



Prova 1
11 de maio de 2022

Nome:

Número USP:

						X	Y	Z

ATENÇÃO: O valor das questões está indicado entre parênteses. A interpretação das questões faz parte da sua avaliação. As respostas devem ser assinaladas na última folhas (folhas de respostas), qualquer resposta fora da última folha não será considerada. As questões de verdadeiro e falso assinaladas incorretamente possuem valor negativo igual à metade do que está indicado entre parênteses.

QUESTÃO 1. (1,0) Uma indústria possui fator de potência medido em seu ponto de entrada de 0,7. No entanto, o engenheiro que realizou a medição da fase da corrente afirmou que esta está 10° atrasada em relação à tensão. Com base somente nesses fatos, considere as afirmações: (a) a medição realizada está incorreta, pois 10° corresponde a um fator de potência de 0,98; (b) um fator de potência de 0,7 corresponde a uma defasagem de corrente de 45° ; (c) com a utilização de um banco de capacitores na entrada, o fator de potência será maior do que 0,7; (d) necessariamente a corrente possui componentes harmônicos; (e) a carga da indústria apresenta elementos não-lineares. Assinale a alternativa correta:

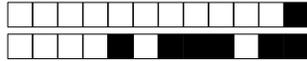
- A A afirmação (a) está correta, pois foi realizada uma medição errônea na defasagem da corrente devido à presença de componentes harmônicos na corrente.
- B Não se pode afirmar (e) com base apenas na medição de fase.
- C A afirmação (d) está parcialmente correta e a (b) está totalmente correta.
- D A afirmação (b) está parcialmente correta, pois só esqueceu de mencionar se a corrente está atrasada ou adiantada em relação à tensão.
- E A afirmação (b) está parcialmente correta, a (d) está totalmente correta e (b) é possível.
- F *N. d. a.*

QUESTÃO 2 (0,5/-0,25) Desde que se saiba o valor eficaz (RMS) de uma fonte de tensão em corrente alternada, qualquer que seja sua forma de onda, o valor eficaz (RMS) da corrente é dado pela tensão eficaz dividida pela impedância (Z).

- A V B F

QUESTÃO 3. (0,5) Uma fonte CA com somente harmônicos ímpares alimenta uma determinada carga. A corrente medida nessa carga apresenta harmônicos múltiplos de dois; dessa forma, pode-se concluir que:

- A Essa condição é impossível.
- B A carga não está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte.
- C A carga é um filtro ressonante e está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte, anulando essa componente e seus múltiplos.
- D A carga elimina o primeiro e o segundo harmônico da tensão, causando sobreposição no segundo, quarto, etc.
- E Nenhuma das demais alternativas está correta.
- F *N. d. a.*



QUESTÃO 4 (0,5/-0,25) Um *chopper* de 4 quadrantes quando conectado a um motor CC pode realizar motorização e geração em quaisquer sentidos de rotação.

- A F B V

QUESTÃO 5 (1,0) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RLV com $R = (10 + X)\Omega$, $L = (10 + Y)mH$ e $V_C = 50V$. Considerando uma fonte de tensão de 200V, calcule a potência média na resistência R quando o *chopper* opera com um fator de trabalho no limiar entre condução contínua e descontínua, com uma frequência de PWM de 5kHz.

QUESTÃO 6 (1,0) Um conversor tipo *Buck* possui uma tensão de entrada de $(25 + X)V$ e é utilizado para alimentar um circuito de 5V que consome $(3 + 0,1 \cdot Y)A$. O indutor possui uma resistência desprezível, juntamente com as chaves, e a ondulação de corrente nesse indutor é de $(1 + 0,1 \cdot Z)A$. Calcule o valor do capacitor que deve ser utilizado para uma ondulação de tensão de 50mV. A frequência de operação é de 50kHz.

QUESTÃO 7 (0,5) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RL-FEM, com de $R = 5\Omega$, L é grande o suficiente para que a corrente na carga seja considerada constante e $V_C = 90V$. A tensão da fonte CC é $V = 180V$. Considerando um fator de trabalho de 0,5, qual dos valores abaixo mais se aproxima da potência média na fonte V_C ?

- A 400W B 600W C 250W D 0W E 100W

QUESTÃO 8 (0,5/-0,25) Para transferir energia de uma fonte de tensão mais baixa para uma fonte de tensão mais alta, foi empregado um *chopper* de 2 quadrantes, mas poderia ser empregado um *chopper* de segundo quadrante.

- A V B F

QUESTÃO 9 (0,5/-0,25) Um *chopper* de dois quadrantes pode ter corrente média maior que zero, menor que zero e zero. Dessa forma, ao ser utilizado alimentar um motor CC, pode fazer o mesmo girar nos dois sentidos de rotação.

