



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

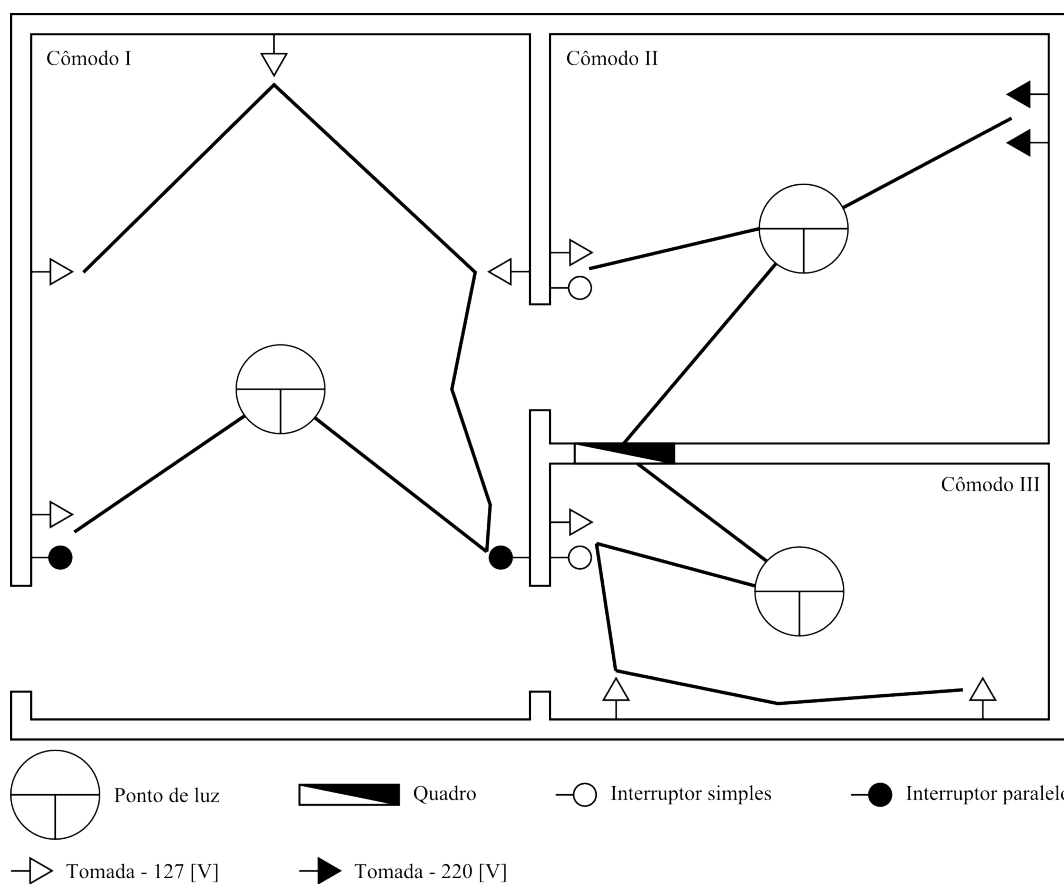


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+1/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

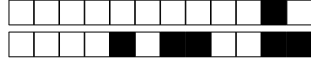
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	.	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+2/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



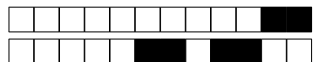
+2/8/45+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



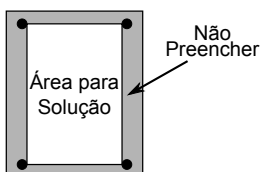
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

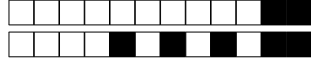
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	●
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

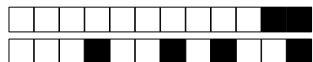
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+3/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

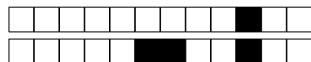


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

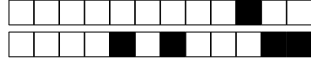


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.0	●

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	.0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

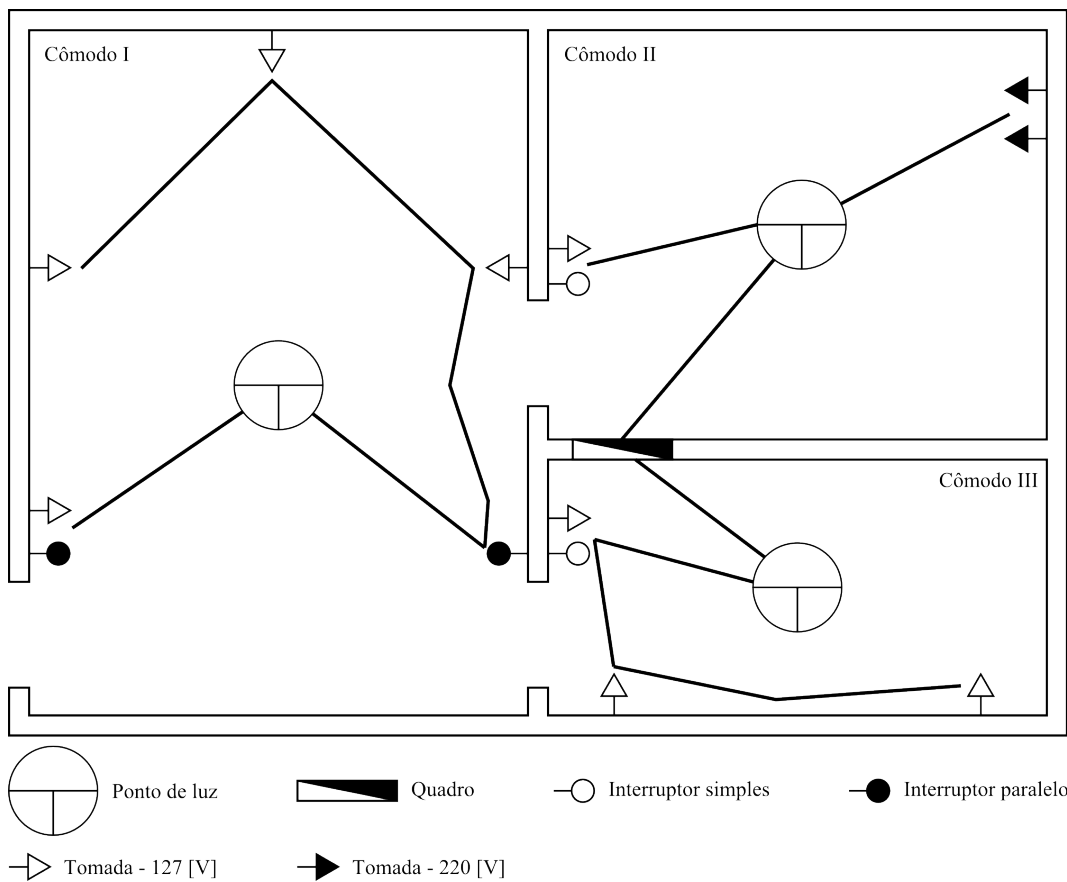


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

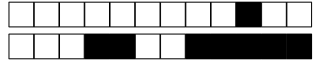
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+4/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

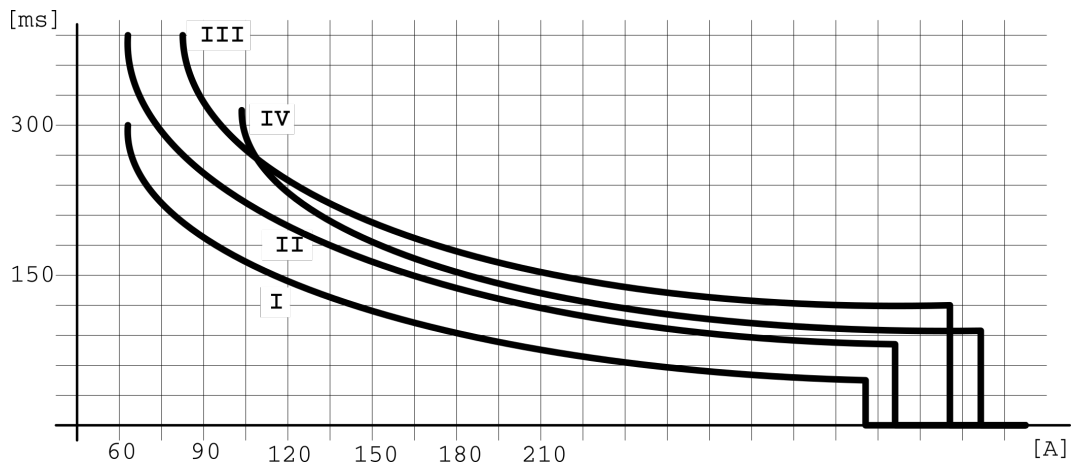


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



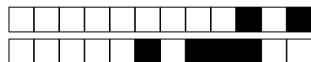
+4/8/29+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

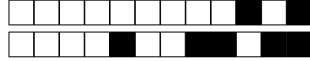


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	●
2	2	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	.	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

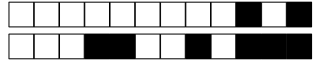
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+5/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

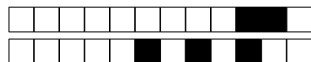


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

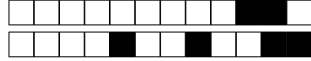
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r[\cup]r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+6/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

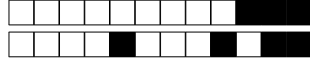
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3
2	<input type="radio"/>	2
1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	<input type="radio"/>	9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6	<input checked="" type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	4	<input type="radio"/>	4
3	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/>	3
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2	<input type="radio"/>	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0	<input type="radio"/>	0



+7/3/10+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+7/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+7/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

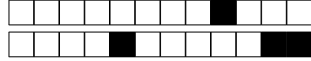


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



+8/3/2+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

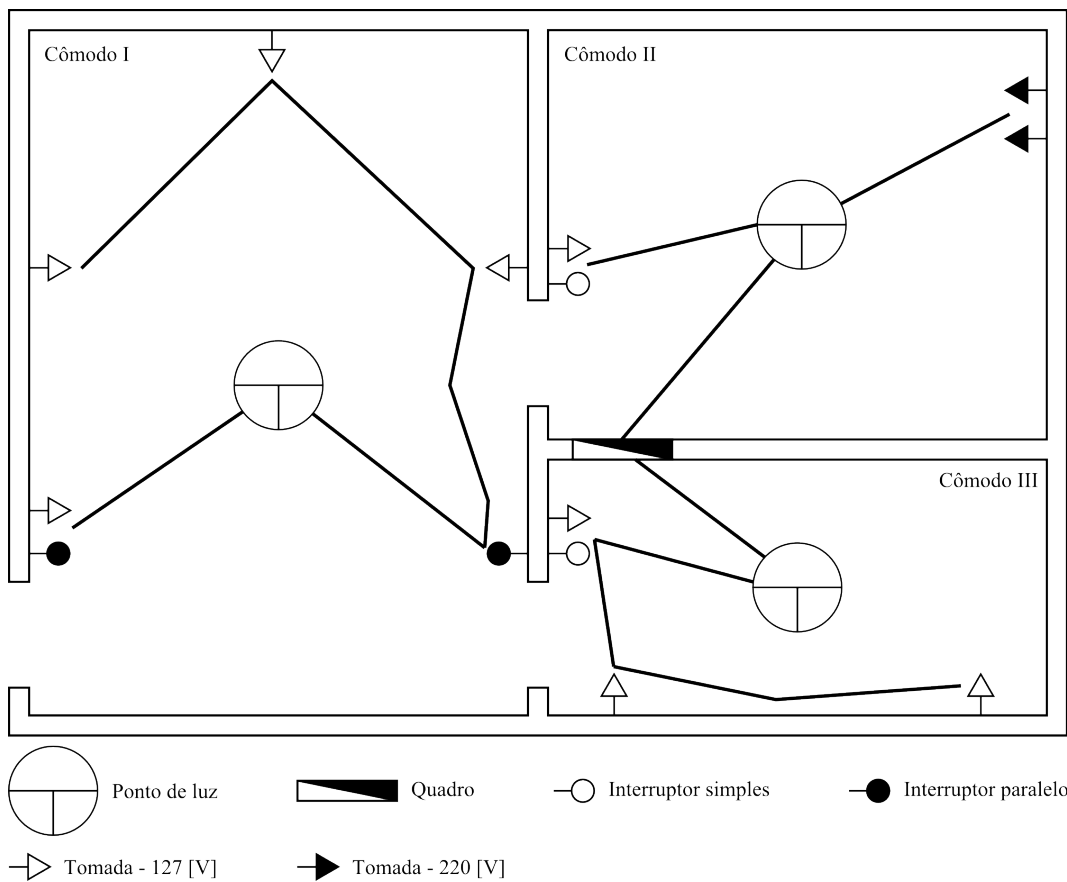


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+8/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

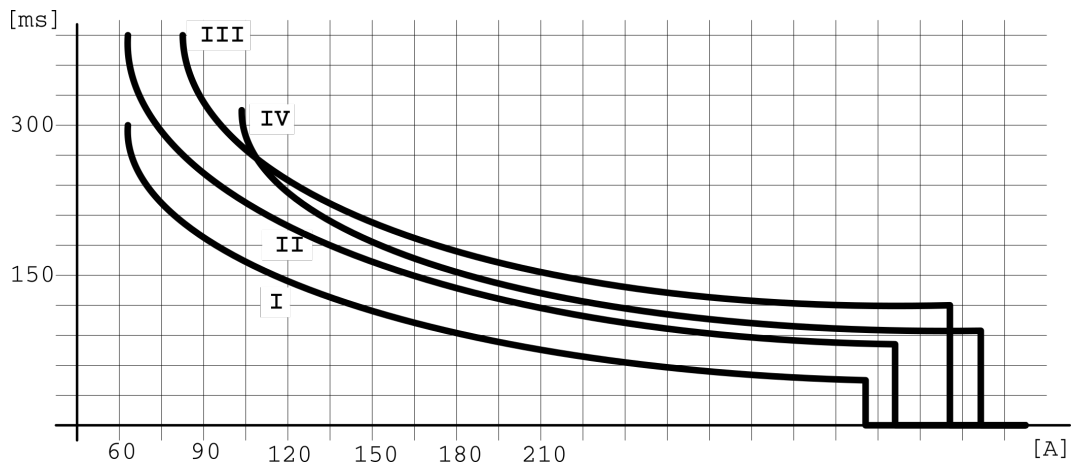


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+8/8/57+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
<input checked="" type="radio"/>	3	3
2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1
0	0	0

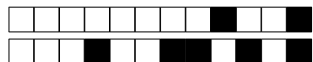
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5
4	4	4	4	<input checked="" type="radio"/>
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+9/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+9/8/49+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

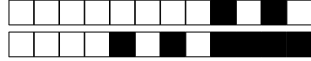


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	●	2
1	1	1
0	0	0

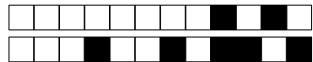
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

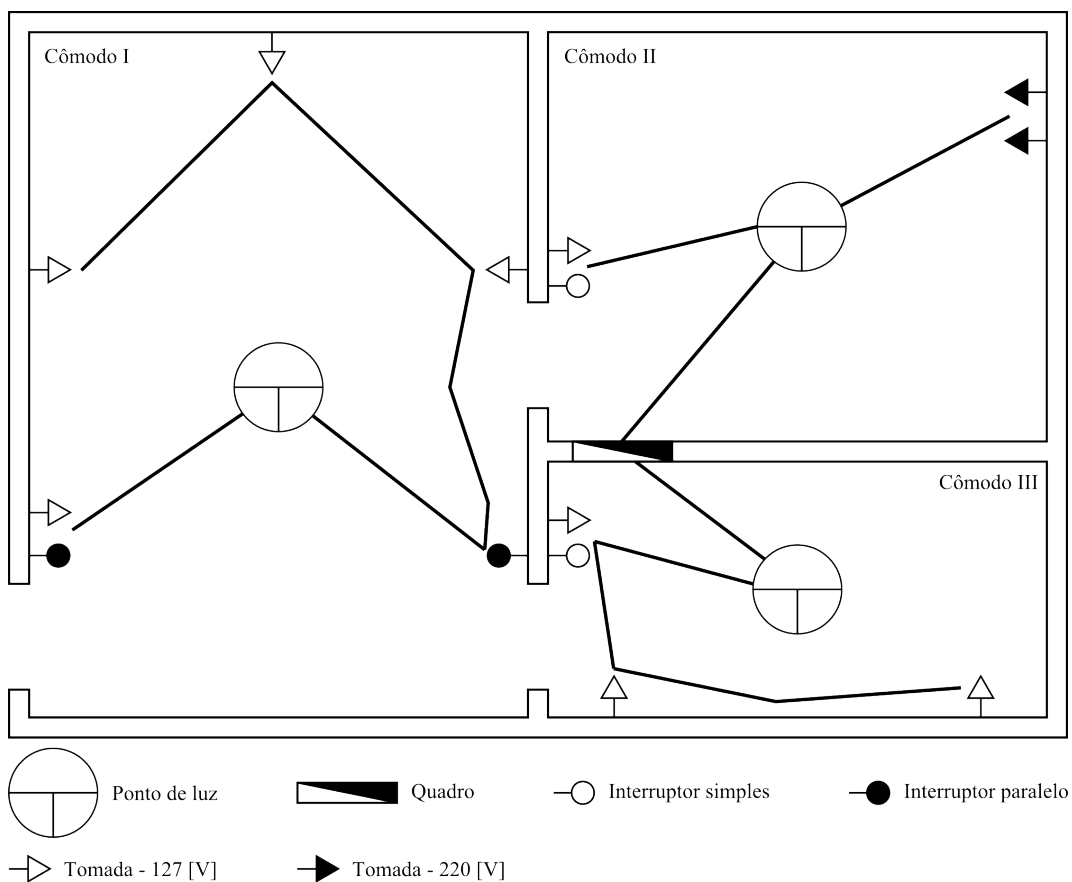


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

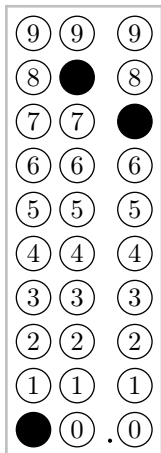
Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)





+10/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



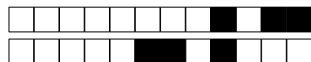
+10/8/41+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

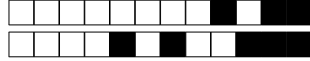


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	●	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

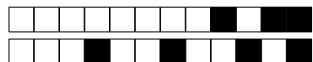
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+11/6/35+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

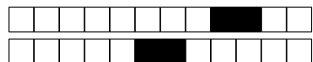


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

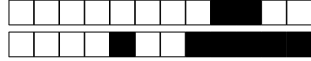


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r[\cup]r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
●	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

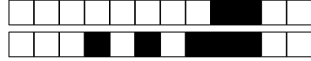
- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

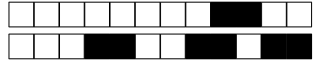
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+12/6/27+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

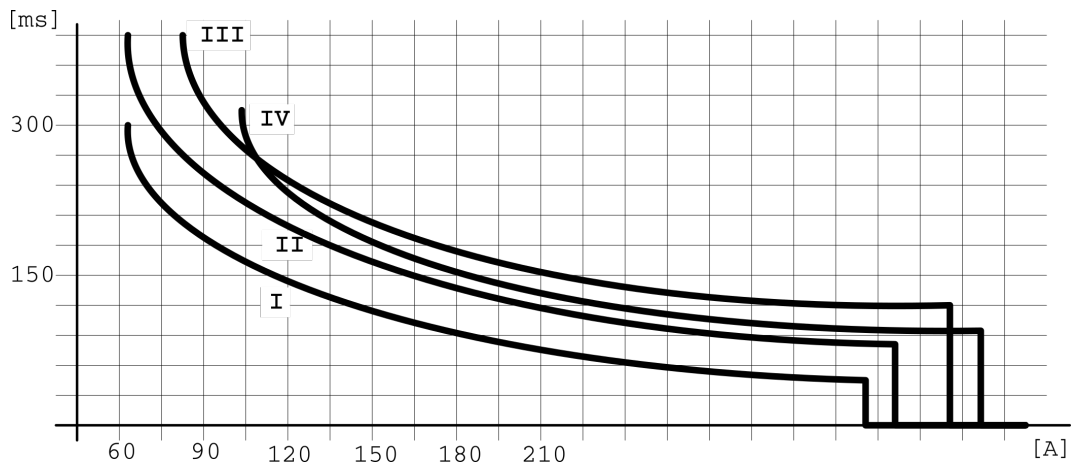


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



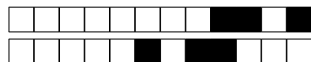
+12/8/25+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

