



Prova 1
29 de abril de 2019

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.

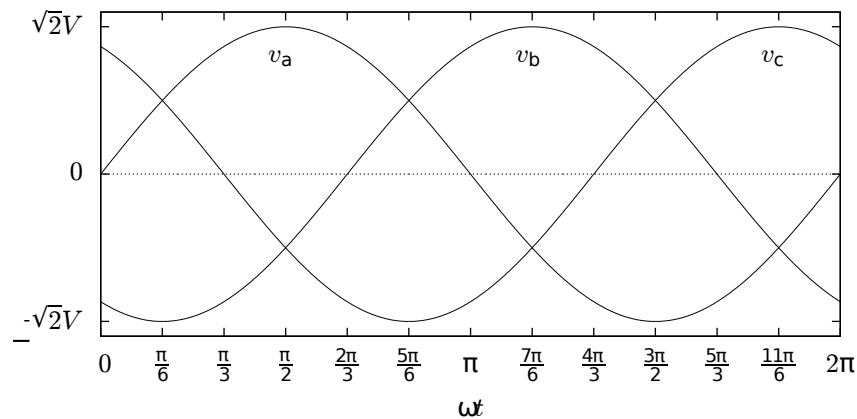


Figura 1: Tensões de uma rede trifásica. Referência em “seno”.

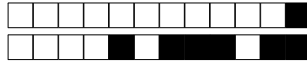
QUESTÃO 1 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo a tensão da fonte $V = 220V$, $R = 10\Omega$, $\phi = 30^\circ$ e $f = 60Hz$, com ângulo de disparo $\alpha = (30 + 10Y)^\circ$, calcule o fator de potência visto pela fonte.

QUESTÃO 2 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo $V = 220V$, $R = (10 + 2 \cdot X)\Omega$, $\phi = 45^\circ$ e $f = 60Hz$, calcule o ângulo de disparo α para que a potência média na carga seja metade da potência média máxima (potência média com $\alpha \leq \phi$, com pulso largo).

QUESTÃO 3 (0,5) Em um retificador monofásico de dois caminhos totalmente controlado com carga RL-FEM, a fonte de tensão V_C sempre absorve energia da fonte senoidal, para valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

☐ A *** F☐ B V

QUESTÃO 4 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica de 440V de linha, e é utilizado no processo de carga de um banco de 9 baterias em série. Devido ao seu estado de carga cada bateria apresenta efetivamente 11V e uma resistência interna de $(1 + Z/6)\Omega$, por bateria. Considerando que foi utilizado um indutor de valor suficiente para que as ondulações na corrente sejam desprezíveis, calcule o ângulo de disparo dos SCRs para se manter 10A nas baterias.



QUESTÃO 5. (1,0) Dois retificadores trifásicos de dois caminhos são empregados para condicionar a energia de uma fonte trifásica de 280V, 50HZ para uma rede trifásica de 220V, 60Hz. O ângulo de disparo aplicado à ponte retificadora trifásica do lado da rede é 160° , para que se obtenha modo de condução contínua em ambos os conversores. Foi empregado um indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente fossem desprezíveis, no entanto possuindo uma resistência interna de 2ohm . O ângulo de disparo do conversor do lado da fonte de 50Hz é tal que mantém uma corrente de 20A no barramento CC. Nessas condições, assinale o valor do fator de potência que mais se aproxima do valor visto pela fonte de 50Hz:

- ☐ A 0,9 ☐ B *** 0,8 ☐ C 0,1 ☐ D 0,3 ☐ E N. d. a.

QUESTÃO 6 (0,5) Se a carga não tiver indutância, a fonte CC nunca gera mais energia para a fonte senoidal do que consome.

- ☐ A *** V ☐ B F

QUESTÃO 7 (0,5) O ângulo de condução γ depende do valor de V_C . Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A F ☐ B *** V

QUESTÃO 8 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica conforme a Fig. 1. Desenhe a forma de onda de tensão de saída para um ângulo de disparo de 60° na própria figura.

QUESTÃO 9 (0,5) O SCR perde o disparo se o pulso em sua porta for aplicado em um ângulo menor que zero (referenciado pela rede monofásica). Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A *** F ☐ B V

QUESTÃO 10 (1,0) Uma carga trifásica RL (com $R = 10\Omega$ e $\phi = 45^\circ$) é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**, conectado a uma rede de 220V. Assinale o valor que mais se aproxima da potência média dissipada por tiristor para um ângulo de disparo de 90° . Considere a queda de tensão em cada tiristor de 2V.