- A F B V

QUESTÃO 10 (1,0) Um *chopper* de 4 quadrantes alimenta uma carga RV no modo de operação no. 5, (vide formulário). Se a tensão de entrada é 200V, a tensão da carga é de 100V, e a resistência é de $(10 + Y)\Omega$, calcule o fator de trabalho para uma corrente média que seja igual à metade da corrente máxima.

QUESTÃO 11 (1,0) Um conversor tipo *boost* é utilizado para alimentar um circuito de 5V a partir de uma bateria de 3,1V. O indutor possui uma resistência de $(300 + 55 \cdot Y)m\Omega$ e é a única resistência não desprezível do circuito. Calcule a potência entregue à fonte de 5V no ponto de operação onde a fonte de 3,1V gera $(4 + 0,1 \cdot Z)W$. Considere o indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente no mesmo sejam consideradas desprezíveis.

QUESTÃO 12 (0,5/-0,25) Se um *chopper* de 2 quadrantes operar sempre com a corrente média maior que zero, então pode-se substituí-lo por um de apenas um quadrante, sendo que não haverá nenhuma diferença de operação.

- A V B F

QUESTÃO 13 (1,0) Um inversor monofásico em ponte completa é alimentado por uma tensão CC de 380V operando com onda quadrada de tensão na saída. Uma carga RLC com $R = (10 + X)\Omega$, $X_{C1} = (10 + Y)\Omega$ e $X_{L1} = (20 + Z)\Omega$ (considerando a frequência de operação do inversor de 60Hz) é conectada em sua saída. Calcule a potência média na carga.



QUESTÃO 14. (0,5) Para se transferir energia de uma fonte CC para a rede monofásica de 60Hz, foi utilizado um inversor monofásico em ponte completa, conectado à rede por meio de um indutor. Considerando a rede como uma fonte senoidal ideal, analise as afirmações: (1) a tensão da fonte CC deve ser maior que a tensão de pico da rede; (2) a frequência de operação do inversor deve ser igual à da rede; (3) os harmônicos de tensão da saída do inversor não transferem energia à rede; (4) os indutores servem somente para atenuar os harmônicos de corrente; (5) a potência entregue à rede pode ser controlada pelo ângulo de fase de operação do inversor. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação 2 não é necessária.
 B A afirmação 5 está incorreta.
 C A afirmação 3 depende da afirmação 1.
 D A afirmação 4 está incorreta.
 E Somente as afirmações 1, 2 e 3 estão corretas.
 F *N. d. a.*

Formulário

Choppers

Chopper de um quadrante:

$$t_x = \tau \ln \left(1 + \frac{V - V_C}{V_C} (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) \right) + t_{ON} \quad t_{ON}^x = \tau \ln (m(e^{T/\tau} - 1) + 1) \quad (1)$$

Correntes máximas e mínimas (1° e 2°):

$$I_{MAX} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{-t_{ON}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad I_{MIN} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{t_{ON}/\tau}}{1 - e^{T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad (2)$$

Corrente média na fonte V:

$$I = \frac{\tau}{T} \left(I_{MIN} - \frac{V - V_C}{R} \right) (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) + \frac{t_{ON}}{T} \frac{V - V_C}{R} \quad (3)$$

Série de Fourier, condução descontínua:

$$V_o = \delta V + \left(1 - \frac{t_x}{T} \right) V_C \quad a_n = \frac{V}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_{on}) - \frac{V_C}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_x) \quad b_n = \frac{V}{n\pi} \sin n\omega t_{on} - \frac{V_C}{n\pi} \sin n\omega t_x$$

$$\text{Condução contínua: } c_n = \frac{\sqrt{2}V}{n\pi} \sqrt{1 - \cos n\omega t_{on}}$$

Modo de operação do chopper de 4 quadrantes

Modo	Q1	Q2	Q3	Q4
1	δ	$\bar{\delta}$	0	1
2	1	0	$\bar{\delta}$	δ
3	$\bar{\delta}$	δ	1	0
4	0	1	δ	$\bar{\delta}$
5	δ	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$	δ

Inversores

Séries de Fourier:

$$\text{Onda quadrada: } v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4A}{n\pi} \sin n\omega t \quad THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$



+1/5/56+

Question 14: A B C D E F



Prova 1
11 de maio de 2022

Nome:

Número USP:

						X	Y	Z

ATENÇÃO: O valor das questões está indicado entre parênteses. A interpretação das questões faz parte da sua avaliação. As respostas devem ser assinaladas na última folhas (folhas de respostas), qualquer resposta fora da última folha não será considerada. As questões de verdadeiro e falso assinaladas incorretamente possuem valor negativo igual à metade do que está indicado entre parênteses.