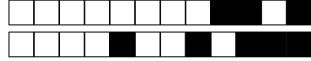


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

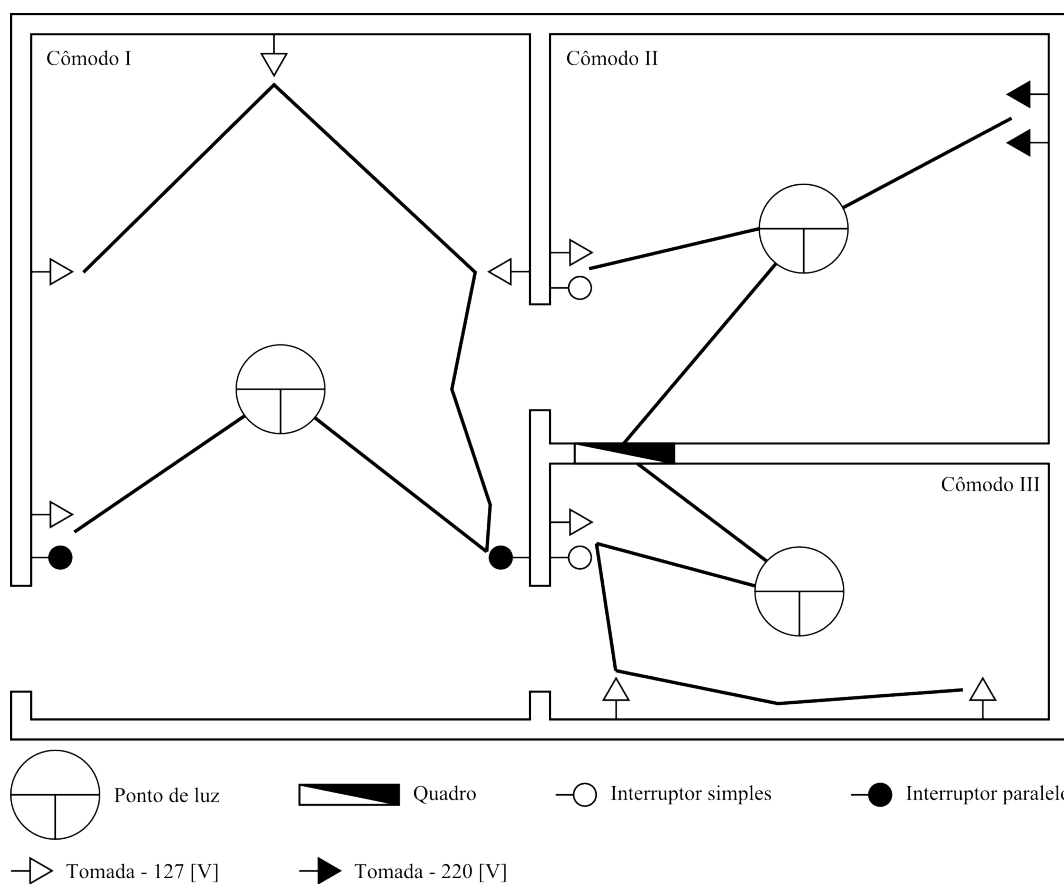


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

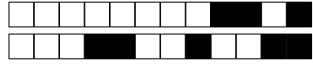
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+13/6/19+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

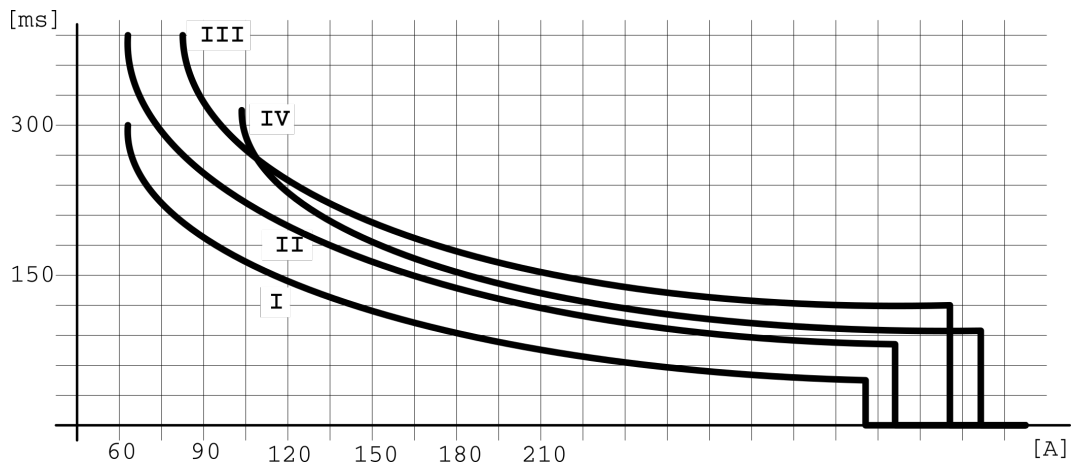


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

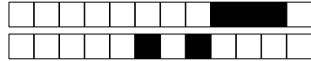


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



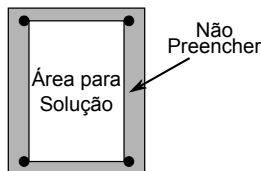
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

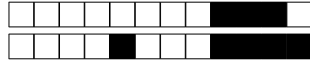


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+14/6/11+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .

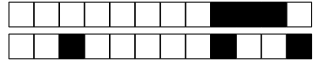


Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+14/8/9+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



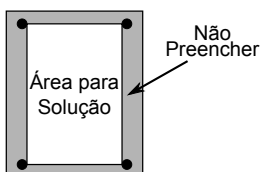
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

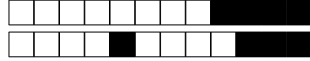


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	●
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

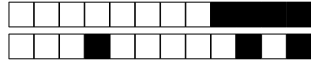
9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



+15/3/6+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

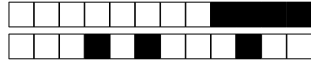
- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+15/6/3+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

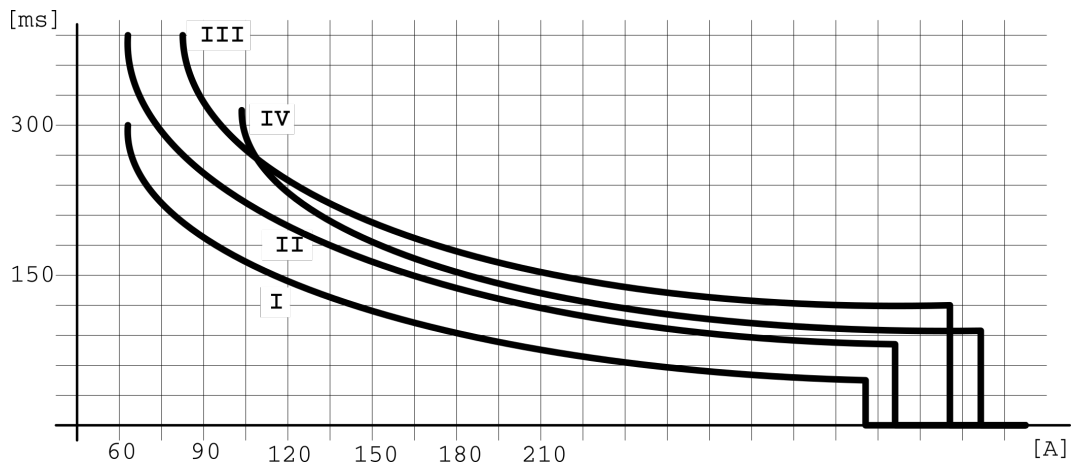


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+15/8/1+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

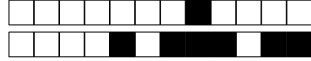


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

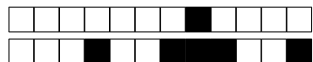
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

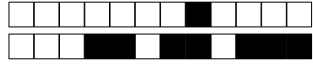
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+16/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+16/8/53+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

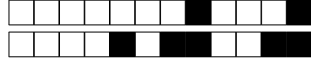
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+17/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .

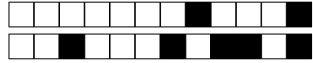


Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



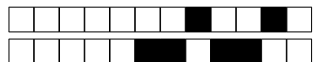
+17/8/45+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

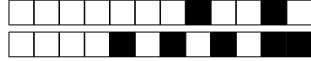


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	<input checked="" type="radio"/>	3
2	2	2
1	1	1
0	0	<input checked="" type="radio"/>

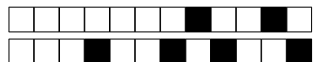
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	<input checked="" type="radio"/>	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1	1	1
0	<input checked="" type="radio"/>	0	<input checked="" type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

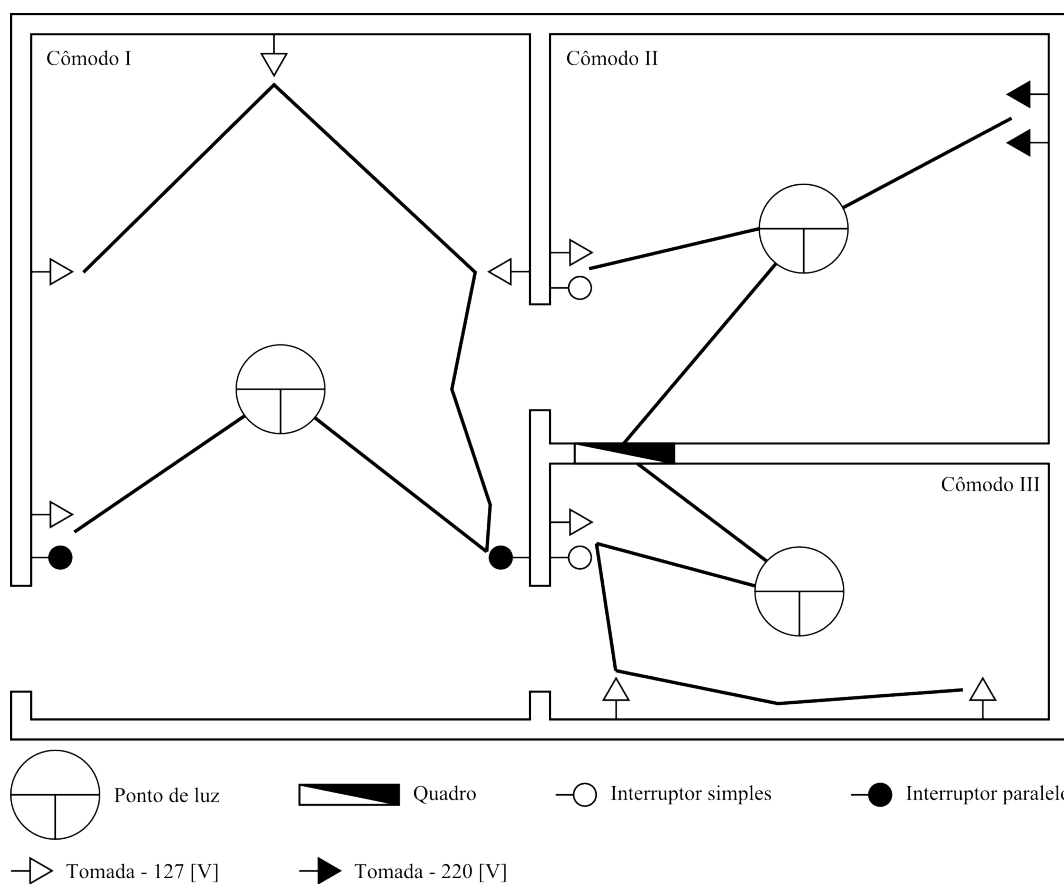


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+18/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

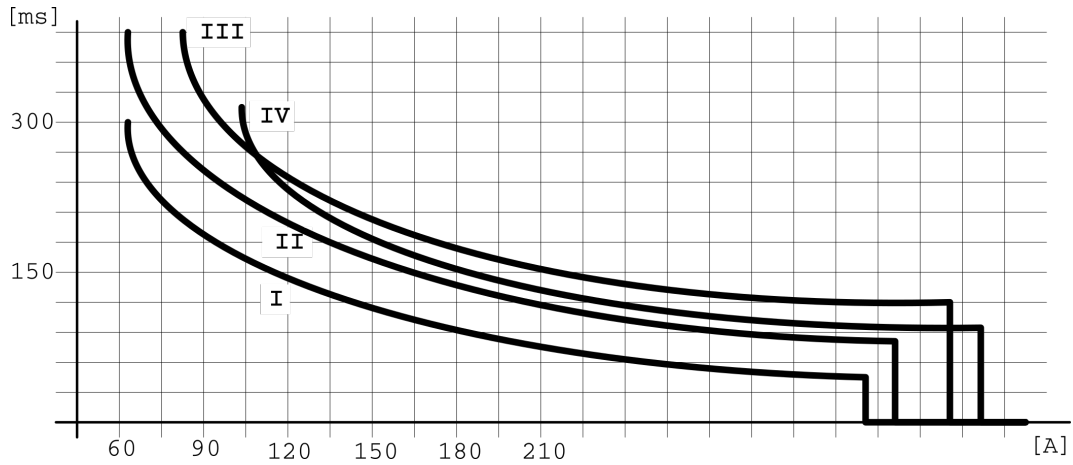
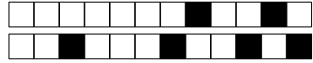


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



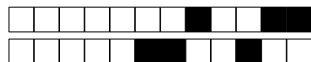
+18/8/37+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



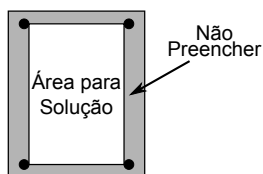
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

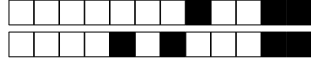


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

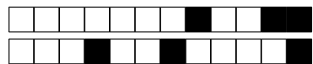
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

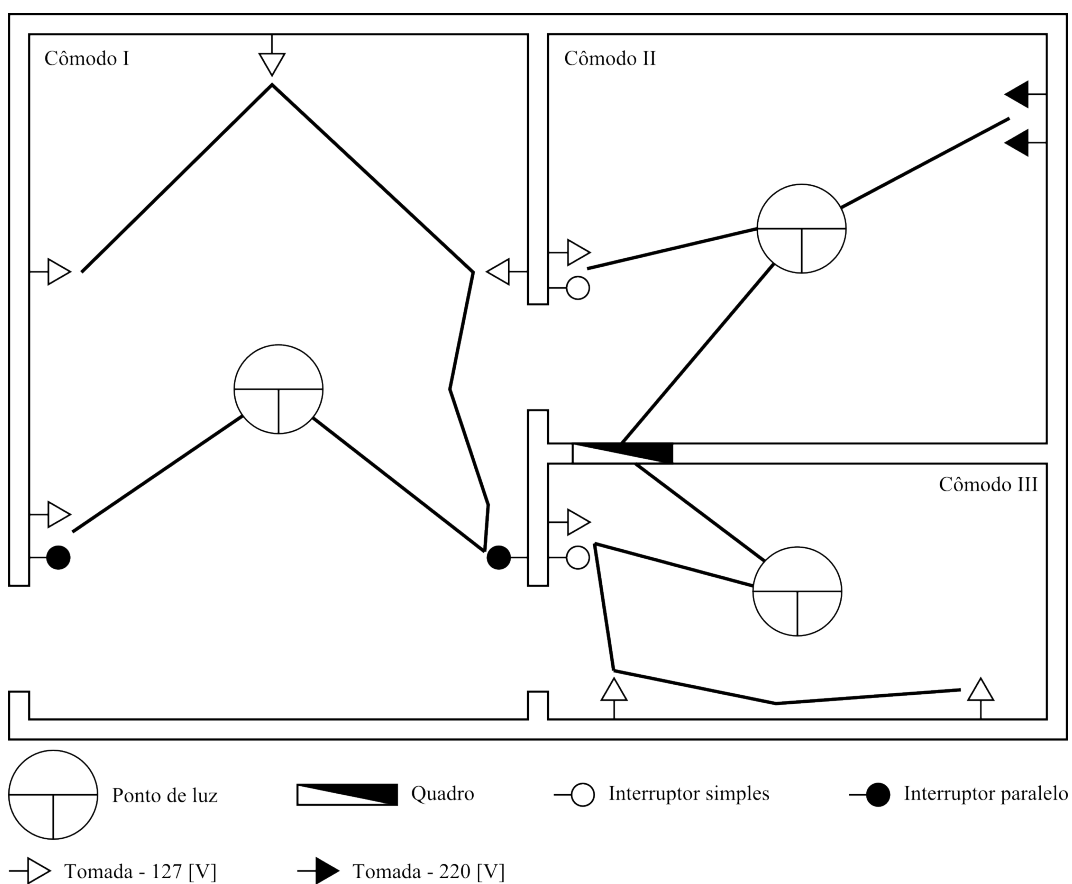


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

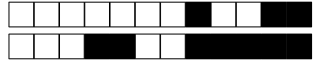
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

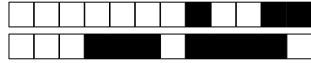
- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+19/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

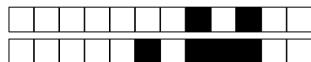


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

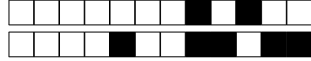


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

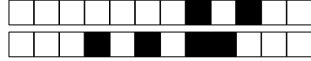
- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

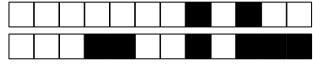
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

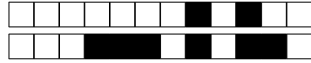
- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+20/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

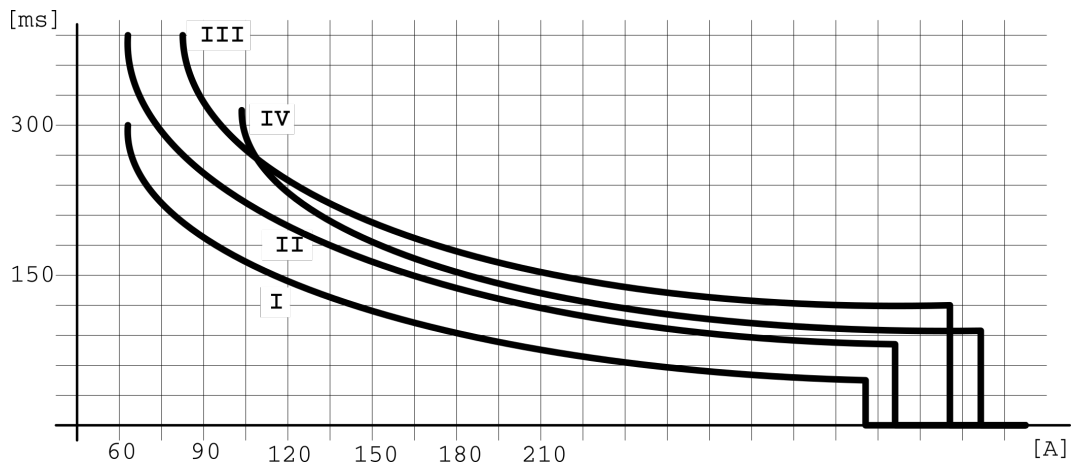


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



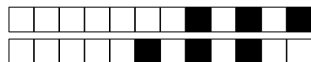
+20/8/21+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

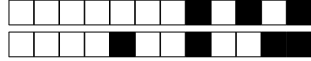
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

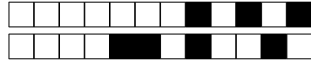
Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	●
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

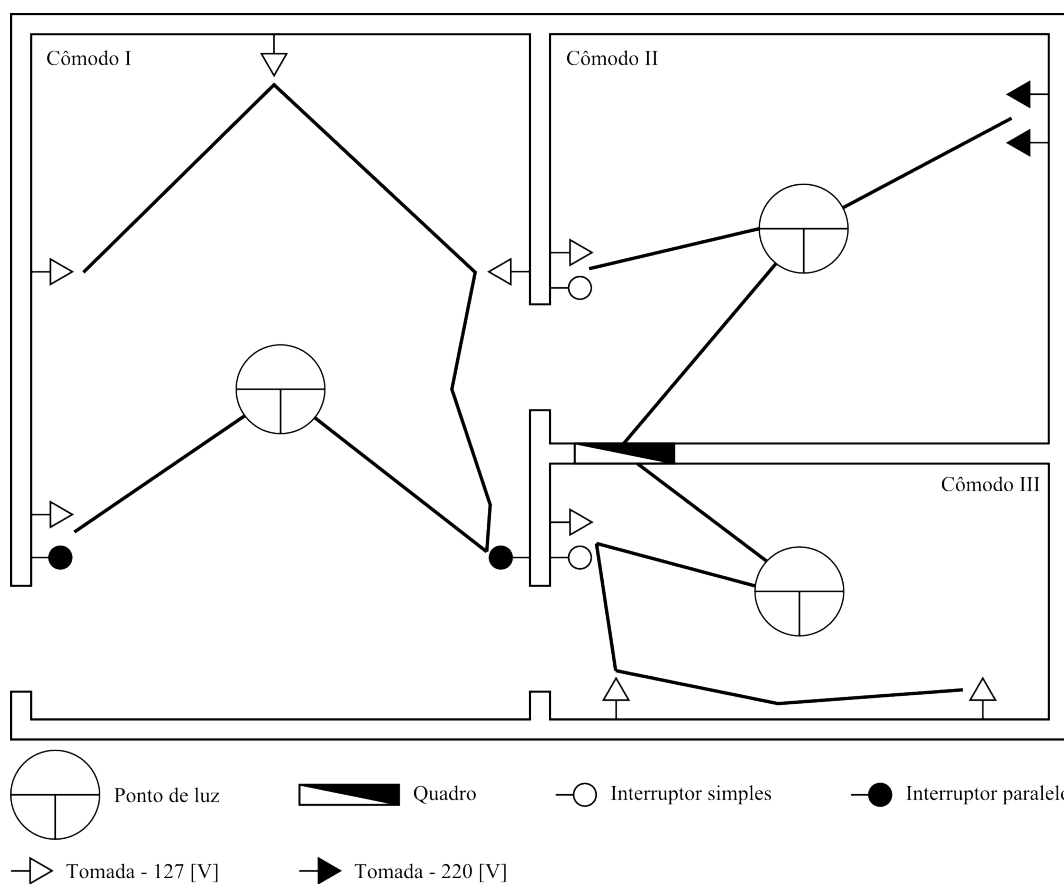


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

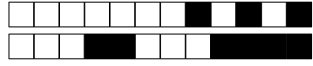
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+21/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