- ☐ A 10W
☐ B 20W
☐ C *** 7,5W
☐ D 2W
☐ E 3,5W

QUESTÃO 11 (0,5) Uma carga trifásica de 60kW e $\cos \phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **estrela**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para 30kW de potência média na carga.

- ☐ A 110° ☐ B 180° ☐ C 60° ☐ D *** 75°

QUESTÃO 12 (0,5) Uma carga trifásica de 30kW em 440V, puramente resistiva, é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do fator de potência visto pela fonte para um ângulo de disparo de 120° .

- ☐ A 0,7 ☐ B 0,3 ☐ C *** 0,5 ☐ D 0,1

QUESTÃO 13 (1,0) Uma carga trifásica de 45kW e $\cos \phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para uma potência de 15kW na carga.

- ☐ A *** 98° ☐ B 70° ☐ C 120° ☐ D 180° ☐ E 50°

**Formulário**

Tensão média na saída do retificador bifásico de um caminho: $V_O = 0,9 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador trifásico de um caminho: $V_O = 1,17 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador hexafásico de um caminho: $V_O = 1,35 V \cos \alpha$

Para as tabelas: $I_{BASE} = \frac{\sqrt{2}V}{|Z|}$

Tabela 1: Ângulo de corte (β) como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ					α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°		15°	30°	45°	60°	75°
0	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	90	194.9	208.6	220.9	233.2	247.9
2	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	92	194.9	208.5	220.6	232.6	246.9
4	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	94	194.9	208.4	220.2	232.0	245.8
6	195.0	210.1	225.8	244.2	270.7	96	194.9	208.2	219.9	231.4	244.7
8	195.0	210.0	225.8	244.2	270.6	98	194.9	208.1	219.5	230.7	243.6
10	195.0	210.0	225.8	244.2	270.5	100	194.9	207.9	219.1	230.0	242.5
12	195.0	210.0	225.8	244.1	270.4	102	194.9	207.8	218.7	229.3	241.3
14	195.0	210.0	225.7	244.1	270.3	104	194.8	207.6	218.3	228.6	240.1
16	195.0	210.0	225.7	244.0	270.1	106	194.8	207.4	217.9	227.8	238.9
18	195.0	210.0	225.7	243.9	270.0	108	194.8	207.2	217.4	227.1	237.7
20	195.0	210.0	225.7	243.9	269.8	110	194.8	207.0	216.9	226.3	236.5
22	195.0	210.0	225.6	243.8	269.5	112	194.7	206.8	216.5	225.5	235.2
24	195.0	210.0	225.6	243.7	269.3	114	194.7	206.5	215.9	224.6	234.0
26	195.0	210.0	225.6	243.6	269.0	116	194.7	206.3	215.4	223.7	232.7
28	195.0	210.0	225.5	243.5	268.7	118	194.6	206.0	214.8	222.9	231.3
30	195.0	210.0	225.5	243.3	268.4	120	194.6	205.7	214.3	221.9	230.0
32	195.0	210.0	225.4	243.2	268.1	122	194.5	205.4	213.7	221.0	228.6
34	195.0	210.0	225.4	243.1	267.7	124	194.5	205.1	213.0	220.0	227.2
36	195.0	210.0	225.3	242.9	267.3	126	194.4	204.7	212.4	219.0	225.8
38	195.0	210.0	225.3	242.7	266.9	128	194.3	204.4	211.7	218.0	224.4
40	195.0	209.9	225.2	242.6	266.5	130	194.2	204.0	211.0	217.0	223.0
42	195.0	209.9	225.1	242.4	266.0	132	194.1	203.5	210.2	215.9	221.5
44	195.0	209.9	225.0	242.1	265.5	134	194.0	203.1	209.5	214.8	220.0
46	195.0	209.9	225.0	241.9	265.0	136	193.9	202.6	208.7	213.7	218.5
48	195.0	209.9	224.9	241.7	264.5	138	193.7	202.1	207.8	212.5	217.0
50	195.0	209.8	224.8	241.4	263.9	140	193.6	201.6	207.0	211.3	215.4
52	195.0	209.8	224.7	241.2	263.4	142	193.4	201.1	206.1	210.1	213.9
54	195.0	209.8	224.5	240.9	262.8	144	193.2	200.5	205.1	208.8	212.3
56	195.0	209.8	224.4	240.6	262.1	146	193.0	199.8	204.2	207.6	210.7
58	195.0	209.7	224.3	240.3	261.5	148	192.7	199.2	203.2	206.2	209.0
60	195.0	209.7	224.2	240.0	260.8	150	192.5	198.5	202.1	204.9	207.4
62	195.0	209.7	224.0	239.7	260.1	152	192.1	197.7	201.0	203.5	205.7
64	195.0	209.6	223.9	239.3	259.4	154	191.8	196.9	199.9	202.1	204.0
66	195.0	209.6	223.7	239.0	258.6	156	191.4	196.1	198.7	200.6	202.3
68	195.0	209.5	223.5	238.6	257.9	158	191.0	195.2	197.5	199.1	200.6
70	195.0	209.5	223.3	238.2	257.1	160	190.5	194.2	196.2	197.6	198.8
72	195.0	209.4	223.1	237.8	256.3	162	189.9	193.2	194.9	196.1	197.0
74	195.0	209.3	222.9	237.3	255.4	164	189.3	192.1	193.5	194.4	195.2
76	195.0	209.3	222.7	236.9	254.6	166	188.6	190.9	192.0	192.8	193.4
78	195.0	209.2	222.5	236.4	253.7	168	187.8	189.7	190.5	191.1	191.6
80	195.0	209.1	222.3	235.9	252.8	170	186.9	188.3	189.0	189.4	189.7
82	195.0	209.0	222.0	235.4	251.8	172	185.9	186.9	187.3	187.6	187.8
84	195.0	208.9	221.7	234.9	250.9	174	184.8	185.4	185.6	185.8	185.9
86	195.0	208.8	221.5	234.4	249.9	176	183.4	183.7	183.8	183.9	184.0
88	195.0	208.7	221.2	233.8	248.9	178	181.8	181.9	182.0	182.0	182.0