QUESTÃO 1 (0,5/-0,25) Desde que se saiba o valor eficaz (RMS) de uma fonte de tensão em corrente alternada, qualquer que seja sua forma de onda, o valor eficaz (RMS) da corrente é dado pela tensão eficaz dividida pela impedância (Z).

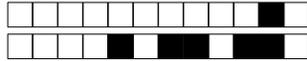
- A F B V

QUESTÃO 2. (0,5) Uma fonte CA com somente harmônicos ímpares alimenta uma determinada carga. A corrente medida nessa carga apresenta harmônicos múltiplos de dois; dessa forma, pode-se concluir que:

- A A carga não está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte.
 B A carga é um filtro ressonante e está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte, anulando essa componente e seus múltiplos.
 C A carga elimina o primeiro e o segundo harmônico da tensão, causando sobreposição no segundo, quarto, etc.
 D Essa condição é impossível.
 E Nenhuma das demais alternativas está correta.
 F *N. d. a.*

QUESTÃO 3. (1,0) Uma indústria possui fator de potência medido em seu ponto de entrada de 0,7. No entanto, o engenheiro que realizou a medição da fase da corrente afirmou que esta está 10° atrasada em relação à tensão. Com base somente nesses fatos, considere as afirmações: (a) a medição realizada está incorreta, pois 10° corresponde a um fator de potência de 0,98; (b) um fator de potência de 0,7 corresponde a uma defasagem de corrente de 45° ; (c) com a utilização de um banco de capacitores na entrada, o fator de potência será maior do que 0,7; (d) necessariamente a corrente possui componentes harmônicos; (e) a carga da indústria apresenta elementos não-lineares. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação (b) está parcialmente correta, a (d) está totalmente correta e (b) é possível.
 B A afirmação (a) está correta, pois foi realizada uma medição errônea na defasagem da corrente devido à presença de componentes harmônicos na corrente.
 C A afirmação (d) está parcialmente correta e a (b) está totalmente correta.
 D Não se pode afirmar (e) com base apenas na medição de fase.
 E A afirmação (b) está parcialmente correta, pois só esqueceu de mencionar se a corrente está atrasada ou adiantada em relação à tensão.
 F *N. d. a.*



QUESTÃO 4 (1,0) Um conversor tipo *Buck* possui uma tensão de entrada de $(25 + X)V$ e é utilizado para alimentar um circuito de $5V$ que consome $(3 + 0,1 \cdot Y)A$. O indutor possui uma resistência desprezível, juntamente com as chaves, e a ondulação de corrente nesse indutor é de $(1 + 0,1 \cdot Z)A$. Calcule o valor do capacitor que deve ser utilizado para uma ondulação de tensão de $50mV$. A frequência de operação é de $50kHz$.

QUESTÃO 5 (0,5) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RL-FEM, com de $R = 5\Omega$, L é grande o suficiente para que a corrente na carga seja considerada constante e $V_C = 90V$. A tensão da fonte CC é $V = 180V$. Considerando um fator de trabalho de $0,5$, qual dos valores abaixo mais se aproxima da potência média na fonte V_C ?

A 400W

B 0W

C 100W

D 250W

E 600W

QUESTÃO 6 (0,5/-0,25) Um *chopper* de dois quadrantes pode ter corrente média maior que zero, menor que zero e zero. Dessa forma, ao ser utilizado alimentar um motor CC, pode fazer o mesmo girar nos dois sentidos de rotação.

A F

B V

QUESTÃO 7 (1,0) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RLV com $R = (10 + X)\Omega$, $L = (10 + Y)mH$ e $V_C = 50V$. Considerando uma fonte de tensão de $200V$, calcule a potência média na resistência R quando o *chopper* opera com um fator de trabalho no limiar entre condução contínua e descontínua, com uma frequência de PWM de $5kHz$.

QUESTÃO 8 (0,5/-0,25) Um *chopper* de 4 quadrantes quando conectado a um motor CC pode realizar motorização e geração em quaisquer sentidos de rotação.

A F

B V

QUESTÃO 9 (0,5/-0,25) Se um *chopper* de 2 quadrantes operar sempre com a corrente média maior que zero, então pode-se substituí-lo por um de apenas um quadrante, sendo que não haverá nenhuma diferença de operação.