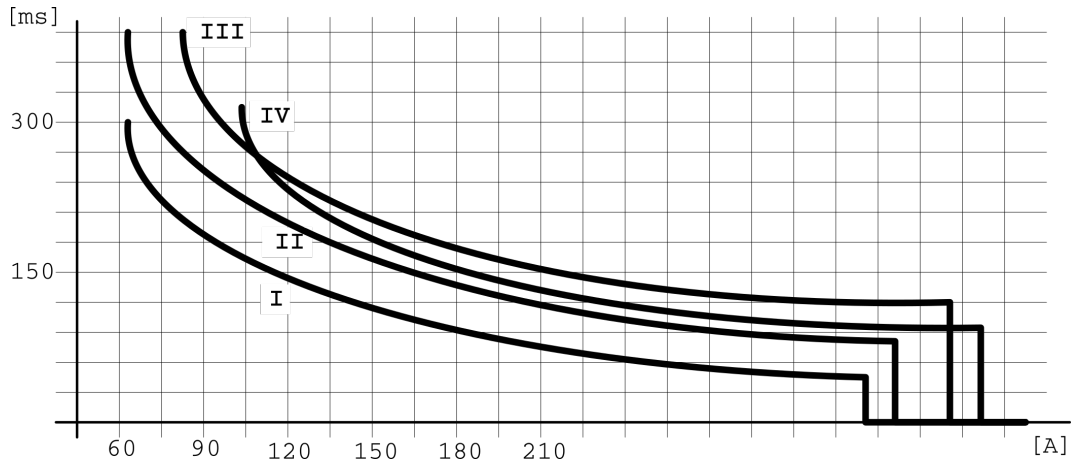


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

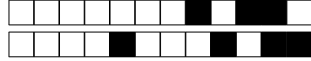


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.0	●

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	.0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

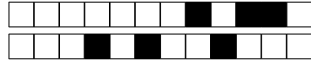
- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

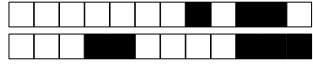
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

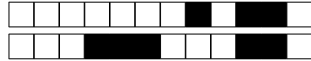
- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+22/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

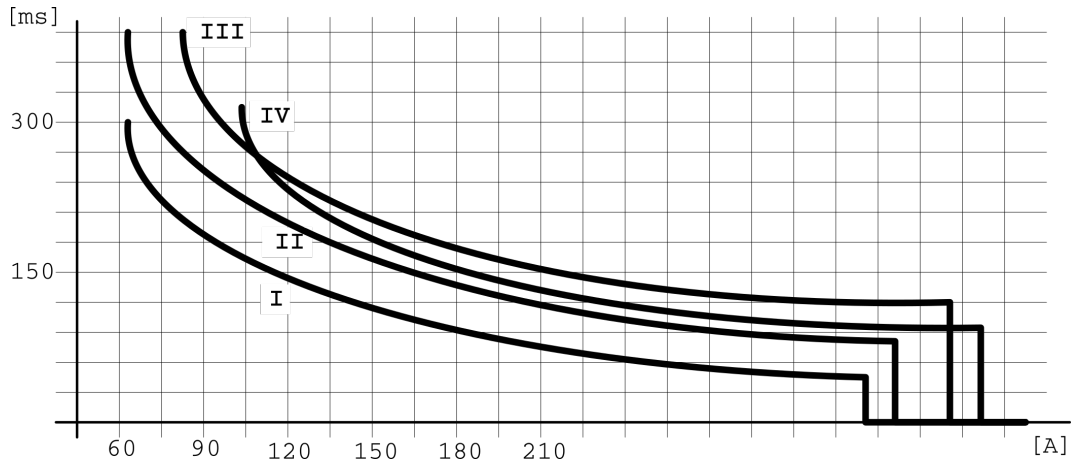


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+22/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

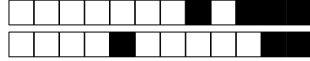
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	●
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+23/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

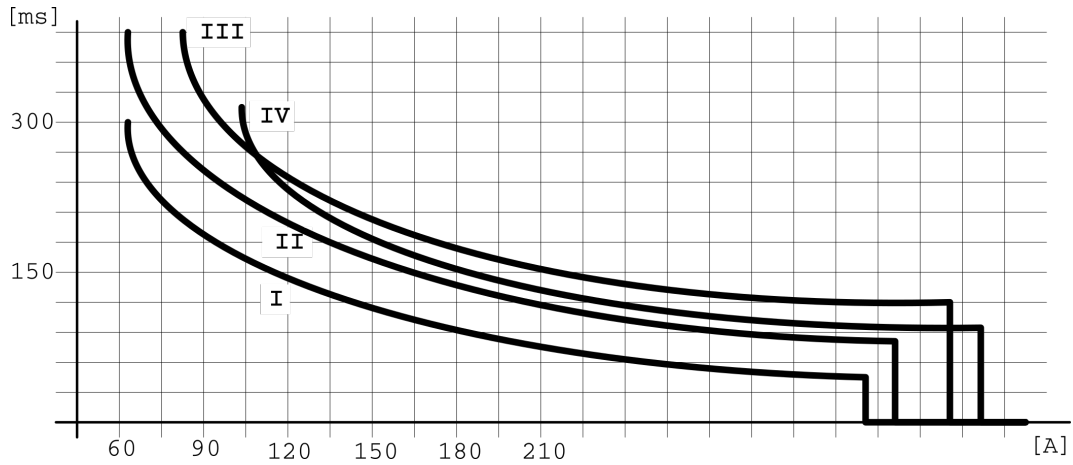


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+23/8/57+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

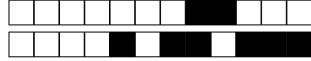
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

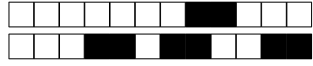
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+24/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

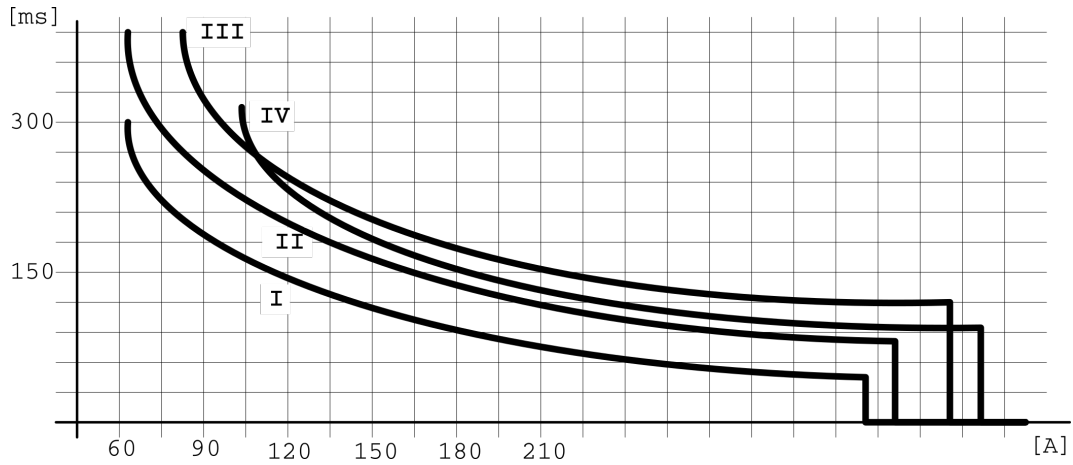


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

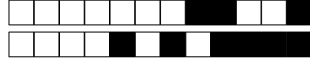
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	2
1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0

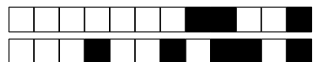
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

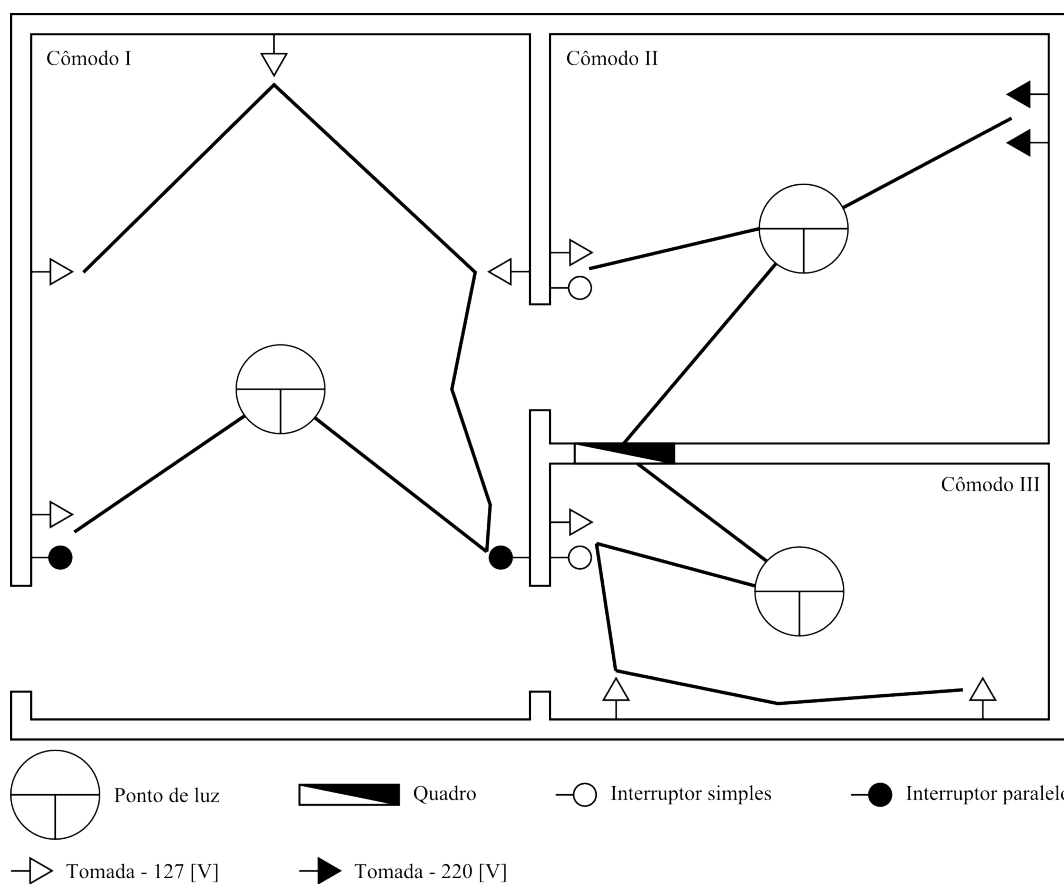


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+25/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

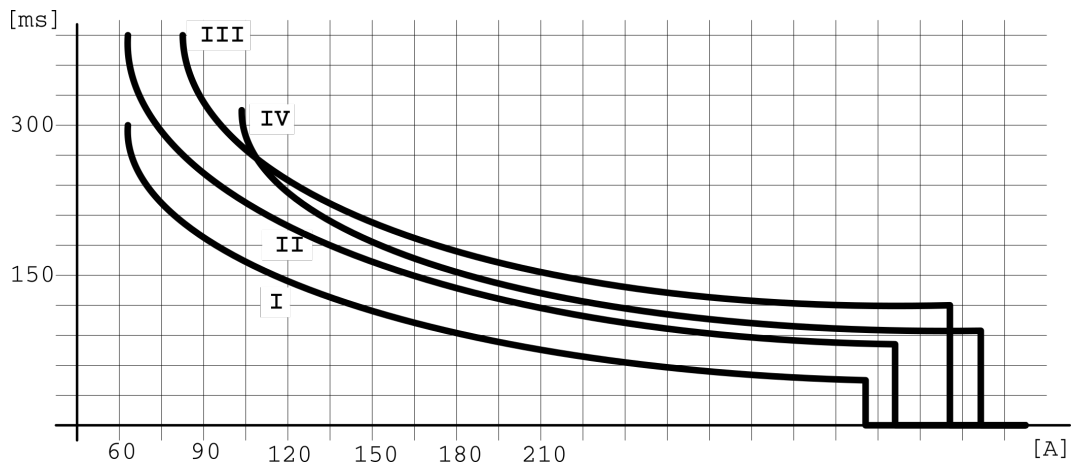
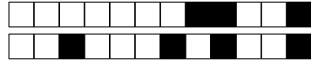


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+25/8/41+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



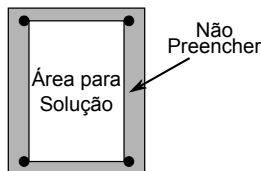
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

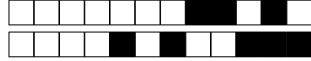
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

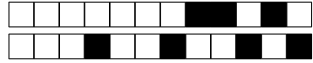
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

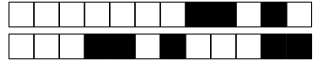
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+26/6/35+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

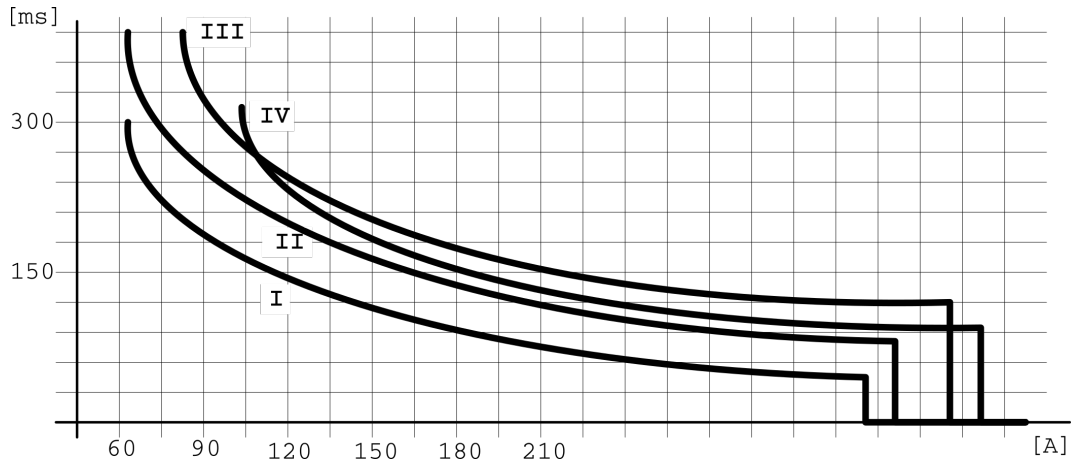
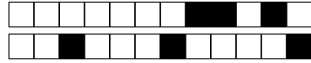


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+26/8/33+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



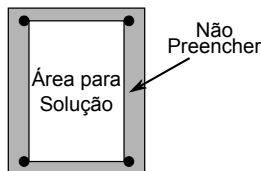
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

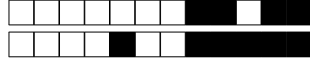
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

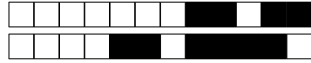
Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
<input checked="" type="radio"/>	3	3
2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5
4	4	4	4	<input checked="" type="radio"/>
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

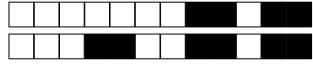
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

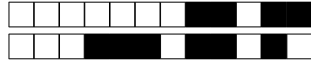
- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+27/6/27+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

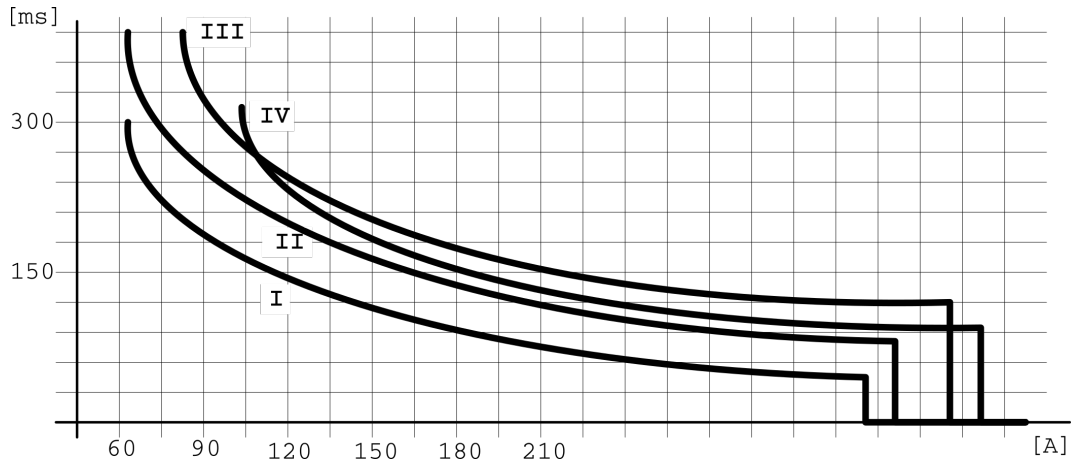


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

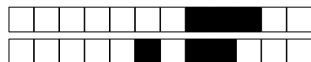


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



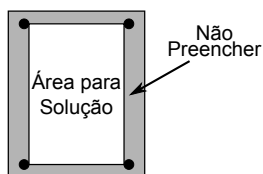
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

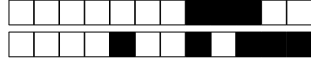


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

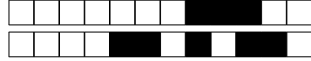
Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
<input checked="" type="radio"/>	8	<input checked="" type="radio"/>
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	<input checked="" type="radio"/>	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	<input checked="" type="radio"/>
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	<input checked="" type="radio"/>	4
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	2
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	1	1
0	0	0	.	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

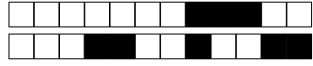
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

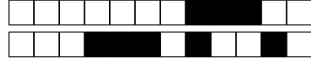
- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+28/6/19+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+28/8/17+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

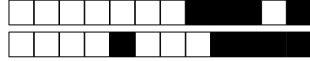
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	●	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000$ W e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

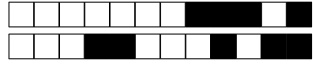
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+29/6/11+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+29/8/9+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

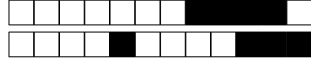
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
●	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



+30/3/6+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

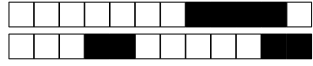
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+30/6/3+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

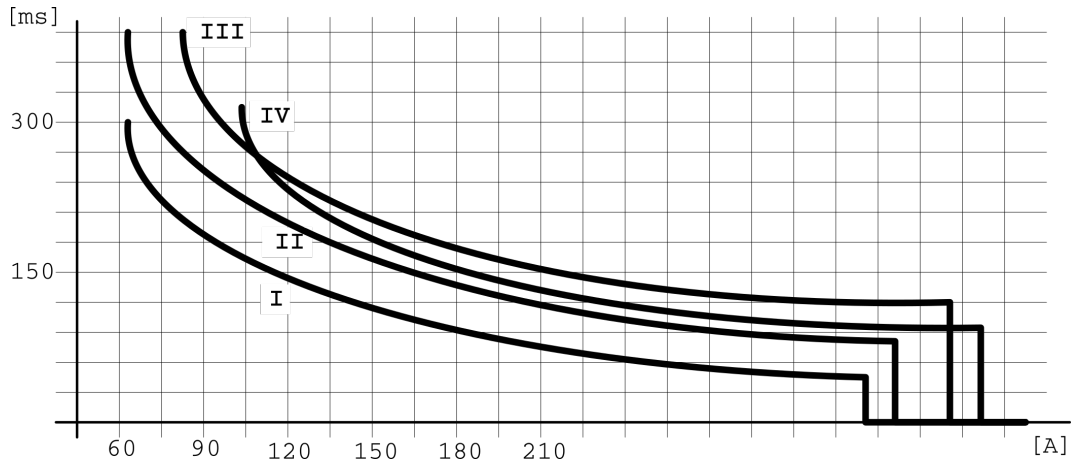


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+30/8/1+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



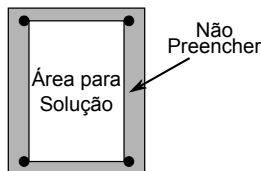
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

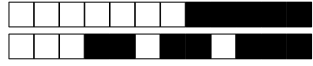
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+31/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

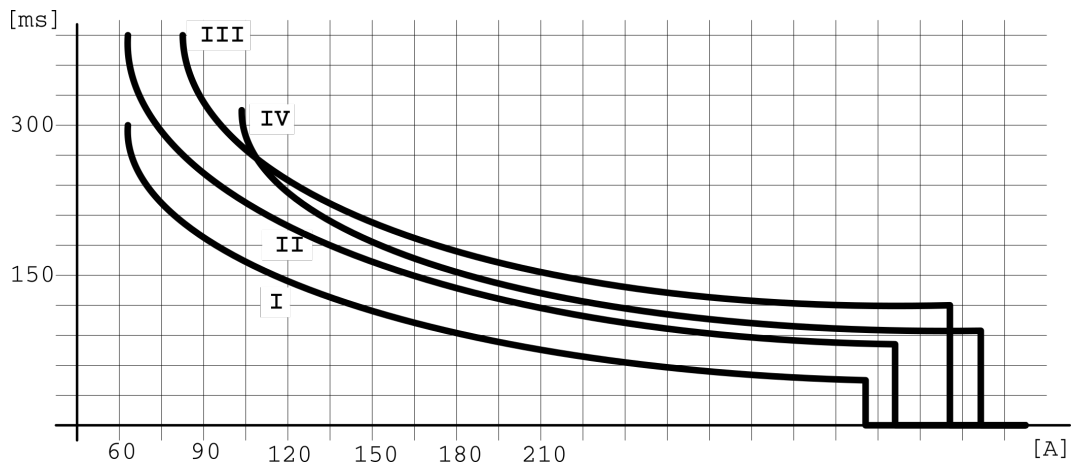


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9

**PROBLEMA 1**

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+32/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .

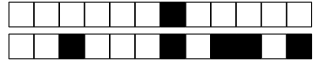


Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+32/8/45+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	●
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+33/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

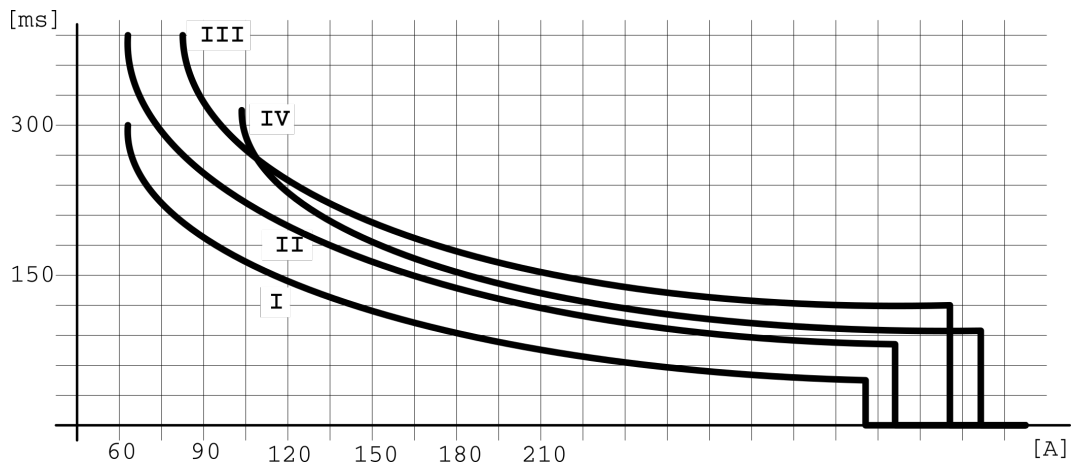


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

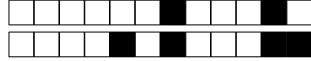


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

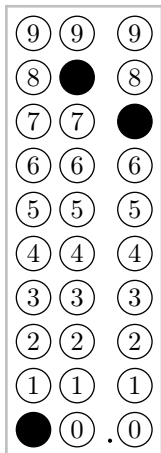
Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

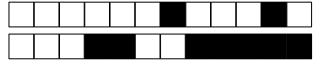
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)





+34/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

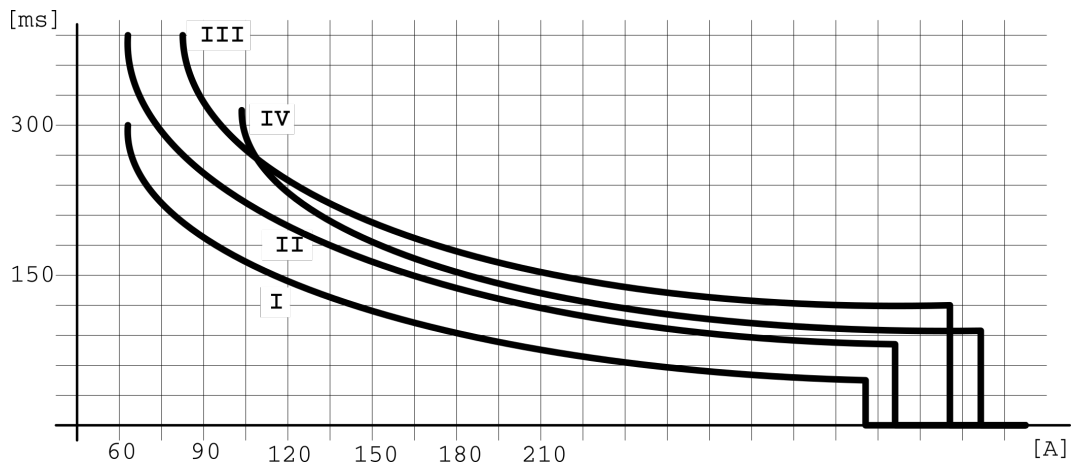


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+34/8/29+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



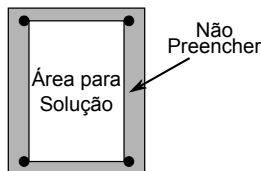
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

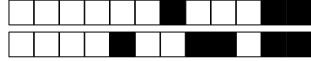
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

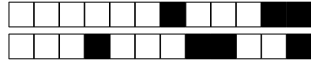
Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

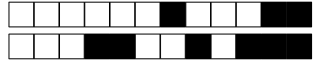
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+35/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

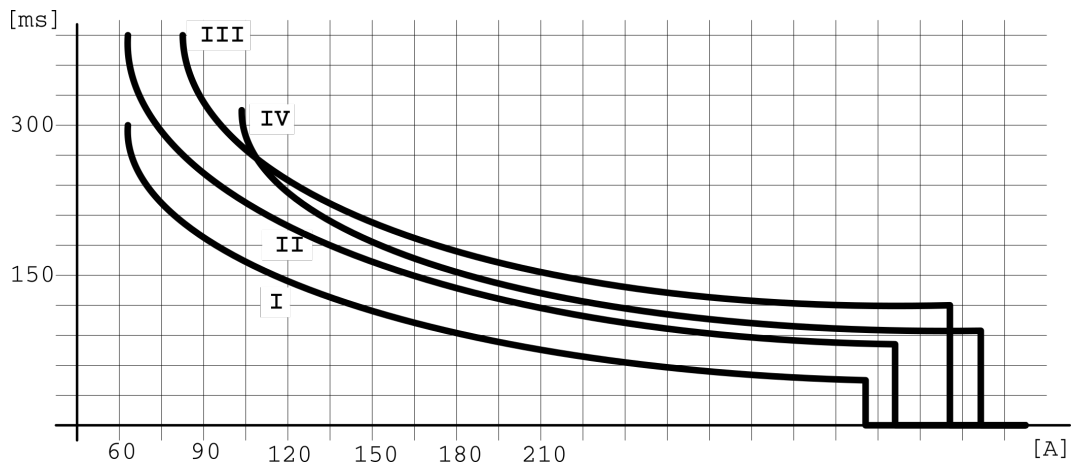


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



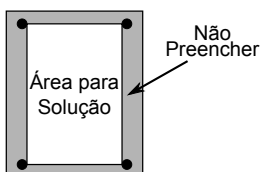
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

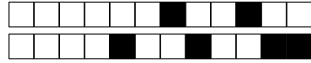


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r[\cup]r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	<input checked="" type="radio"/>	3
2	2	2
1	1	1
0	0	<input checked="" type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	<input checked="" type="radio"/>	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1	1	1
0	<input checked="" type="radio"/>	0	<input checked="" type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+36/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

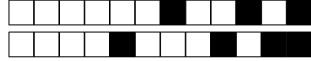


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+37/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+37/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



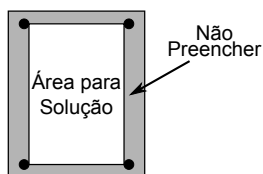
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

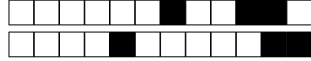


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	.	0



+38/3/2+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+38/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



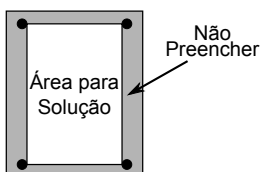
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	●
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+39/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

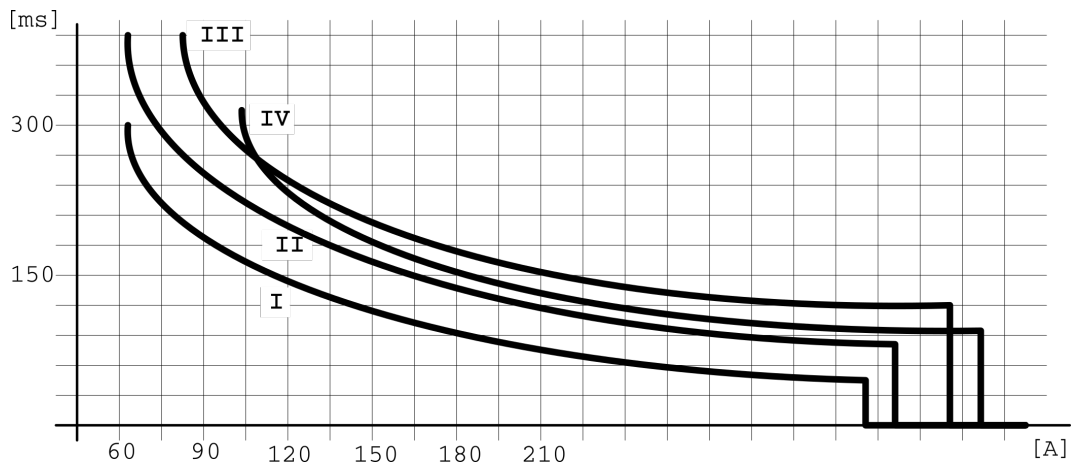


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

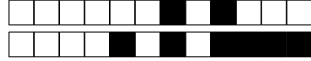


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.0	●

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	.0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

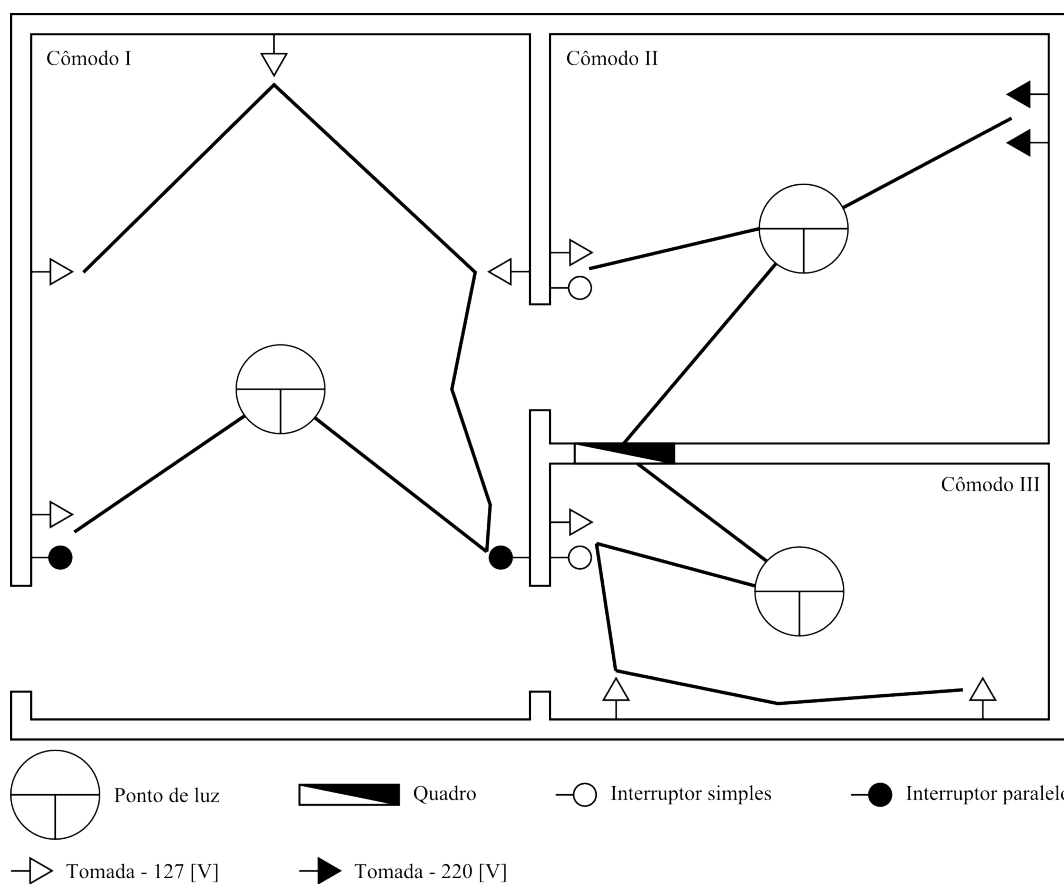


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+40/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

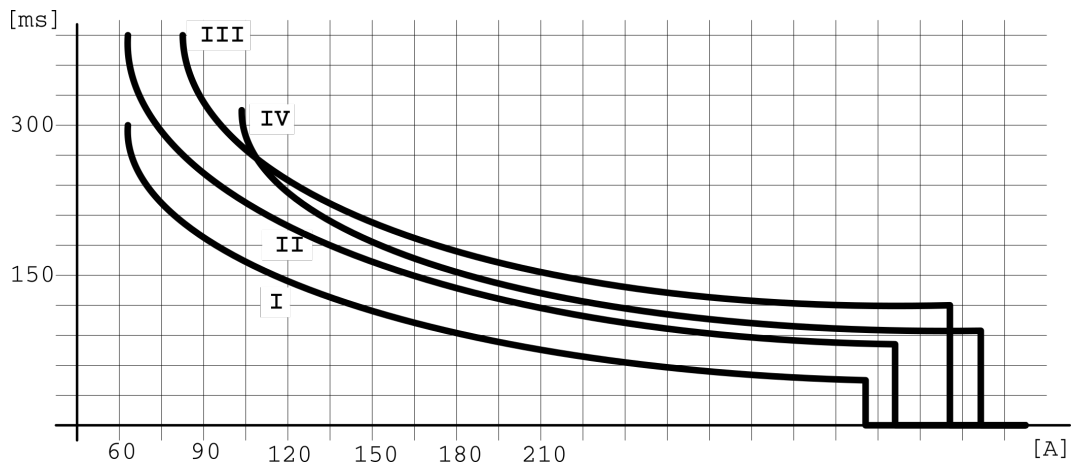


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+40/8/41+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



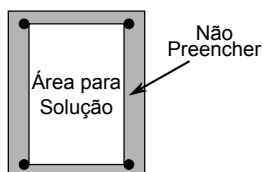
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	●
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+41/6/35+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

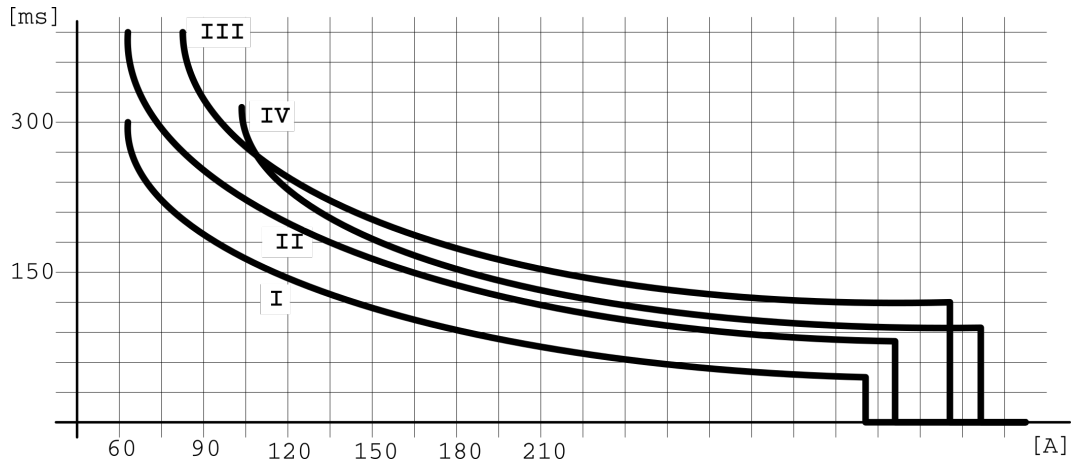


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+41/8/33+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

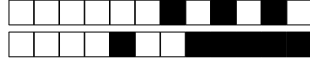


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

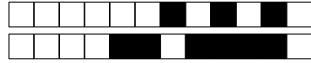
Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

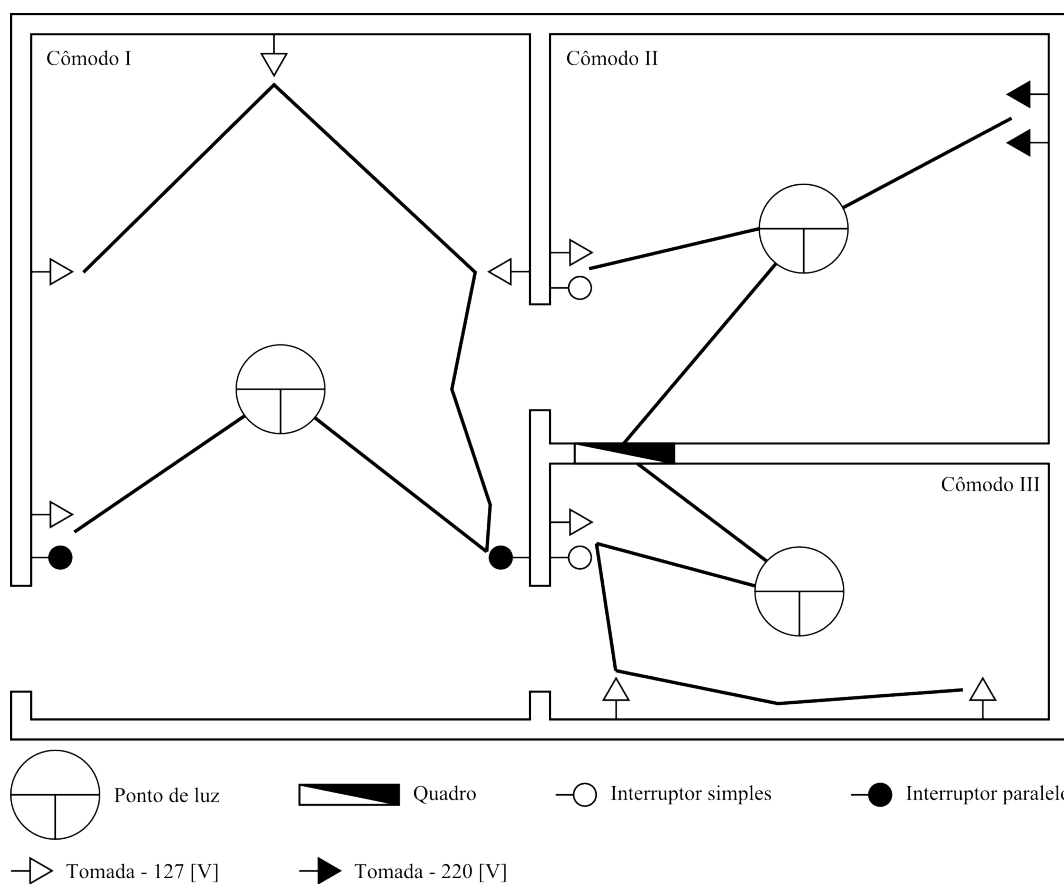


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

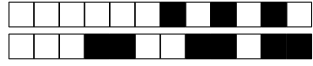
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+42/6/27+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

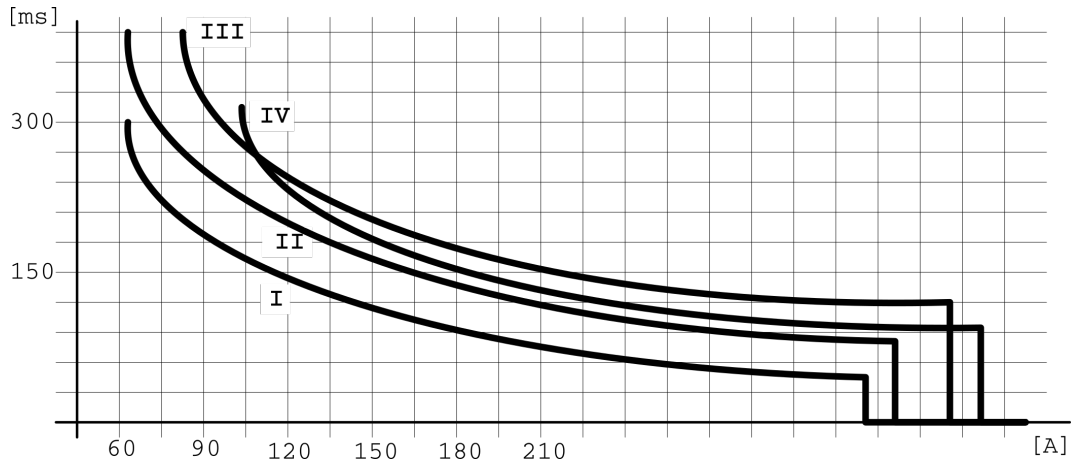


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

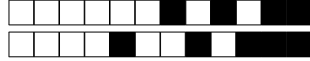
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3
2	<input type="radio"/>	2
1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	<input type="radio"/>	9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6	<input checked="" type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	4	<input type="radio"/>	4
3	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/>	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	<input type="radio"/>	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0	<input type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

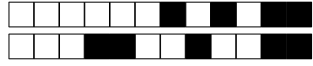
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+43/6/19+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .

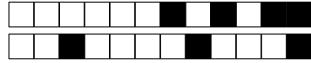


Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+43/8/17+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+44/6/11+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

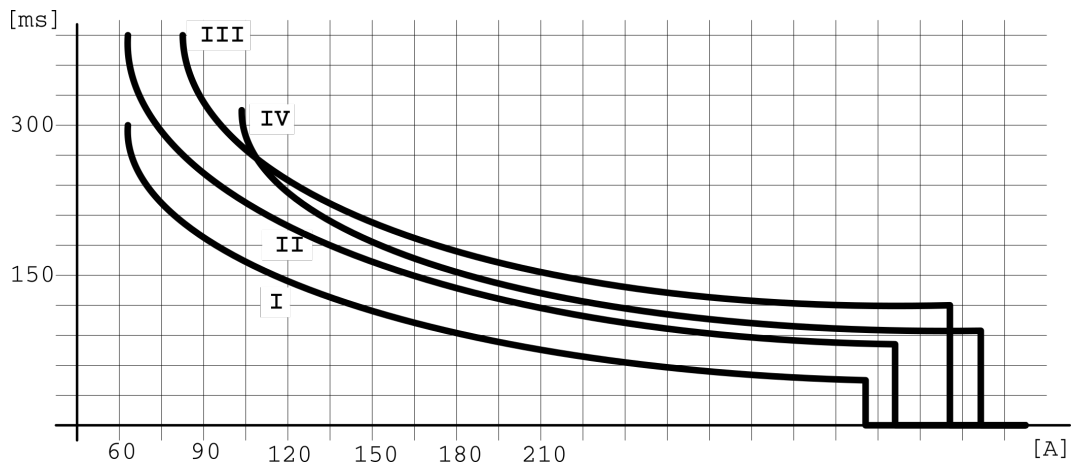


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+44/8/9+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



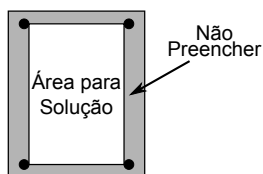
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

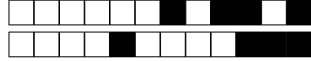
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	●	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+45/6/3+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

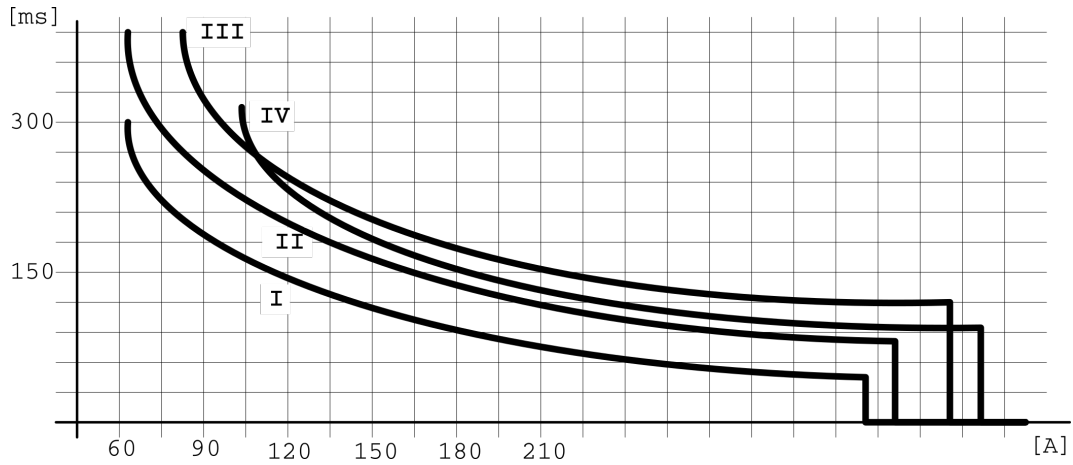


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+45/8/1+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9

**PROBLEMA 1**

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
<input checked="" type="radio"/>	8	<input checked="" type="radio"/>
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	<input checked="" type="radio"/>	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	<input checked="" type="radio"/>
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	<input checked="" type="radio"/>	4
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	2
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	1	1
0	0	0	.	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

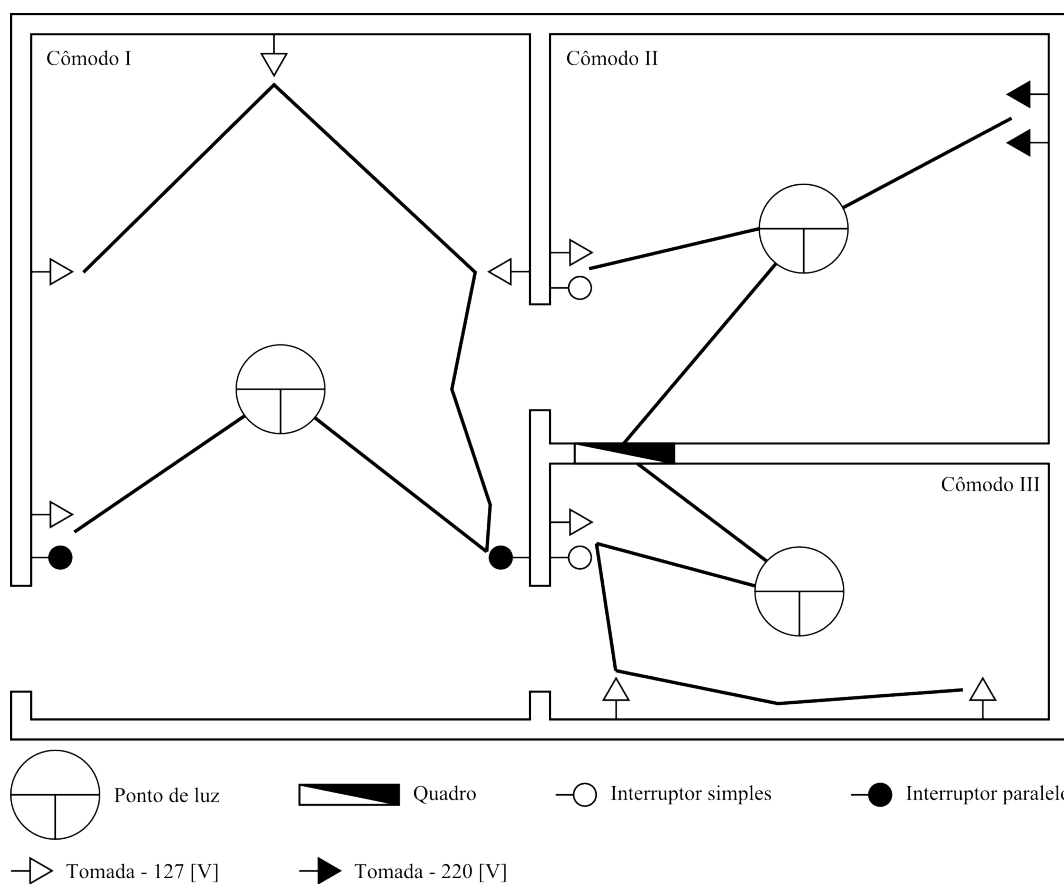


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+46/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+46/8/53+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



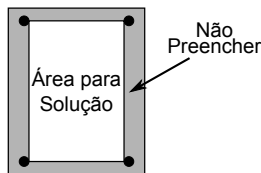
Nome: Número USP:

Instruções

- 1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

- 2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

- 3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
- 4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
- 5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
- 6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
- 7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
- 8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
- 9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
- 10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
- 11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
- 12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	●	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

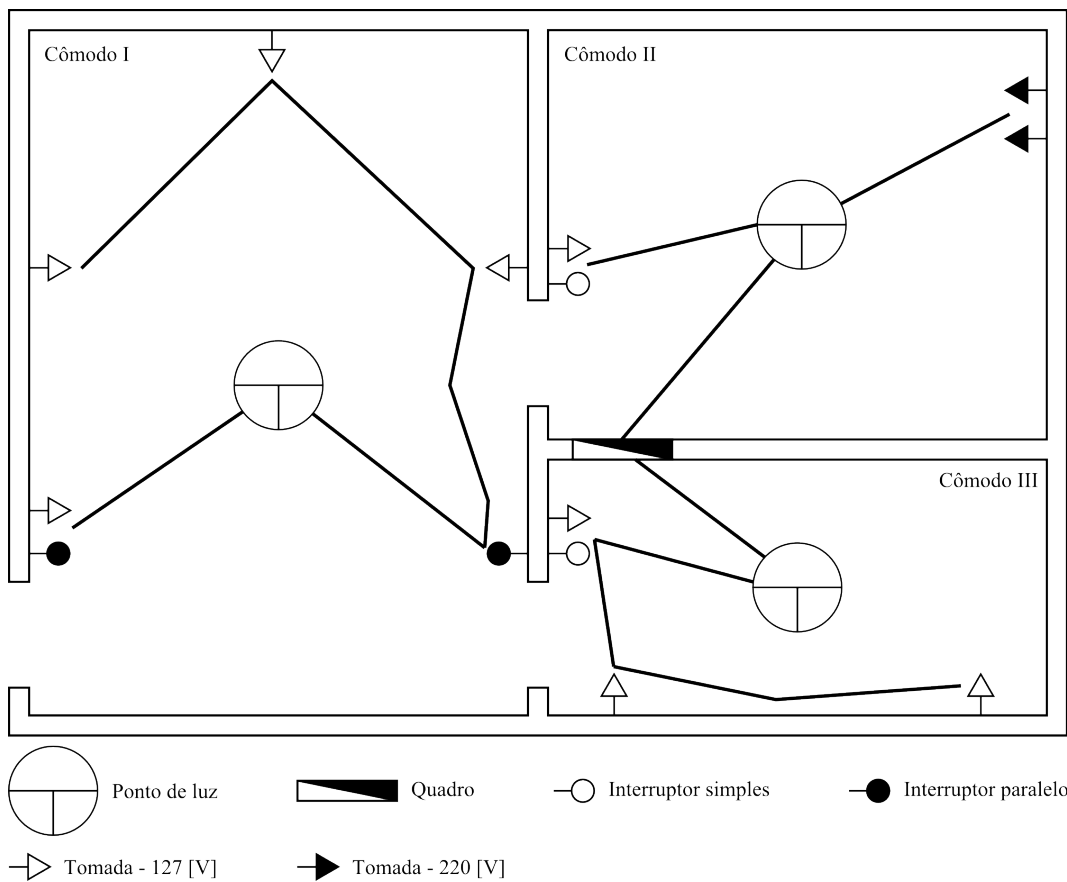


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+47/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
●	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+48/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

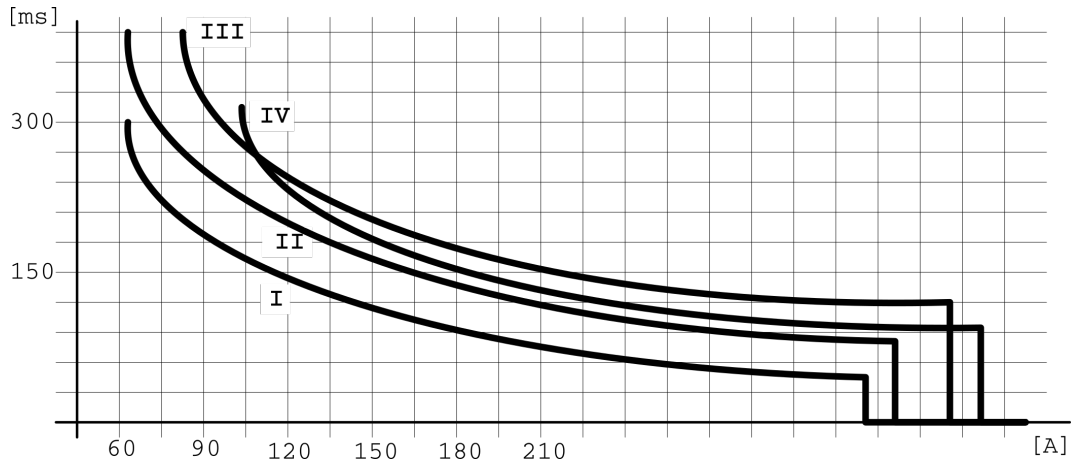


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+48/8/37+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+49/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

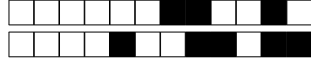


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+50/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

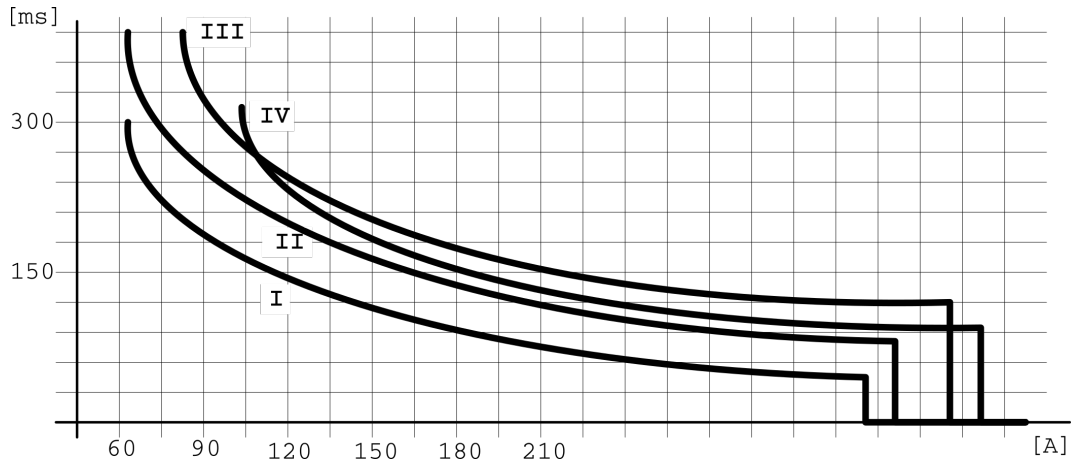


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



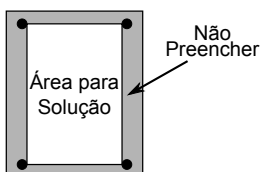
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

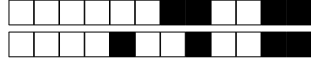
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	●
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+51/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

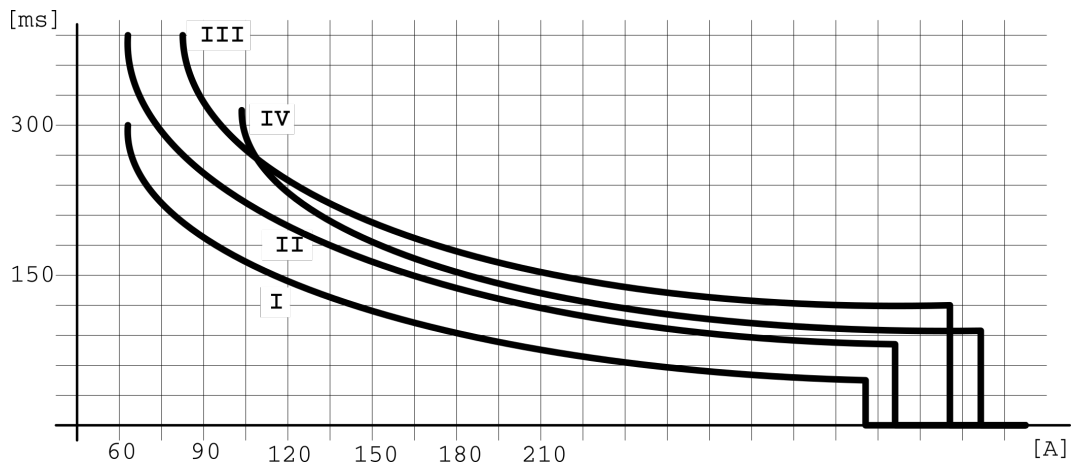


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+52/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

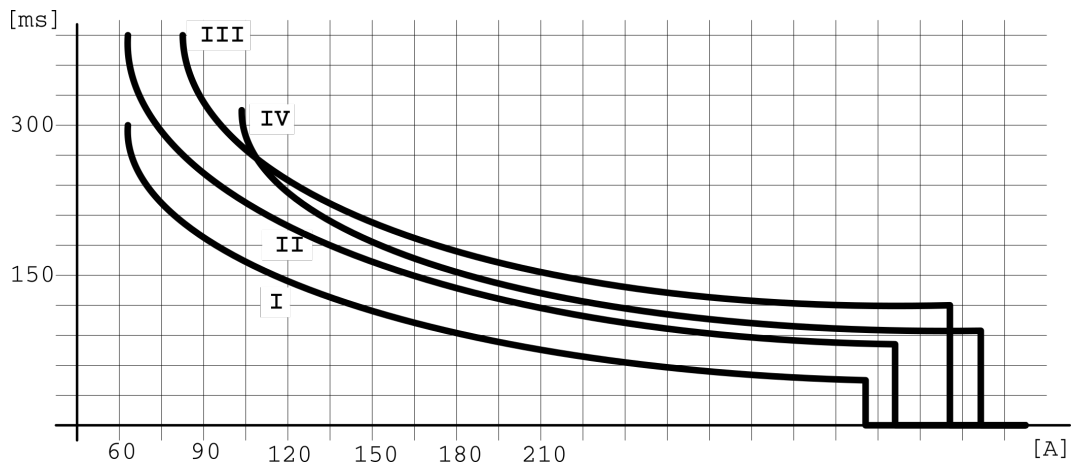


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+52/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



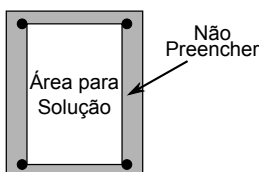
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



+53/3/2+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+53/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+53/8/57+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+54/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+54/8/49+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+55/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

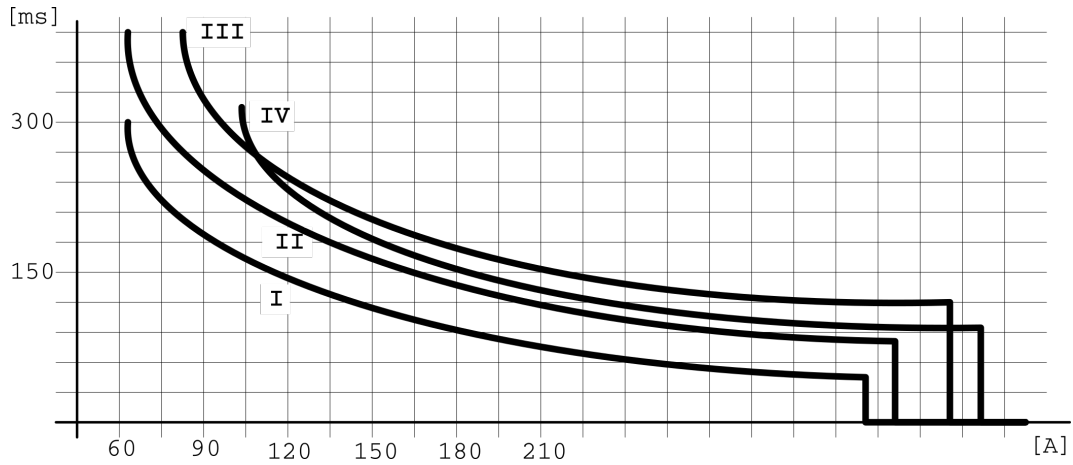


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+55/8/41+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	.	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