Tabela 2: Corrente média normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.318	0.324	0.343	0.382	0.457	0.606	1.000
2	0.318	0.324	0.343	0.382	0.456	0.606	0.999
4	0.318	0.324	0.342	0.381	0.456	0.605	0.998
6	0.317	0.323	0.342	0.381	0.455	0.604	0.995
8	0.317	0.322	0.341	0.380	0.454	0.602	0.991
10	0.316	0.321	0.340	0.379	0.452	0.600	0.985
12	0.315	0.320	0.339	0.377	0.450	0.597	0.979
14	0.314	0.319	0.337	0.375	0.448	0.593	0.972
16	0.312	0.318	0.336	0.374	0.443	0.590	0.964
18	0.311	0.316	0.334	0.371	0.443	0.585	0.954
20	0.309	0.314	0.332	0.369	0.439	0.580	0.944
22	0.307	0.312	0.330	0.366	0.436	0.575	0.933
24	0.305	0.310	0.327	0.363	0.432	0.569	0.921
26	0.302	0.307	0.324	0.360	0.428	0.563	0.909
28	0.300	0.305	0.321	0.356	0.423	0.557	0.895
30	0.297	0.302	0.318	0.353	0.418	0.550	0.881
32	0.294	0.299	0.315	0.349	0.413	0.542	0.866
34	0.291	0.296	0.312	0.345	0.408	0.534	0.850
36	0.288	0.292	0.308	0.340	0.403	0.526	0.834
38	0.285	0.289	0.304	0.336	0.397	0.518	0.818
40	0.281	0.285	0.300	0.331	0.391	0.509	0.800
42	0.277	0.282	0.296	0.326	0.384	0.500	0.783
44	0.274	0.278	0.291	0.321	0.378	0.490	0.765
46	0.270	0.274	0.287	0.316	0.371	0.480	0.746
48	0.266	0.269	0.282	0.310	0.364	0.470	0.727
50	0.261	0.265	0.278	0.304	0.357	0.460	0.708
52	0.257	0.261	0.273	0.299	0.349	0.450	0.689
54	0.253	0.256	0.268	0.293	0.342	0.439	0.669
56	0.248	0.251	0.262	0.287	0.334	0.428	0.649
58	0.243	0.246	0.257	0.280	0.326	0.417	0.629
60	0.239	0.242	0.252	0.274	0.318	0.406	0.609
62	0.234	0.237	0.246	0.268	0.310	0.394	0.589
64	0.229	0.231	0.240	0.261	0.302	0.383	0.569
66	0.224	0.226	0.235	0.254	0.294	0.371	0.548
68	0.219	0.221	0.229	0.248	0.285	0.360	0.528
70	0.214	0.216	0.223	0.241	0.277	0.348	0.508
72	0.208	0.210	0.217	0.234	0.268	0.336	0.488
74	0.203	0.205	0.211	0.227	0.260	0.324	0.468
76	0.198	0.199	0.205	0.220	0.251	0.312	0.449
78	0.192	0.193	0.199	0.213	0.242	0.301	0.429
80	0.187	0.188	0.192	0.206	0.234	0.289	0.410
82	0.181	0.182	0.186	0.199	0.225	0.277	0.391
84	0.176	0.176	0.180	0.191	0.216	0.266	0.372
86	0.170	0.171	0.174	0.184	0.208	0.254	0.354
88	0.165	0.165	0.168	0.177	0.199	0.243	0.336