A V

B F

QUESTÃO 10 (1,0) Um *chopper* de 4 quadrantes alimenta uma carga RV no modo de operação no. 5, (vide formulário). Se a tensão de entrada é $200V$, a tensão da carga é de $100V$, e a resistência é de $(10 + Y)\Omega$, calcule o fator de trabalho para uma corrente média que seja igual à metade da corrente máxima.

QUESTÃO 11 (1,0) Um conversor tipo *boost* é utilizado para alimentar um circuito de $5V$ a partir de uma bateria de $3,1V$. O indutor possui uma resistência de $(300 + 55 \cdot Y)m\Omega$ e é a única resistência não desprezível do circuito. Calcule a potência entregue à fonte de $5V$ no ponto de operação onde a fonte de $3,1V$ gera $(4 + 0,1 \cdot Z)W$. Considere o indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente no mesmo sejam consideradas desprezíveis.

QUESTÃO 12 (0,5/-0,25) Para transferir energia de uma fonte de tensão mais baixa para uma fonte de tensão mais alta, foi empregado um *chopper* de 2 quadrantes, mas poderia ser empregado um *chopper* de segundo quadrante.

A F

B V

QUESTÃO 13 (1,0) Um inversor monofásico em ponte completa é alimentado por uma tensão CC de $380V$ operando com onda quadrada de tensão na saída. Uma carga RLC com $R = (10 + X)\Omega$, $X_{C1} = (10 + Y)\Omega$ e $X_{L1} = (20 + Z)\Omega$ (considerando a frequência de operação do inversor de $60Hz$) é conectada em sua saída. Calcule a potência média na carga.



QUESTÃO 14. (0,5) Para se transferir energia de uma fonte CC para a rede monofásica de 60Hz, foi utilizado um inversor monofásico em ponte completa, conectado à rede por meio de um indutor. Considerando a rede como uma fonte senoidal ideal, analise as afirmações: (1) a tensão da fonte CC deve ser maior que a tensão de pico da rede; (2) a frequência de operação do inversor deve ser igual à da rede; (3) os harmônicos de tensão da saída do inversor não transferem energia à rede; (4) os indutores servem somente para atenuar os harmônicos de corrente; (5) a potência entregue à rede pode ser controlada pelo ângulo de fase de operação do inversor. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação 5 está incorreta.
 B A afirmação 3 depende da afirmação 1.
 C Somente as afirmações 1, 2 e 3 estão corretas.
 D A afirmação 4 está incorreta.
 E A afirmação 2 não é necessária.
 F *N. d. a.*

Formulário

Choppers

Chopper de um quadrante:

$$t_x = \tau \ln \left(1 + \frac{V - V_C}{V_C} (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) \right) + t_{ON} \quad t_{ON}^x = \tau \ln (m(e^{T/\tau} - 1) + 1) \quad (4)$$

Correntes máximas e mínimas (1° e 2°):

$$I_{MAX} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{-t_{ON}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad I_{MIN} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{t_{ON}/\tau}}{1 - e^{T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad (5)$$

Corrente média na fonte V:

$$I = \frac{\tau}{T} \left(I_{MIN} - \frac{V - V_C}{R} \right) (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) + \frac{t_{ON}}{T} \frac{V - V_C}{R} \quad (6)$$

Série de Fourier, condução descontínua:

$$V_o = \delta V + \left(1 - \frac{t_x}{T} \right) V_C \quad a_n = \frac{V}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_{on}) - \frac{V_C}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_x) \quad b_n = \frac{V}{n\pi} \sin n\omega t_{on} - \frac{V_C}{n\pi} \sin n\omega t_x$$

Condução contínua: $c_n = \frac{\sqrt{2}V}{n\pi} \sqrt{1 - \cos n\omega t_{on}}$

Modo de operação do chopper de 4 quadrantes

Modo	Q1	Q2	Q3	Q4
1	δ	$\bar{\delta}$	0	1
2	1	0	$\bar{\delta}$	δ
3	$\bar{\delta}$	δ	1	0
4	0	1	δ	$\bar{\delta}$
5	δ	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$	δ

Inversores

Séries de Fourier:

$$\text{Onda quadrada: } v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4A}{n\pi} \sin n\omega t \quad THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$



Folha de Respostas		Nome: _____																
SEL0401 P1	Eletrônica de Potência 11/05/2022	Número USP: <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td colspan="3"></td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">Y</td><td colspan="3"></td></tr></table>												X	Y			
			X	Y														

As respostas devem ser assinaladas exclusivamente nesta página: respostas assinaladas em outras páginas serão desconsideradas.