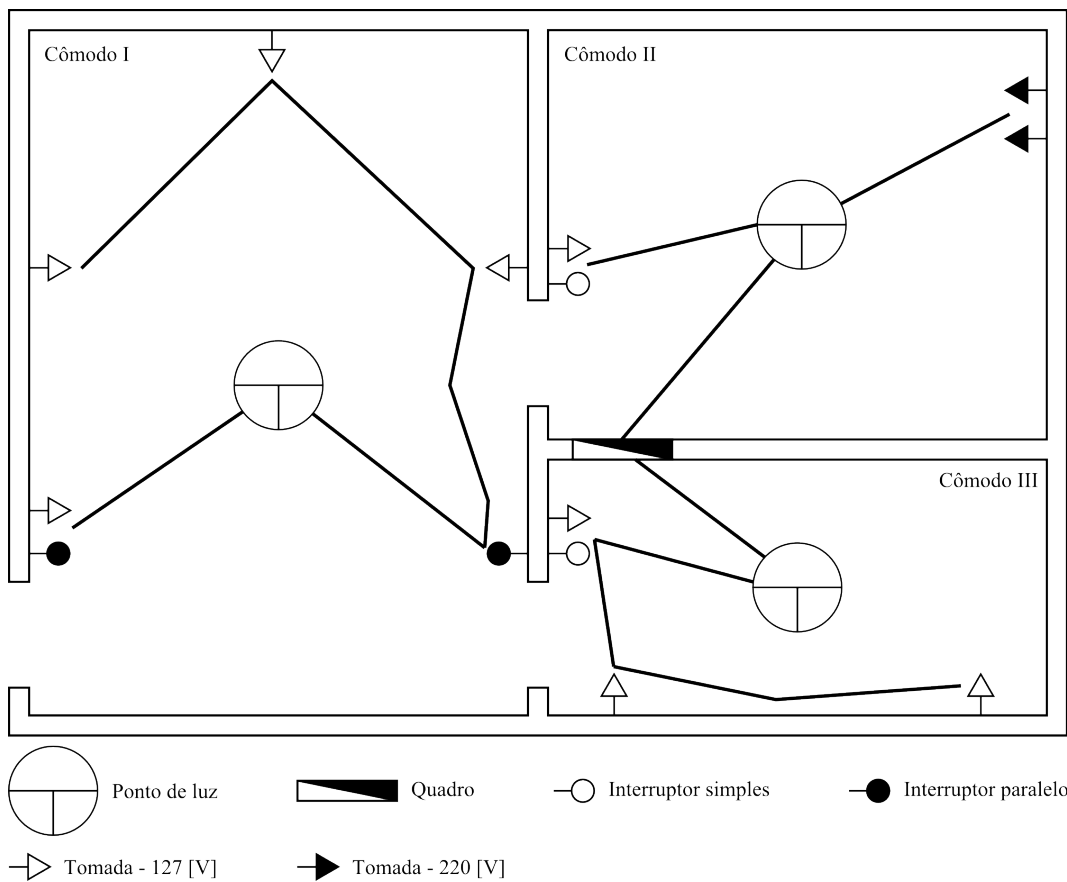


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+56/6/35+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+56/8/33+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

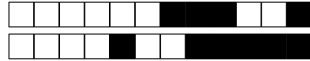
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	●
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+57/6/27+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

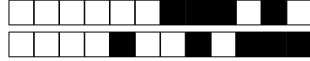
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.0	●

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	.0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

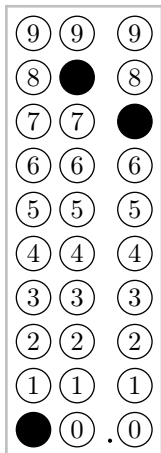
Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)





+58/6/19+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

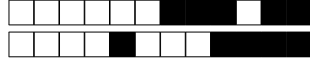


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	●
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+59/6/11+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+59/8/9+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+60/6/3+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+60/8/1+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



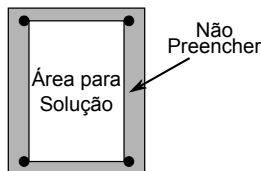
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3
2	<input type="radio"/>	2
1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	<input type="radio"/>	9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6	<input checked="" type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	4	<input type="radio"/>	4
3	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/>	3
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2	<input type="radio"/>	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0	<input type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+61/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

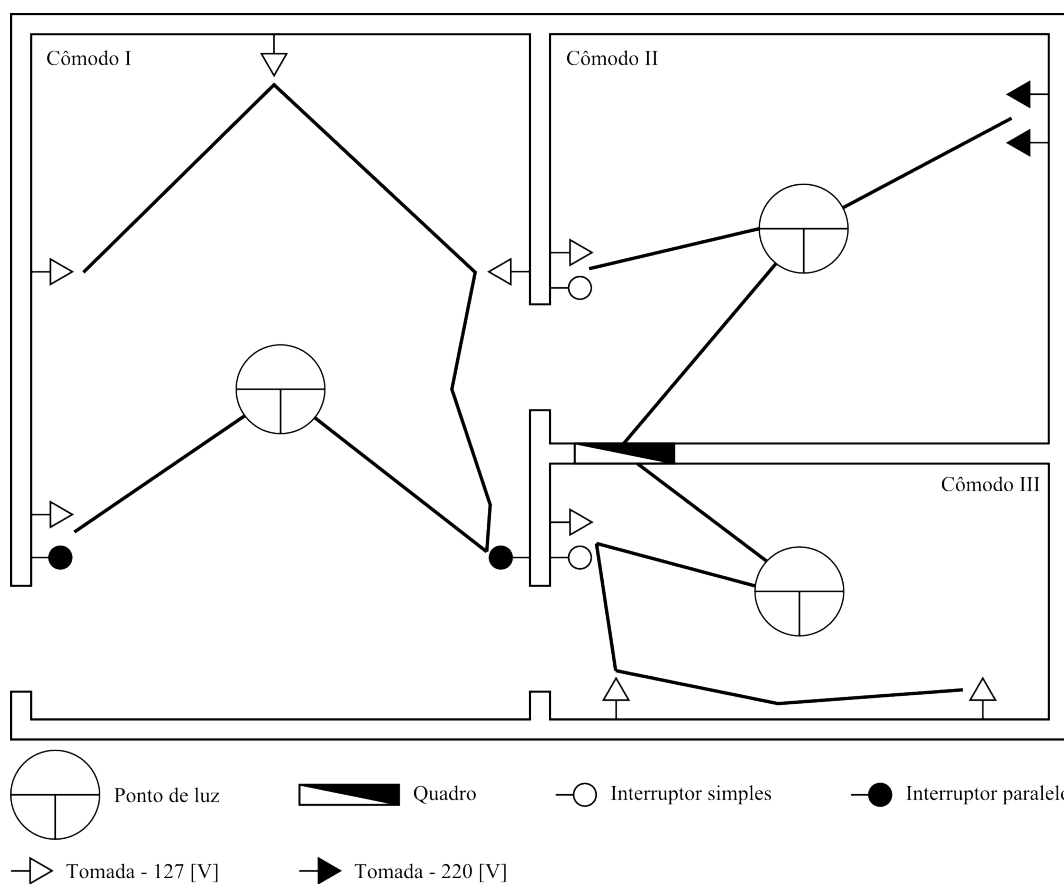


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+62/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	●	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+63/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

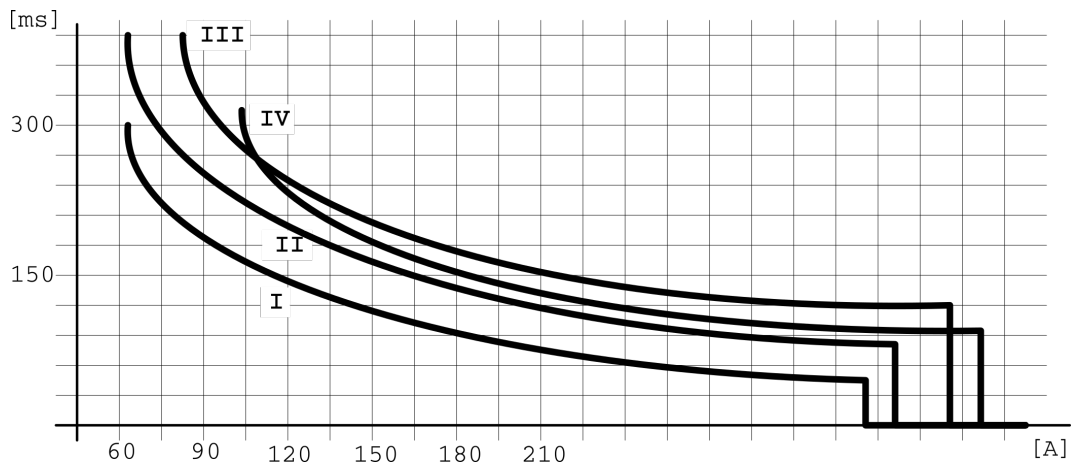


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

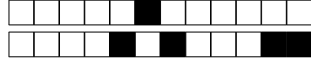


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9	
●	8	●	
7	7	7	
6	6	6	
5	5	5	
4	4	4	
3	3	3	
2	●	2	
1	1	1	
0	.	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●	
8	8	8	8	8	
7	7	7	7	7	
6	6	6	6	6	
5	5	5	5	5	
4	4	4	●	4	
3	3	3	3	3	
●	2	2	2	2	
1	●	●	1	1	
0	0	0	.	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+64/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

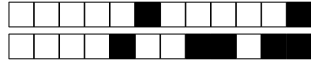
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	●	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

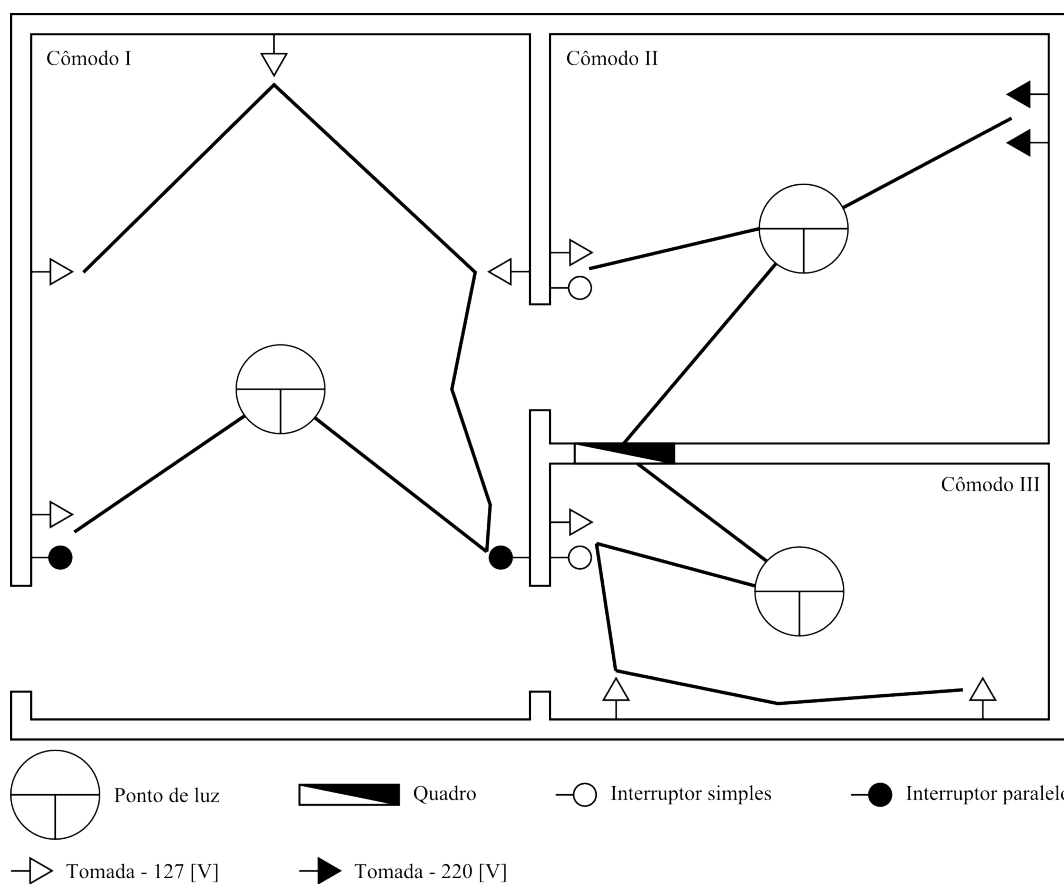


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

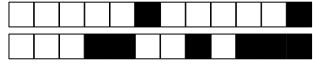
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+65/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

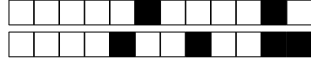
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
●	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

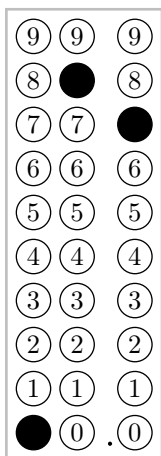
Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)





+66/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;

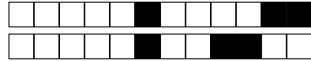


Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



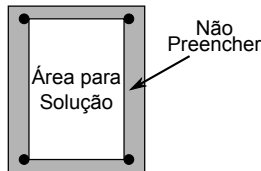
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

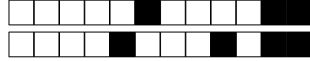


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+67/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

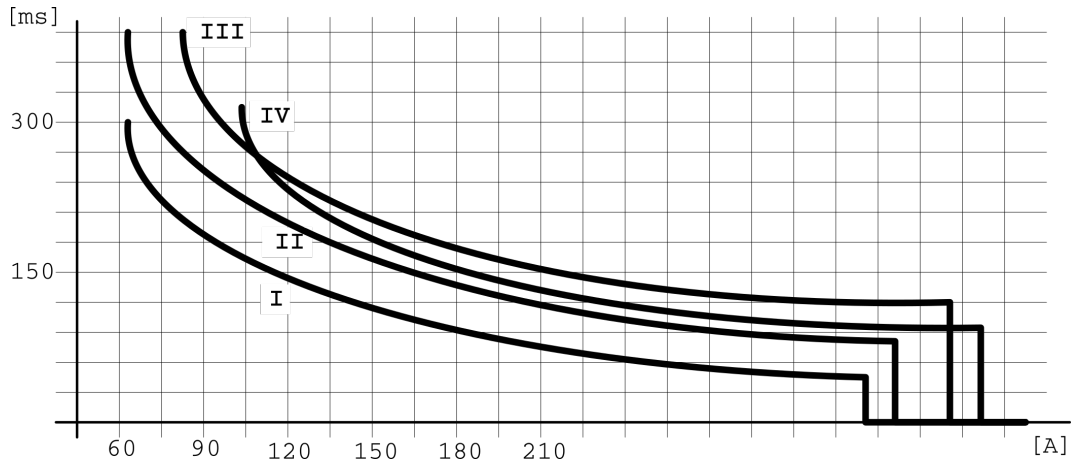


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



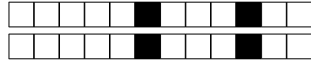
+67/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



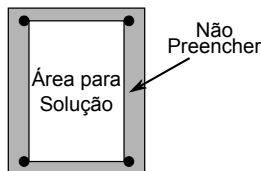
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

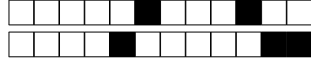
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

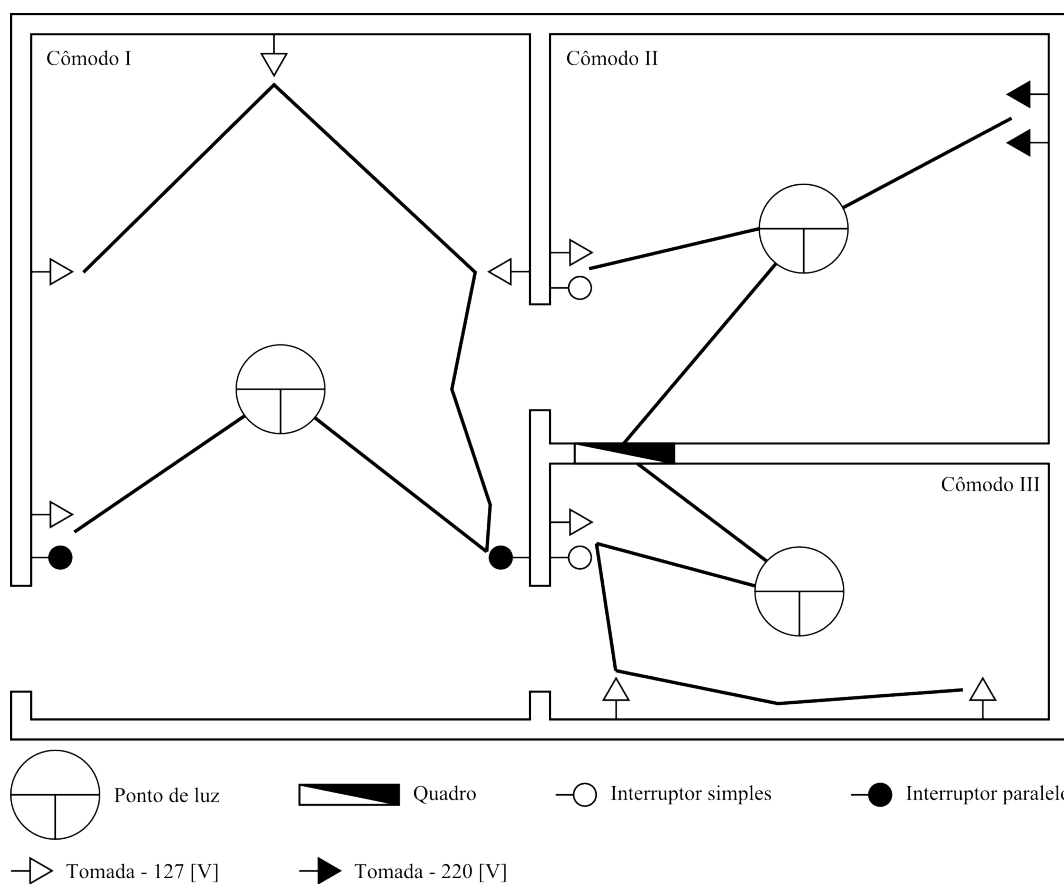


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+68/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+68/8/57+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	●
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+69/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

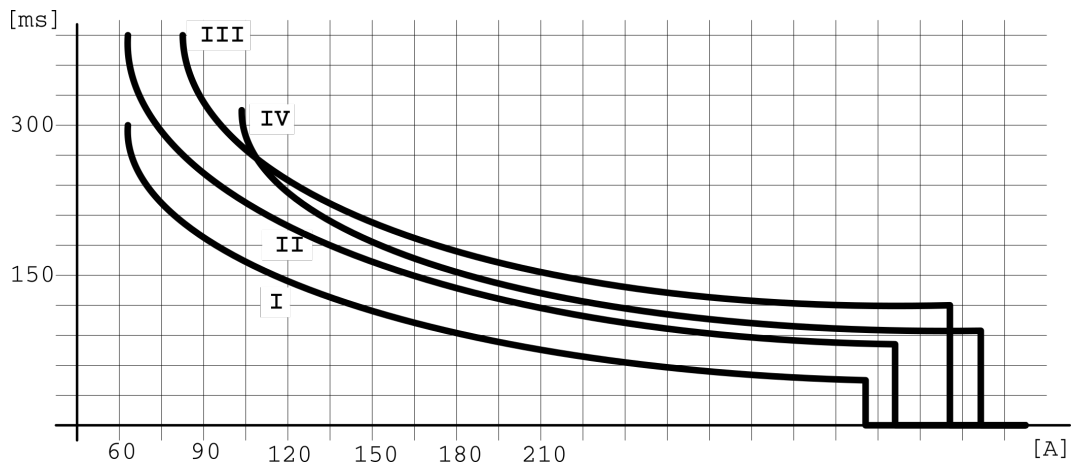


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r[\cup]r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(8.07 + j \cdot 16.13) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

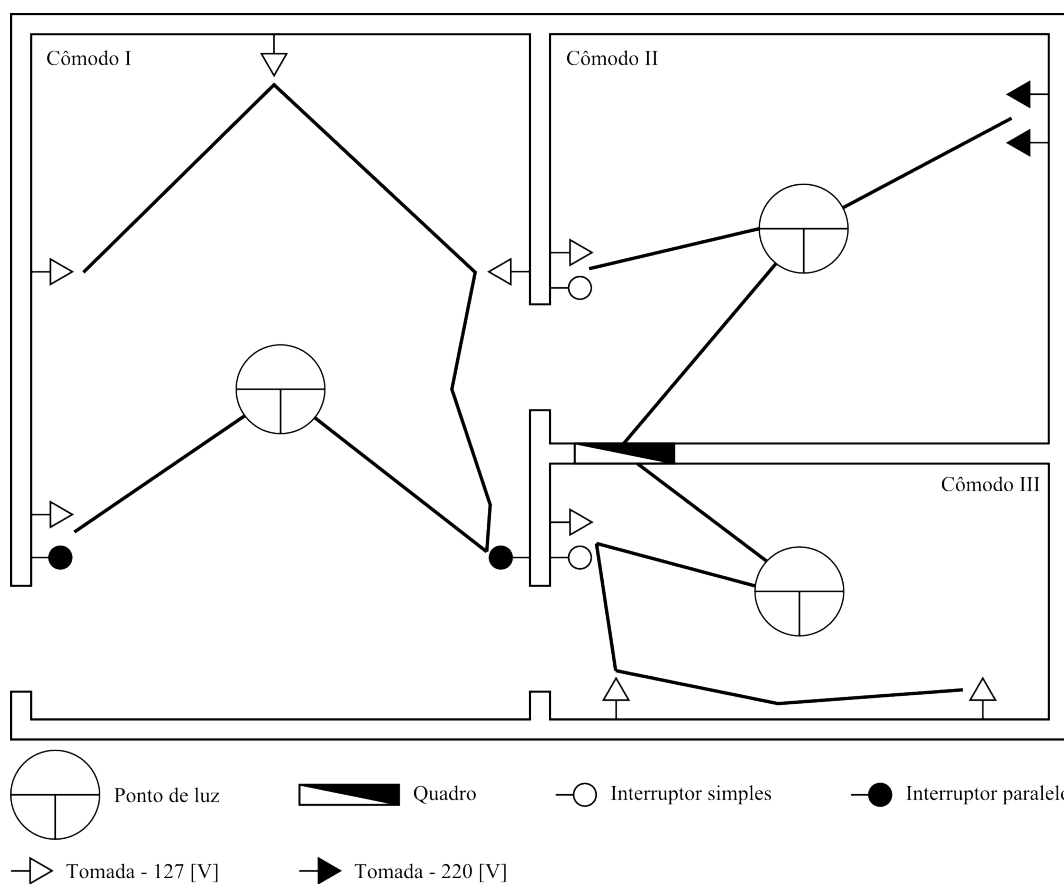


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+70/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