Tabela 3: Corrente eficaz normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.225
2	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.224
4	0.500	0.502	0.518	0.561	0.647	0.820	1.223
6	0.500	0.502	0.518	0.560	0.647	0.819	1.220
8	0.500	0.502	0.517	0.559	0.646	0.817	1.217
10	0.500	0.501	0.517	0.559	0.644	0.815	1.212
12	0.500	0.501	0.516	0.557	0.643	0.812	1.207
14	0.499	0.500	0.515	0.556	0.641	0.809	1.201
16	0.499	0.500	0.514	0.554	0.638	0.805	1.193
18	0.498	0.499	0.513	0.552	0.635	0.801	1.185
20	0.498	0.498	0.511	0.550	0.632	0.796	1.176
22	0.497	0.496	0.509	0.548	0.629	0.791	1.166
24	0.496	0.495	0.507	0.545	0.625	0.786	1.155
26	0.495	0.493	0.505	0.542	0.621	0.779	1.143
28	0.494	0.492	0.503	0.539	0.617	0.773	1.131
30	0.493	0.490	0.500	0.536	0.612	0.765	1.117
32	0.491	0.488	0.497	0.532	0.607	0.758	1.103
34	0.490	0.485	0.494	0.528	0.601	0.750	1.088
36	0.488	0.483	0.491	0.523	0.595	0.741	1.073
38	0.486	0.480	0.487	0.519	0.589	0.732	1.056
40	0.483	0.477	0.483	0.514	0.583	0.722	1.039
42	0.481	0.473	0.479	0.508	0.576	0.713	1.022
44	0.478	0.470	0.474	0.503	0.569	0.702	1.004
46	0.475	0.466	0.470	0.497	0.561	0.691	0.985
48	0.472	0.462	0.465	0.491	0.553	0.680	0.966
50	0.469	0.458	0.460	0.485	0.545	0.669	0.946
52	0.465	0.453	0.454	0.478	0.537	0.657	0.926
54	0.461	0.449	0.449	0.471	0.528	0.645	0.905
56	0.457	0.444	0.443	0.464	0.519	0.632	0.884
58	0.453	0.438	0.436	0.457	0.510	0.619	0.862
60	0.448	0.433	0.430	0.449	0.500	0.606	0.841
62	0.444	0.427	0.423	0.441	0.490	0.593	0.819
64	0.439	0.421	0.417	0.433	0.480	0.579	0.796
66	0.433	0.415	0.409	0.425	0.470	0.565	0.774
68	0.428	0.409	0.402	0.416	0.459	0.551	0.751
70	0.422	0.402	0.395	0.407	0.449	0.537	0.728
72	0.416	0.396	0.387	0.399	0.438	0.522	0.705
74	0.410	0.389	0.379	0.389	0.427	0.507	0.682
76	0.404	0.381	0.371	0.380	0.415	0.493	0.659
78	0.397	0.374	0.363	0.371	0.404	0.478	0.636
80	0.391	0.366	0.354	0.361	0.393	0.463	0.613
82	0.384	0.359	0.346	0.351	0.381	0.447	0.590
84	0.376	0.351	0.337	0.341	0.369	0.432	0.568
86	0.369	0.342	0.328	0.332	0.357	0.417	0.545
88	0.361	0.334	0.319	0.321	0.346	0.402	0.522