Question 1: A B

Question 2: A B C D E F

Question 3: A B C D E F

Question 4:

W C

Question 5: A B C D E

Question 6: A B

Question 7:

W C

Question 8: A B

Question 9: A B

Question 10:

W C

Question 11:

W C

Question 12: A B

Question 13:

W C



+2/5/51+

Question 14: A B C D E F



Prova 1
11 de maio de 2022

Nome:

Número USP:

						X	Y	Z

ATENÇÃO: O valor das questões está indicado entre parênteses. A interpretação das questões faz parte da sua avaliação. As respostas devem ser assinaladas na última folhas (folhas de respostas), qualquer resposta fora da última folha não será considerada. As questões de verdadeiro e falso assinaladas incorretamente possuem valor negativo igual à metade do que está indicado entre parênteses.

QUESTÃO 1. (0,5) Uma fonte CA com somente harmônicos ímpares alimenta uma determinada carga. A corrente medida nessa carga apresenta harmônicos múltiplos de dois; dessa forma, pode-se concluir que:

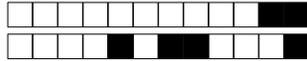
- A A carga não está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte.
- B Nenhuma das demais alternativas está correta.
- C A carga elimina o primeiro e o segundo harmônico da tensão, causando sobreposição no segundo, quarto, etc.
- D A carga é um filtro ressonante e está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte, anulando essa componente e seus múltiplos.
- E Essa condição é impossível.
- F *N. d. a.*

QUESTÃO 2 (0,5/-0,25) Desde que se saiba o valor eficaz (RMS) de uma fonte de tensão em corrente alternada, qualquer que seja sua forma de onda, o valor eficaz (RMS) da corrente é dado pela tensão eficaz dividida pela impedância (Z).

- A F
- B V

QUESTÃO 3. (1,0) Uma indústria possui fator de potência medido em seu ponto de entrada de 0,7. No entanto, o engenheiro que realizou a medição da fase da corrente afirmou que esta está 10° atrasada em relação à tensão. Com base somente nesses fatos, considere as afirmações: (a) a medição realizada está incorreta, pois 10° corresponde a um fator de potência de 0,98; (b) um fator de potência de 0,7 corresponde a uma defasagem de corrente de 45° ; (c) com a utilização de um banco de capacitores na entrada, o fator de potência será maior do que 0,7; (d) necessariamente a corrente possui componentes harmônicos; (e) a carga da indústria apresenta elementos não-lineares. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação (b) está parcialmente correta, pois só esqueceu de mencionar se a corrente está atrasada ou adiantada em relação à tensão.
- B A afirmação (a) está correta, pois foi realizada uma medição errônea na defasagem da corrente devido à presença de componentes harmônicos na corrente.
- C Não se pode afirmar (e) com base apenas na medição de fase.
- D A afirmação (b) está parcialmente correta, a (d) está totalmente correta e (b) é possível.
- E A afirmação (d) está parcialmente correta e a (b) está totalmente correta.
- F *N. d. a.*



QUESTÃO 4 (0,5/-0,25) Para transferir energia de uma fonte de tensão mais baixa para uma fonte de tensão mais alta, foi empregado um *chopper* de 2 quadrantes, mas poderia ser empregado um *chopper* de segundo quadrante.

- A F B V

QUESTÃO 5 (1,0) Um *chopper* de 4 quadrantes alimenta uma carga RV no modo de operação no. 5, (vide formulário). Se a tensão de entrada é 200V, a tensão da carga é de 100V, e a resistência é de $(10 + Y)\Omega$, calcule o fator de trabalho para uma corrente média que seja igual à metade da corrente máxima.

QUESTÃO 6 (1,0) Um conversor tipo *Buck* possui uma tensão de entrada de $(25 + X)V$ e é utilizado para alimentar um circuito de 5V que consome $(3 + 0,1 \cdot Y)A$. O indutor possui uma resistência desprezível, juntamente com as chaves, e a ondulação de corrente nesse indutor é de $(1 + 0,1 \cdot Z)A$. Calcule o valor do capacitor que deve ser utilizado para uma ondulação de tensão de 50mV. A frequência de operação é de 50kHz.

QUESTÃO 7 (1,0) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RLV com $R = (10 + X)\Omega$, $L = (10 + Y)mH$ e $V_C = 50V$. Considerando uma fonte de tensão de 200V, calcule a potência média na resistência R quando o *chopper* opera com um fator de trabalho no limiar entre condução contínua e descontínua, com uma frequência de PWM de 5kHz.

QUESTÃO 8 (0,5/-0,25) Se um *chopper* de 2 quadrantes operar sempre com a corrente média maior que zero, então pode-se substituí-lo por um de apenas um quadrante, sendo que não haverá nenhuma diferença de operação.