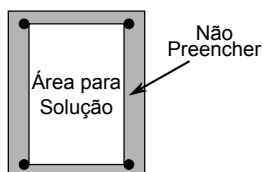
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+71/6/35+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

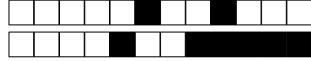
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.10 + j \cdot 24.20) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	<input checked="" type="radio"/>	3
2	2	2
1	1	1
0	0	<input checked="" type="radio"/>

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	<input checked="" type="radio"/>	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1	1	1
0	<input checked="" type="radio"/>	0	<input checked="" type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400$ W e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de 35°C . Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

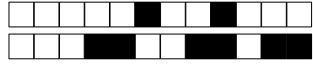
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a 20°C , $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+72/6/27+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

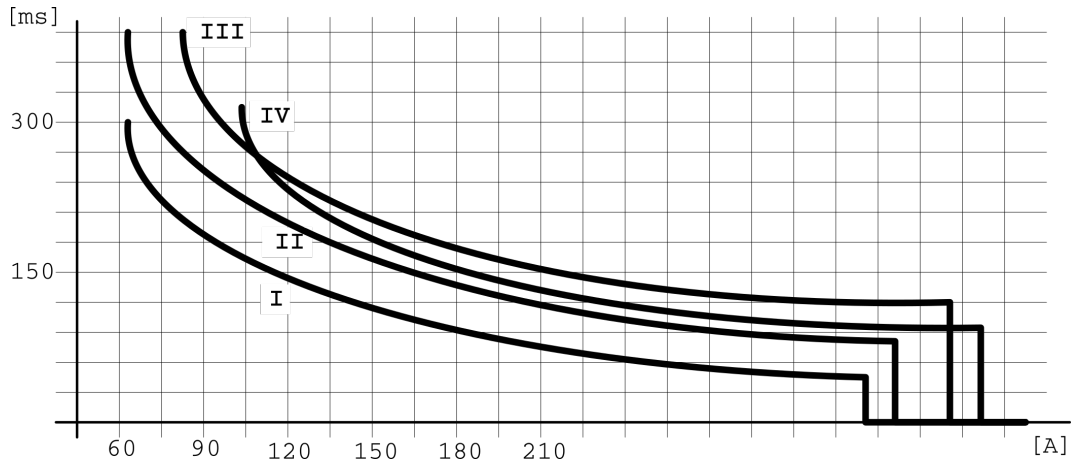


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+72/8/25+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

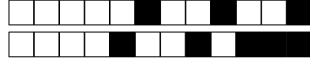
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r[\cup]r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

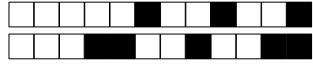
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+73/6/19+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

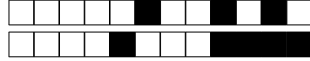


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(6.35 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

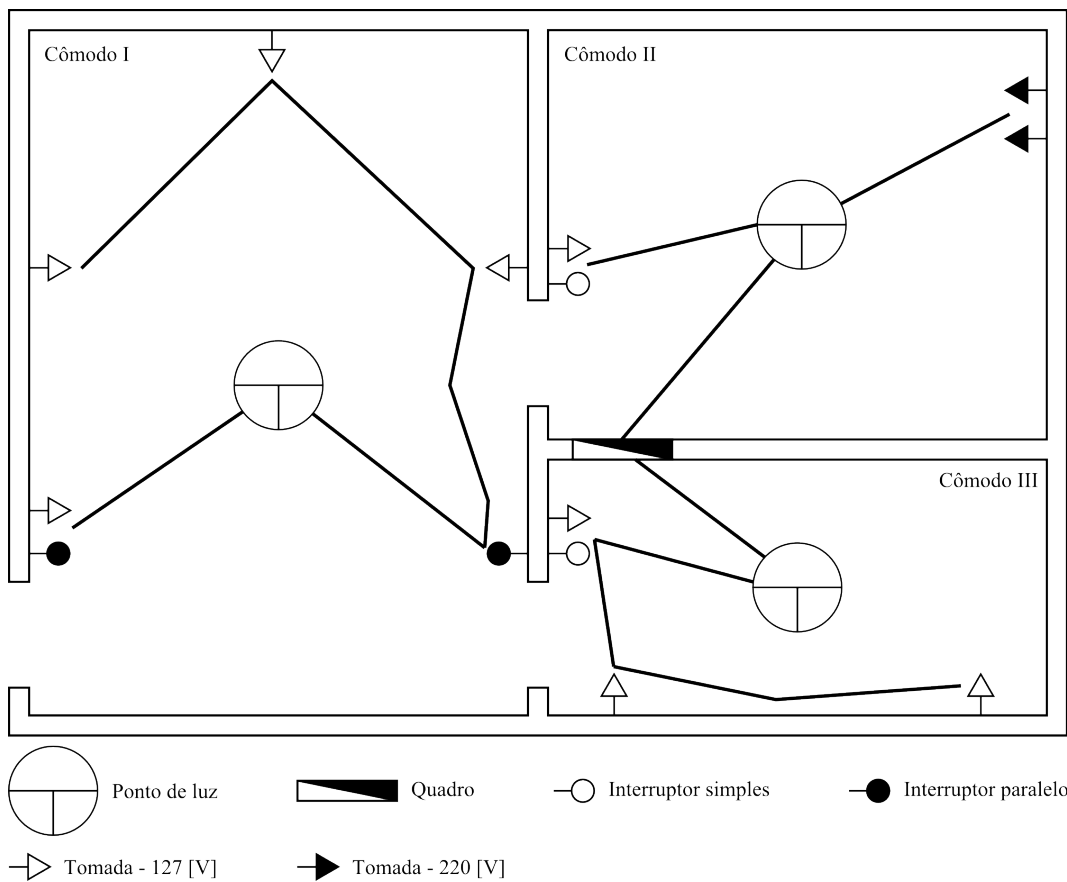


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

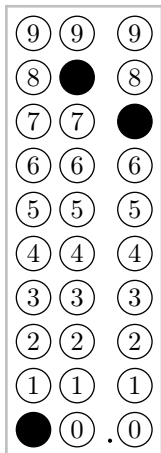
Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)





+74/6/11+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

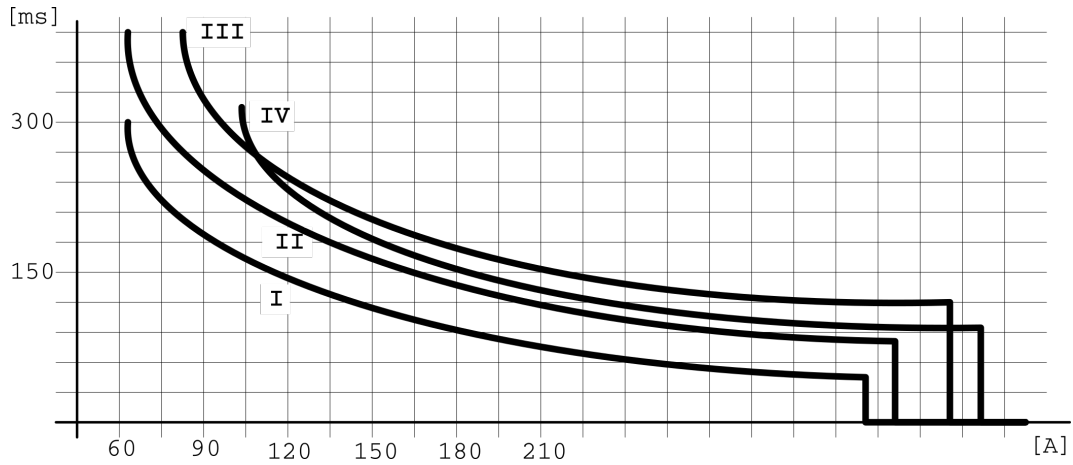


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+74/8/9+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

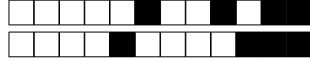


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	●
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	●	●	5
4	4	4	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+75/6/3+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+75/8/1+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



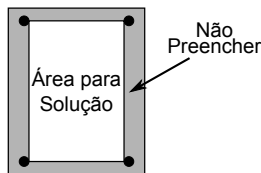
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(12.70 + j \cdot 25.39) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	.0	●

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	.0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

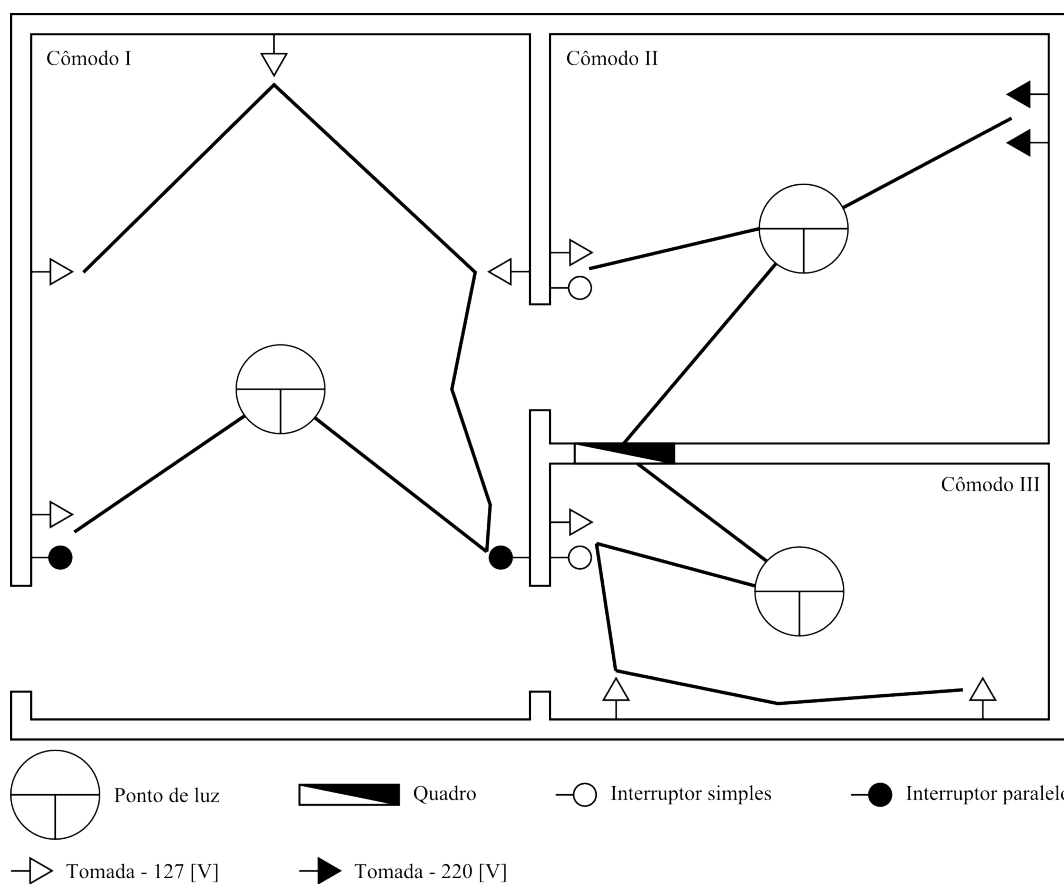


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+76/6/55+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+76/8/53+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
●	3	●
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 4000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+77/6/47+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

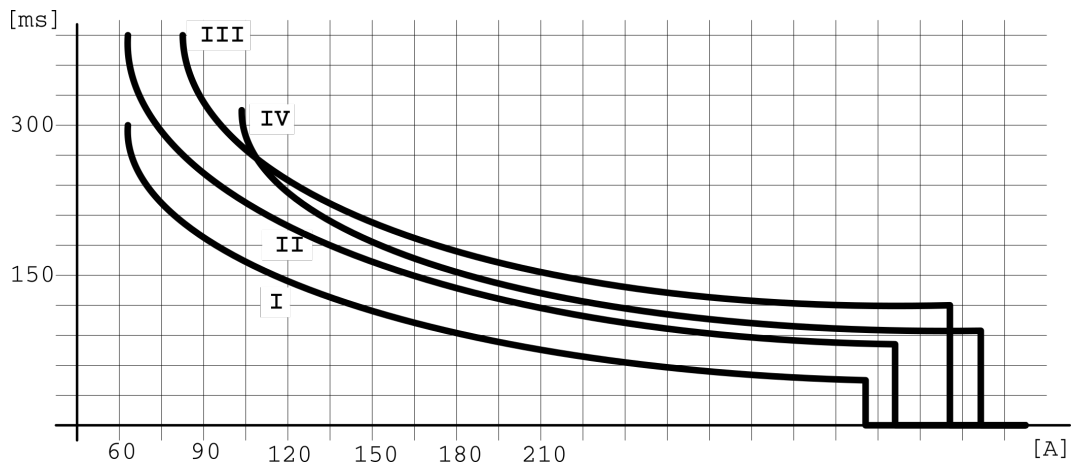


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+77/8/45+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

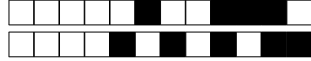
2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 13800[V]
- A impedância da fonte é: $(25.39 + j \cdot 12.70) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(19.04 + j \cdot 38.09) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 13800:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	8
●	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	●
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	●
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+78/6/39+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+78/8/37+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



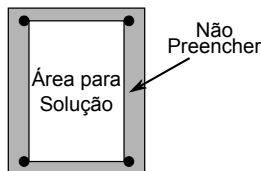
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3
2	<input type="radio"/>	2
1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	<input type="radio"/>	9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	<input type="radio"/>	8	<input type="radio"/>	8
7	<input type="radio"/>	7	<input type="radio"/>	7
6	<input type="radio"/>	6	<input checked="" type="radio"/>	6
5	<input type="radio"/>	5	<input type="radio"/>	5
4	<input type="radio"/>	4	<input type="radio"/>	4
3	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/>	3
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2	<input type="radio"/>	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	<input type="radio"/>	1
0	<input type="radio"/>	0	<input type="radio"/>	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

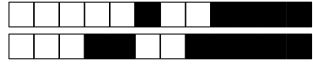
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	●
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+79/6/31+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .

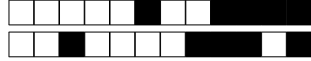


Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



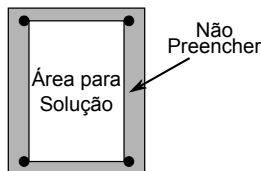
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

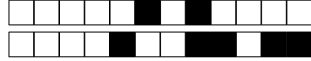


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(5.21 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	●	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	●	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

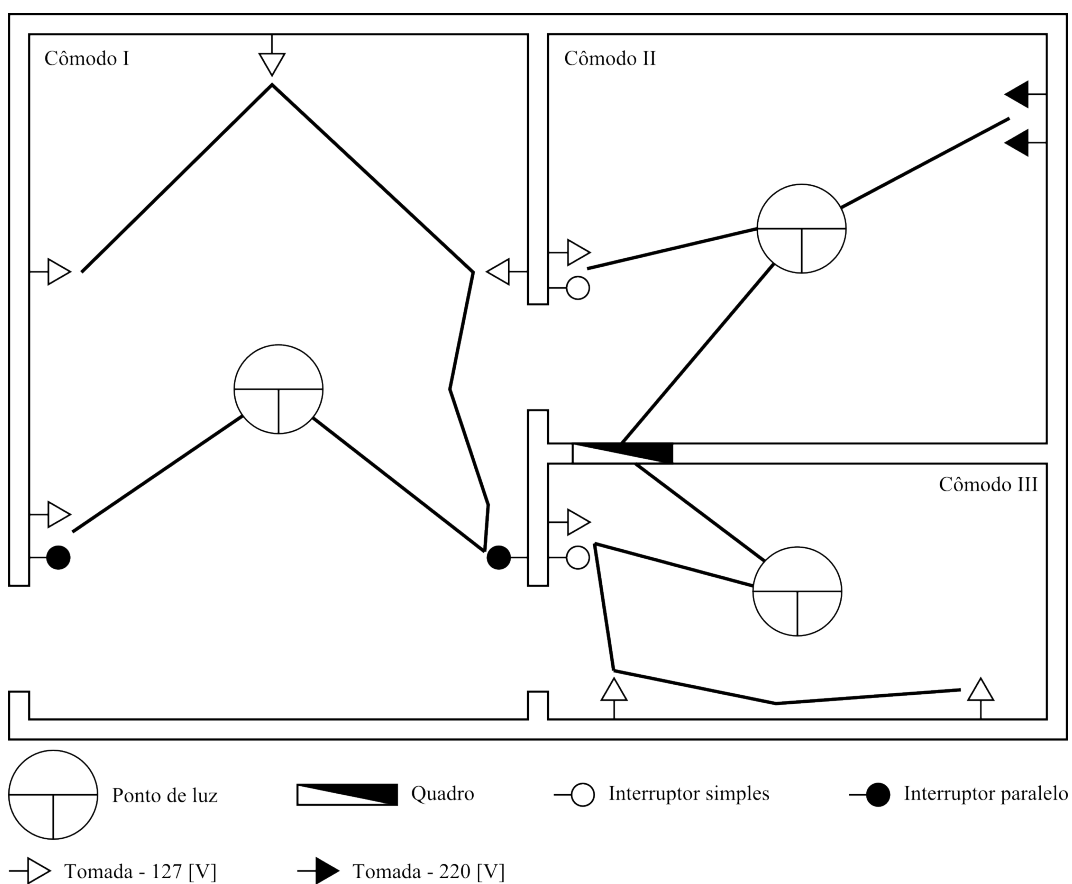


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 6400 \text{ W}$ e fator de potência = 0.79 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

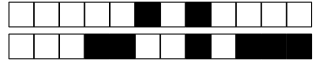
Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+80/6/23+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+80/8/21+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

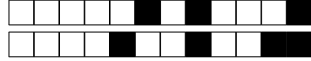


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	<input checked="" type="radio"/>	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
<input checked="" type="radio"/>	3	3
2	2	<input checked="" type="radio"/>
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5
4	4	4	4	<input checked="" type="radio"/>
3	3	3	3	3
<input checked="" type="radio"/>	2	2	2	2
1	<input checked="" type="radio"/>	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 3000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.70 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	●
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+81/6/15+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

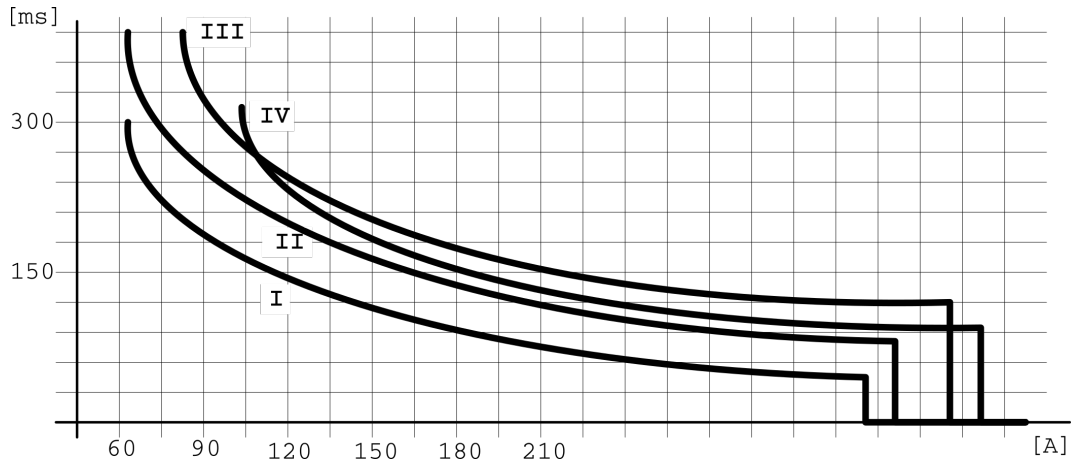


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

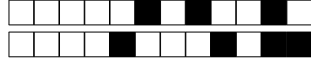


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(10.42 + j \cdot 20.83) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00323 + j \cdot 0.00645) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
●	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	●	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	●
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	●	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	●	1	1
0	0	0	0	0



+82/3/10+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
●	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