- A F B V

QUESTÃO 9 (0,5) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RL-FEM, com de $R = 5\Omega$, L é grande o suficiente para que a corrente na carga seja considerada constante e $V_C = 90V$. A tensão da fonte CC é $V = 180V$. Considerando um fator de trabalho de 0,5, qual dos valores abaixo mais se aproxima da potência média na fonte V_C ?

- A 0W B 250W C 100W D 600W E 400W

QUESTÃO 10 (0,5/-0,25) Um *chopper* de 4 quadrantes quando conectado a um motor CC pode realizar motorização e geração em quaisquer sentidos de rotação.

- A F B V

QUESTÃO 11 (0,5/-0,25) Um *chopper* de dois quadrantes pode ter corrente média maior que zero, menor que zero e zero. Dessa forma, ao ser utilizado alimentar um motor CC, pode fazer o mesmo girar nos dois sentidos de rotação.

- A V B F

QUESTÃO 12 (1,0) Um conversor tipo *boost* é utilizado para alimentar um circuito de 5V a partir de uma bateria de 3,1V. O indutor possui uma resistência de $(300 + 55 \cdot Y)m\Omega$ e é a única resistência não desprezível do circuito. Calcule a potência entregue à fonte de 5V no ponto de operação onde a fonte de 3,1V gera $(4 + 0,1 \cdot Z)W$. Considere o indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente no mesmo sejam consideradas desprezíveis.

QUESTÃO 13 (1,0) Um inversor monofásico em ponte completa é alimentado por uma tensão CC de 380V operando com onda quadrada de tensão na saída. Uma carga RLC com $R = (10 + X)\Omega$, $X_{C1} = (10 + Y)\Omega$ e $X_{L1} = (20 + Z)\Omega$ (considerando a frequência de operação do inversor de 60Hz) é conectada em sua saída. Calcule a potência média na carga.



QUESTÃO 14. (0,5) Para se transferir energia de uma fonte CC para a rede monofásica de 60Hz, foi utilizado um inversor monofásico em ponte completa, conectado à rede por meio de um indutor. Considerando a rede como uma fonte senoidal ideal, analise as afirmações: (1) a tensão da fonte CC deve ser maior que a tensão de pico da rede; (2) a frequência de operação do inversor deve ser igual à da rede; (3) os harmônicos de tensão da saída do inversor não transferem energia à rede; (4) os indutores servem somente para atenuar os harmônicos de corrente; (5) a potência entregue à rede pode ser controlada pelo ângulo de fase de operação do inversor. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação 4 está incorreta.
 B Somente as afirmações 1, 2 e 3 estão corretas.
 C A afirmação 2 não é necessária.
 D A afirmação 5 está incorreta.
 E A afirmação 3 depende da afirmação 1.
 F *N. d. a.*

Formulário

Choppers

Chopper de um quadrante:

$$t_x = \tau \ln \left(1 + \frac{V - V_C}{V_C} (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) \right) + t_{ON} \quad t_{ON}^x = \tau \ln (m(e^{T/\tau} - 1) + 1) \quad (7)$$

Correntes máximas e mínimas (1° e 2°):

$$I_{MAX} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{-t_{ON}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad I_{MIN} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{t_{ON}/\tau}}{1 - e^{T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad (8)$$

Corrente média na fonte V :

$$I = \frac{\tau}{T} \left(I_{MIN} - \frac{V - V_C}{R} \right) (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) + \frac{t_{ON}}{T} \frac{V - V_C}{R} \quad (9)$$

Série de Fourier, condução descontínua:

$$V_o = \delta V + \left(1 - \frac{t_x}{T} \right) V_C \quad a_n = \frac{V}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_{on}) - \frac{V_C}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_x) \quad b_n = \frac{V}{n\pi} \sin n\omega t_{on} - \frac{V_C}{n\pi} \sin n\omega t_x$$

Condução contínua: $c_n = \frac{\sqrt{2}V}{n\pi} \sqrt{1 - \cos n\omega t_{on}}$

Modo de operação do chopper de 4 quadrantes

Modo	Q1	Q2	Q3	Q4
1	δ	$\bar{\delta}$	0	1
2	1	0	$\bar{\delta}$	δ
3	$\bar{\delta}$	δ	1	0
4	0	1	δ	$\bar{\delta}$
5	δ	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$	δ

Inversores

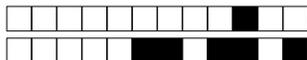
Séries de Fourier:

$$\text{Onda quadrada: } v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4A}{n\pi} \sin n\omega t \quad THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$



+3/5/46+

Question 14: A B C D E F



Prova 1
11 de maio de 2022

Nome:

Número USP:

						X	Y	Z

ATENÇÃO: O valor das questões está indicado entre parênteses. A interpretação das questões faz parte da sua avaliação. As respostas devem ser assinaladas na última folhas (folhas de respostas), qualquer resposta fora da última folha não será considerada. As questões de verdadeiro e falso assinaladas incorretamente possuem valor negativo igual à metade do que está indicado entre parênteses.

QUESTÃO 1 (0,5/-0,25) Desde que se saiba o valor eficaz (RMS) de uma fonte de tensão em corrente alternada, qualquer que seja sua forma de onda, o valor eficaz (RMS) da corrente é dado pela tensão eficaz dividida pela impedância (Z).

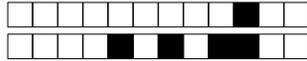
- A F B V

QUESTÃO 2. (0,5) Uma fonte CA com somente harmônicos ímpares alimenta uma determinada carga. A corrente medida nessa carga apresenta harmônicos múltiplos de dois; dessa forma, pode-se concluir que:

- A Essa condição é impossível.
 B A carga é um filtro ressonante e está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte, anulando essa componente e seus múltiplos.
 C Nenhuma das demais alternativas está correta.
 D A carga elimina o primeiro e o segundo harmônico da tensão, causando sobreposição no segundo, quarto, etc.
 E A carga não está em ressonância com a fundamental da tensão da fonte.
 F *N. d. a.*

QUESTÃO 3. (1,0) Uma indústria possui fator de potência medido em seu ponto de entrada de 0,7. No entanto, o engenheiro que realizou a medição da fase da corrente afirmou que esta está 10° atrasada em relação à tensão. Com base somente nesses fatos, considere as afirmações: (a) a medição realizada está incorreta, pois 10° corresponde a um fator de potência de 0,98; (b) um fator de potência de 0,7 corresponde a uma defasagem de corrente de 45° ; (c) com a utilização de um banco de capacitores na entrada, o fator de potência será maior do que 0,7; (d) necessariamente a corrente possui componentes harmônicos; (e) a carga da indústria apresenta elementos não-lineares. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação (b) está parcialmente correta, a (d) está totalmente correta e (b) é possível.
 B Não se pode afirmar (e) com base apenas na medição de fase.
 C A afirmação (a) está correta, pois foi realizada uma medição errônea na defasagem da corrente devido à presença de componentes harmônicos na corrente.
 D A afirmação (b) está parcialmente correta, pois só esqueceu de mencionar se a corrente está atrasada ou adiantada em relação à tensão.
 E A afirmação (d) está parcialmente correta e a (b) está totalmente correta.
 F *N. d. a.*



QUESTÃO 4 (0,5/-0,25) Se um *chopper* de 2 quadrantes operar sempre com a corrente média maior que zero, então pode-se substituí-lo por um de apenas um quadrante, sendo que não haverá nenhuma diferença de operação.

- A V B F

QUESTÃO 5 (1,0) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RLV com $R = (10 + X)\Omega$, $L = (10 + Y)mH$ e $V_C = 50V$. Considerando uma fonte de tensão de 200V, calcule a potência média na resistência R quando o *chopper* opera com um fator de trabalho no limiar entre condução contínua e descontínua, com uma frequência de PWM de 5kHz.

QUESTÃO 6 (1,0) Um conversor tipo *boost* é utilizado para alimentar um circuito de 5V a partir de uma bateria de 3,1V. O indutor possui uma resistência de $(300 + 55 \cdot Y)m\Omega$ e é a única resistência não desprezível do circuito. Calcule a potência entregue à fonte de 5V no ponto de operação onde a fonte de 3,1V gera $(4 + 0,1 \cdot Z)W$. Considere o indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente no mesmo sejam consideradas desprezíveis.

QUESTÃO 7 (0,5/-0,25) Um *chopper* de dois quadrantes pode ter corrente média maior que zero, menor que zero e zero. Dessa forma, ao ser utilizado alimentar um motor CC, pode fazer o mesmo girar nos dois sentidos de rotação.

- A F B V

QUESTÃO 8 (0,5/-0,25) Para transferir energia de uma fonte de tensão mais baixa para uma fonte de tensão mais alta, foi empregado um *chopper* de 2 quadrantes, mas poderia ser empregado um *chopper* de segundo quadrante.

- A F B V

QUESTÃO 9 (0,5/-0,25) Um *chopper* de 4 quadrantes quando conectado a um motor CC pode realizar motorização e geração em quaisquer sentidos de rotação.