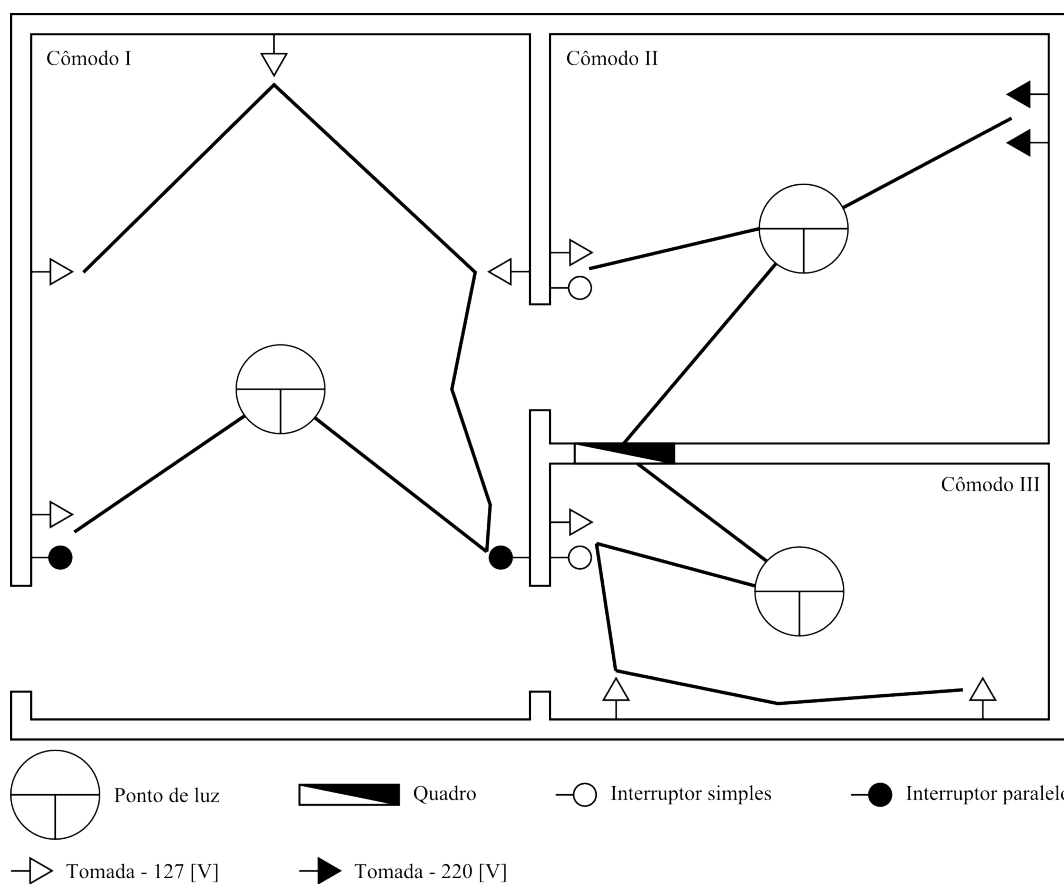


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 2.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5500 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 10 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	●	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+82/6/7+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

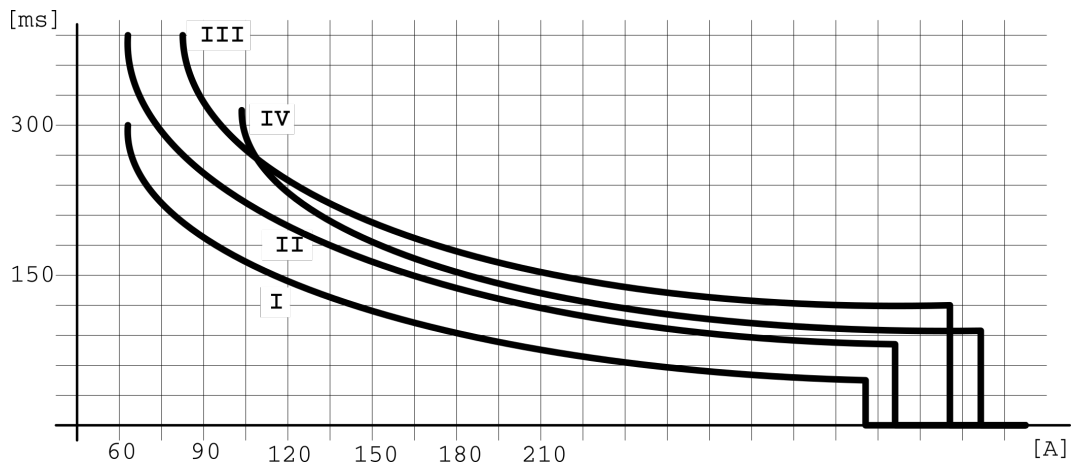
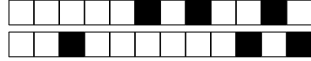


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+82/8/5+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



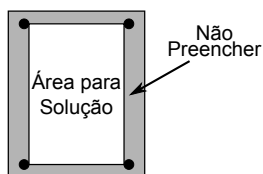
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**

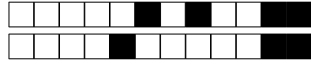


Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
8	●	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
●	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	●	4	●
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	●	1
0	0	0	0	0



+83/3/2+

Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
●	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])



Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 7200 \text{ W}$ e fator de potência = 0.75 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	6	6
5	●	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	●



+83/6/59+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente

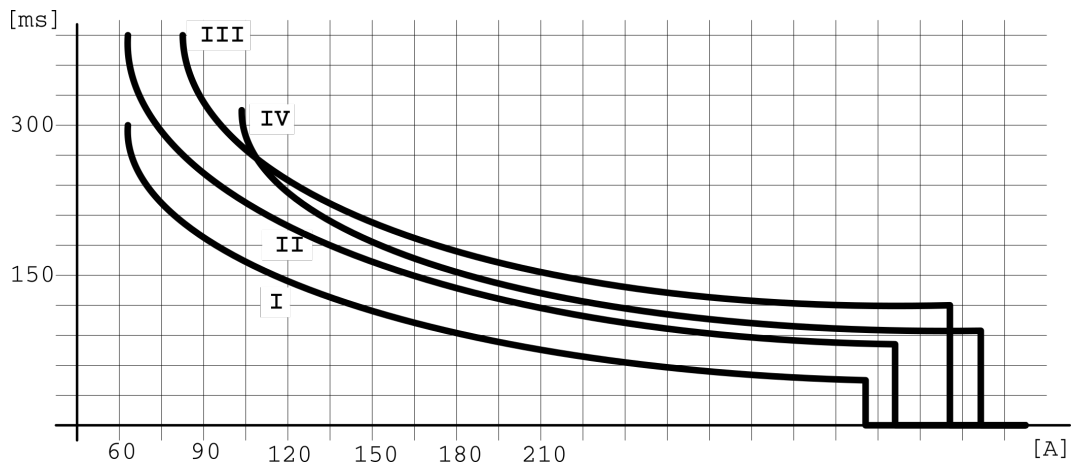


Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+83/8/57+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

Número USP alinhado à direita, (7 ou 8 dígitos)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.4172 + j \cdot 0.1669) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 12500[V]
- A impedância da fonte é: $(20.83 + j \cdot 10.42) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(15.63 + j \cdot 31.25) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00484 + j \cdot 0.00968) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 12500:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	●
●	8	8
7	7	7
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	●	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	●	9	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	6	6	6
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	●
1	1	1	1	1
0	●	0	●	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

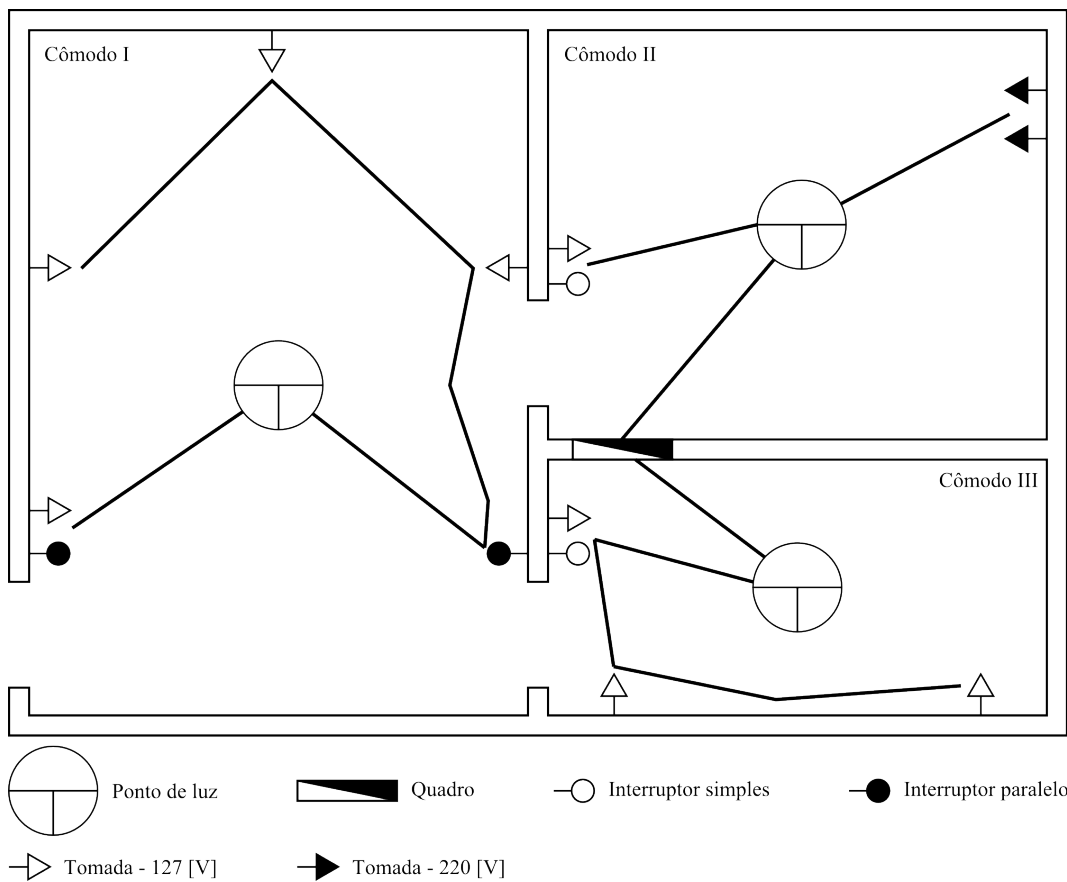


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 2 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com $P = 5000 \text{ W}$ e fator de potência = 0.73 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 220 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 4 mm^2 para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm^2)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar ($\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}$)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante ($^\circ\text{C}$)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm^2)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm^2)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$

- resistividade do cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ\text{C}$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 \text{ J}/^\circ\text{C}/\text{mm}^2/\text{m}$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I . Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I . Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de $\pm 2\%$)

9	9	9
8	8	8
7	●	7
6	6	6
5	5	●
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+84/6/51+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.





0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.



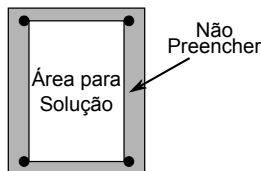
Nome: Número USP:

Instruções

1. Preferencialmente use **caneta preta ou azul** e preencha totalmente o gabarito de resposta (no caso de preenchimento a lápis, acalque bem para facilitar a leitura óptica.). O preenchimento é igual à FUVEST. **Não há mistério!**

Exemplos de preenchimento:    

2. Respeite as margens da prova. **Não escreva na área externa aos pontos delimitadores.**



Exemplo:

3. Todo o desenvolvimento das questões, incluindo critérios e hipóteses adotados, deverão estar mostrados, devidamente justificados e transcritos na folha de prova, no espaço alocado para cada questão, ou em outro espaço conveniente. **Devolva todas as folhas de prova.**
4. A prova deve ser resolvida **individualmente**, sem o auxílio de outras pessoas.
5. É **proibida** a consulta a livros, cadernos ou quaisquer outros tipos de anotações.
6. É **proibido** o empréstimo de quaisquer materiais durante a prova.
7. **Não é permitido o uso de celulares, tablets, etc. Guarde o seu celular DESLIGADO em sua mochila.**
8. **Estojos, capas de calculadoras e materiais correlatos devem ser guardados em sua mochila.**
9. **As mochilas e quaisquer outros materiais devem ser dispostos sob o quadro negro.**
10. A margem das respostas numéricas é dada em cada um dos **problemas**.
11. Caso a resposta do aluno esteja no intervalo $\{[r \cdot (1 - mar), r [\cup] r, r \cdot (1 + mar)]\}$, o valor da questão será 75% do seu valor total (onde r é a resposta correta e mar é a margem).
12. O símbolo para decimal é o ponto.

**Número USP
alinhado à direita,
(7 ou 8 dígitos)**

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9



PROBLEMA 1

Um transformador monofásico real alimenta uma carga monofásica indutiva cuja impedância é $\bar{Z}_{carga} = (0.7744 + j \cdot 0.5808) [\Omega]$. São dados:

- A tensão eficaz da fonte é: 11000[V]
- A impedância da fonte é: $(16.13 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no primário do transformador é : $(4.03 + j \cdot 8.07) [\Omega]$
- A impedância equivalente de perdas, no secundário do transformador é : $(0.00161 + j \cdot 0.00323) [\Omega]$
- A relação de transformação é: 11000:220

Pede-se (ATENÇÃO: a tolerância desta questão é $\pm 2\%$):

Questão 1 Qual o valor eficaz da corrente fornecida pela fonte, em [A]?

9	9	9
8	8	●
7	7	7
6	6	6
5	5	5
●	●	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1
0	0	0

Questão 2 Qual o valor eficaz da tensão na carga, em [V]?

9	9	9	●	9
8	8	8	8	8
7	7	7	7	7
6	6	●	6	●
5	5	5	5	5
4	4	4	4	4
3	3	3	3	3
●	2	2	2	2
1	●	1	1	1
0	0	0	0	0



Questão 3 Qual o módulo da diferença entre o valor eficaz da tensão na carga e o valor eficaz dessa mesma tensão, caso o transformador real fosse substituído por um transformador ideal com a mesma relação de transformação, em [V]?

9	9	9
8	8	8
7	7	7
6	●	6
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
●	1	●
0	0	0



PROBLEMA 2 A Fig. 1 ilustra a parcela da planta de uma edificação de uso comercial, que possui um quadro de distribuição. Esse quadro contém dois barramentos de fase e um de neutro (F1+F2 e N) e um barramento de proteção (PE) – 127/220 [V] – 60 [Hz]. Pode-se observar que eletrodutos, pontos de iluminação, tomadas, interruptores e quadro de distribuição já estão alocados, conforme lista a seguir.

- Cômodo I* Circuito 1 - Iluminação: 500 [W]
 Circuito 2 - Tomadas: 4x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
- Cômodo II* Circuito 3 - Iluminação: 1000 [W]
 Circuito 4 - Tomadas: 1x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])
 Circuito 5 - 2x500 [W] (tomadas de uso específico – 220 [V])
- Cômodo III* Circuito 6 - Iluminação: 400 [W]
 Circuito 7 - 3x100 [W] (tomadas de uso geral – 127 [V])

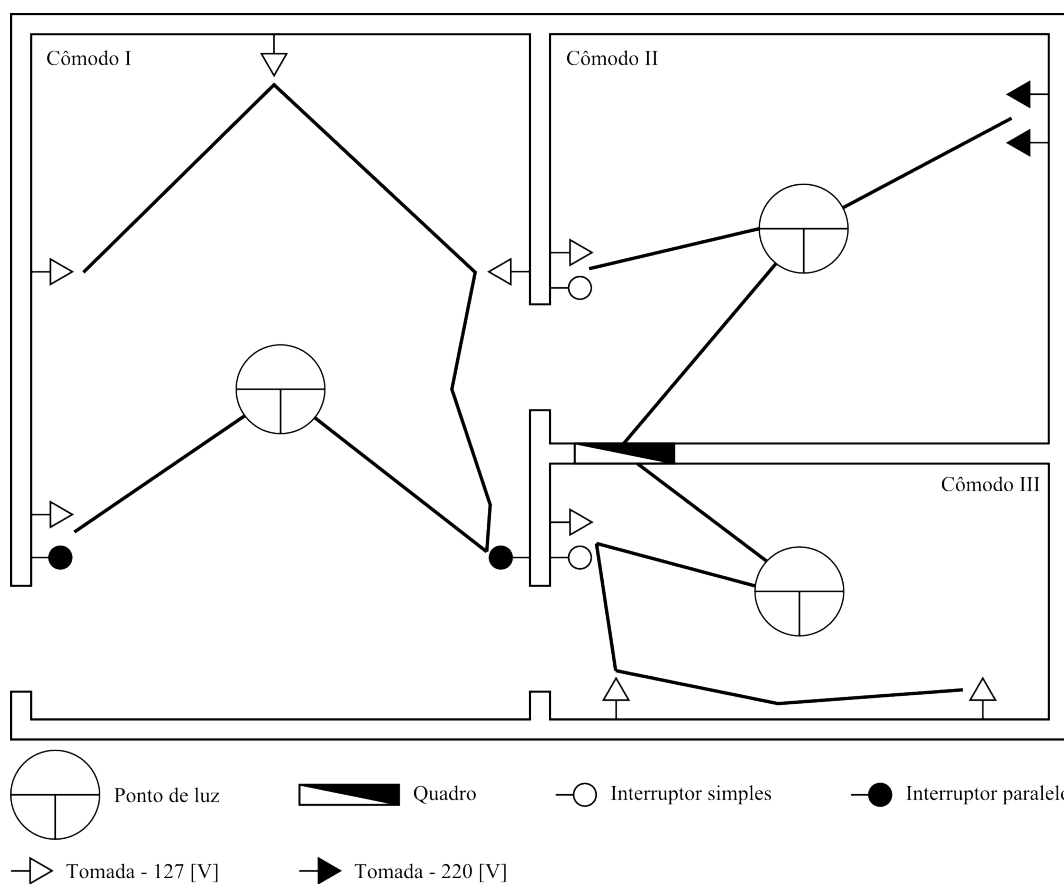


Figura 1: Diagrama unifilar da edificação comercial

Questão 4 Elabore o diagrama unifilar da instalação, apenas para o cômodo 1 e para o cômodo 3.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ● Área Reservada. Não Preencha.



PROBLEMA 3 Considere uma carga Z1 qualquer com P = 4000 W e fator de potência = 0.80 indutivo, alimentada por uma fonte de tensão CA de 127 V, 60 Hz. Foi escolhido o condutor de 6 mm² para ser instalado entre a fonte e a carga.

A temperatura ambiente média do local é de 35 °C. Todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC, cuja resistividade elétrica, coeficiente de temperatura da resistência e calor específico são dados.

Seção (mm ²)	4	6	10	16
Resistência térmica do isolante e do ar (m°C/W)	7.08	6.46	5.62	5.03
Temperatura máxima do isolante (°C)	70	70	70	70
Diâmetro do condutor (mm ²)	2.5	3.1	4.1	5.1
Diâmetro do cabo (mm ²)	4.1	4.7	6.1	7.1

Expressões úteis:

- $T_{cond}(t) = T_0 + AI^2(1 - e^{-\frac{t}{B}})$
- $A = R_t \cdot R_{elet}(T_{max})$
- $B = R_t \cdot (Q_{cond} + Q_{iso})$
- $Q_{cond} = c_{cond} \cdot S_{cond}$
- $Q_{iso} = c_{iso} \cdot S_{iso}$
- $R_{elet}(T) = R_{elet}(20^\circ C) \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^\circ C))$

- resistividade do cobre a 20 °C, $\rho_{20^\circ C} = 0.017241 \Omega \cdot mm^2/m$
- coeficiente de temperatura para resistência $\alpha = 0.00393/^\circ C$
- calor específico do cobre $c_{cond} = 3.45 J/^\circ C/mm^2/m$
- calor específico do PVC $c_{iso} = 1.70 J/^\circ C/mm^2/m$

Questão 5 Com a correção de Z1 para 0.92 indutivo, a corrente fornecida pela fonte é I. Suponha que, hipoteticamente, houve um problema na carga Z1 que, ao ser energizada em temperatura ambiente, experimentou um aumento (sobrecarga) de 50 % na sua corrente I. Qual o tempo máximo da duração dessa sobrecarga, em minutos, antes de se atingir a temperatura máxima do condutor? (ATENÇÃO: a margem desta questão é de ±2%)

9	9	9
8	8	8
7	7	●
6	6	6
5	5	5
4	4	4
3	●	3
2	2	2
1	1	1
●	0	.0



+85/6/43+



PROBLEMA 4 Um circuito elétrico monofásico 220 [V] – 60 [Hz] é protegido por um disjuntor de corrente eficaz nominal de 60 [A]. Esse circuito é monitorado por um equipamento capaz de registrar a forma de onda da corrente que passou pelo disjuntor, na eventualidade de um curto-circuito ou de uma sobrecarga. Em um determinado instante, esse equipamento registrou o sinal de corrente ilustrado na figura 2, que resultou no desligamento do disjuntor no instante t_1 .



Figura 2: Sinal de corrente



Figura 3: Curvas tempo vs. corrente

Questão 6 O disjuntor operou por seu mecanismo de proteção contra correntes de curto-circuito ou pelo seu mecanismo de proteção contra correntes de sobrecarga? Justifique;



+85/8/41+

Questão 7 Qual o tempo aproximado de atuação do disjuntor, em [ms]?

0 .25 Área Reservada. Não Preencha.

Questão 8 Identifique o disjuntor do circuito, dentre os quatro disjuntores cujas curvas *tempo x corrente* estão ilustradas na figura 3. Justifique.

0 .25 .50 .75 Área Reservada. Não Preencha.