- A F B V

QUESTÃO 10 (1,0) Um conversor tipo *Buck* possui uma tensão de entrada de $(25 + X)V$ e é utilizado para alimentar um circuito de 5V que consome $(3 + 0,1 \cdot Y)A$. O indutor possui uma resistência desprezível, juntamente com as chaves, e a ondulação de corrente nesse indutor é de $(1 + 0,1 \cdot Z)A$. Calcule o valor do capacitor que deve ser utilizado para uma ondulação de tensão de 50mV. A frequência de operação é de 50kHz.

QUESTÃO 11 (1,0) Um *chopper* de 4 quadrantes alimenta uma carga RV no modo de operação no. 5, (vide formulário). Se a tensão de entrada é 200V, a tensão da carga é de 100V, e a resistência é de $(10 + Y)\Omega$, calcule o fator de trabalho para uma corrente média que seja igual à metade da corrente máxima.

QUESTÃO 12 (0,5) Um *chopper* de 2 quadrantes alimenta uma carga RL-FEM, com $R = 5\Omega$, L é grande o suficiente para que a corrente na carga seja considerada constante e $V_C = 90V$. A tensão da fonte CC é $V = 180V$. Considerando um fator de trabalho de 0,5, qual dos valores abaixo mais se aproxima da potência média na fonte V_C ?

- A 250W B 0W C 600W D 100W E 400W

QUESTÃO 13 (1,0) Um inversor monofásico em ponte completa é alimentado por uma tensão CC de 380V operando com onda quadrada de tensão na saída. Uma carga RLC com $R = (10 + X)\Omega$, $X_{C1} = (10 + Y)\Omega$ e $X_{L1} = (20 + Z)\Omega$ (considerando a frequência de operação do inversor de 60Hz) é conectada em sua saída. Calcule a potência média na carga.



QUESTÃO 14. (0,5) Para se transferir energia de uma fonte CC para a rede monofásica de 60Hz, foi utilizado um inversor monofásico em ponte completa, conectado à rede por meio de um indutor. Considerando a rede como uma fonte senoidal ideal, analise as afirmações: (1) a tensão da fonte CC deve ser maior que a tensão de pico da rede; (2) a frequência de operação do inversor deve ser igual à da rede; (3) os harmônicos de tensão da saída do inversor não transferem energia à rede; (4) os indutores servem somente para atenuar os harmônicos de corrente; (5) a potência entregue à rede pode ser controlada pelo ângulo de fase de operação do inversor. Assinale a alternativa correta:

- A A afirmação 5 está incorreta.
 B A afirmação 3 depende da afirmação 1.
 C A afirmação 4 está incorreta.
 D A afirmação 2 não é necessária.
 E Somente as afirmações 1, 2 e 3 estão corretas.
 F *N. d. a.*

Formulário

Choppers

Chopper de um quadrante:

$$t_x = \tau \ln \left(1 + \frac{V - V_C}{V_C} (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) \right) + t_{ON} \quad t_{ON}^x = \tau \ln (m(e^{T/\tau} - 1) + 1) \quad (10)$$

Correntes máximas e mínimas (1° e 2°):

$$I_{MAX} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{-t_{ON}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad I_{MIN} = \frac{V}{R} \frac{1 - e^{t_{ON}/\tau}}{1 - e^{T/\tau}} - \frac{V_C}{R} \quad (11)$$

Corrente média na fonte V :

$$I = \frac{\tau}{T} \left(I_{MIN} - \frac{V - V_C}{R} \right) (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) + \frac{t_{ON}}{T} \frac{V - V_C}{R} \quad (12)$$

Série de Fourier, condução descontínua:

$$V_o = \delta V + \left(1 - \frac{t_x}{T} \right) V_C \quad a_n = \frac{V}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_{on}) - \frac{V_C}{n\pi} (1 - \cos n\omega t_x) \quad b_n = \frac{V}{n\pi} \sin n\omega t_{on} - \frac{V_C}{n\pi} \sin n\omega t_x$$

Condução contínua: $c_n = \frac{\sqrt{2}V}{n\pi} \sqrt{1 - \cos n\omega t_{on}}$

Modo de operação do chopper de 4 quadrantes

Modo	Q1	Q2	Q3	Q4
1	δ	$\bar{\delta}$	0	1
2	1	0	$\bar{\delta}$	δ
3	$\bar{\delta}$	δ	1	0
4	0	1	δ	$\bar{\delta}$
5	δ	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$	δ

Inversores

Séries de Fourier:

$$\text{Onda quadrada: } v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4A}{n\pi} \sin n\omega t \quad THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$



+4/5/41+

Question 14: A B C D E F