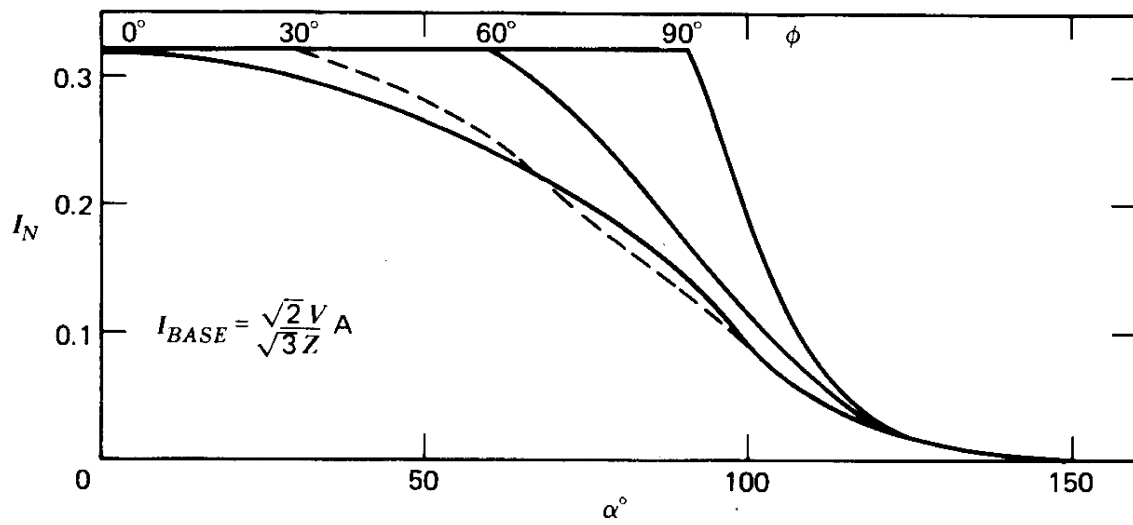


Figura 2: Corrente média normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.

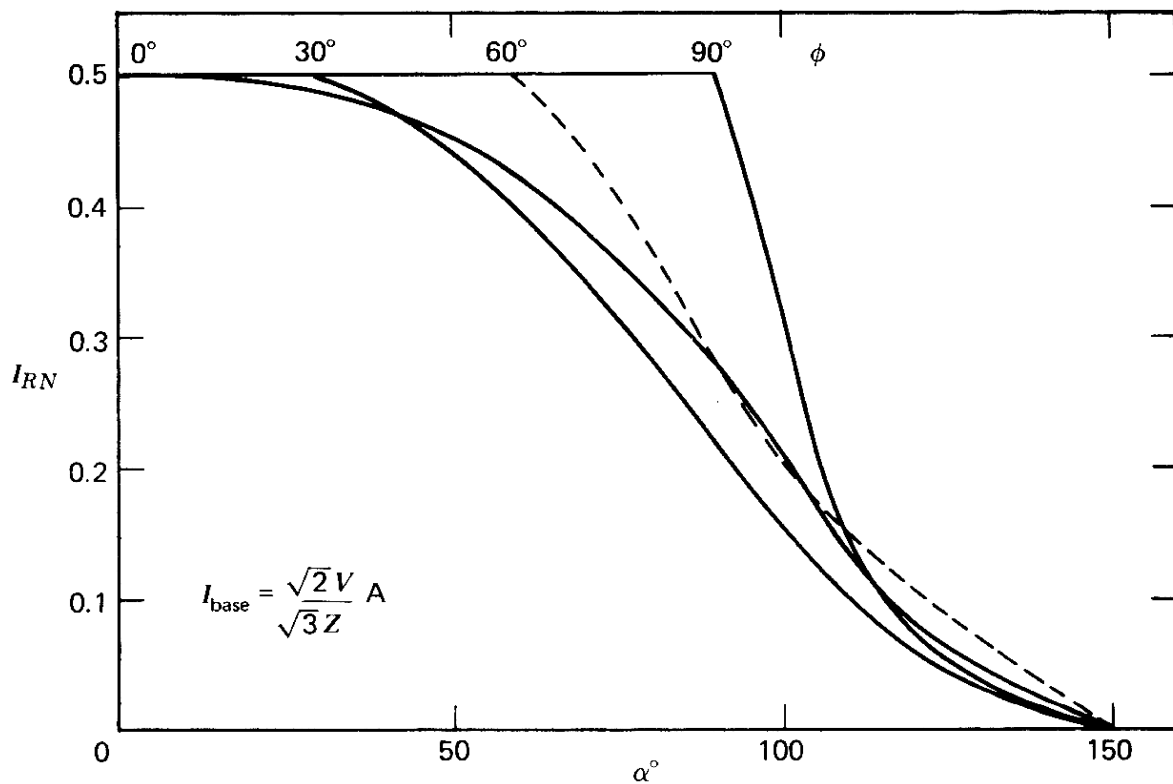
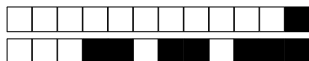


Figura 3: Corrente eficaz normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.



Folha de Respostas		Nome:																								
SEL0401 P1	Eletrônica de Potência 29/04/2019	Número USP: <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> X Y Z																								

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

Question 1:

W	C
---	---

--

Question 2:

W	C
---	---

--

Question 3:

A

B

Question 4:

W	C
---	---

--

Question 5:

A

B

C

D

E

Question 6:

A

B

Question 7:

A

B

Question 8:

Question 9:

A

B

Question 10:

A

B

C

D

E

Question 11:

A

B

C

D

Question 12:

A

B

C

D

Question 13:

A

B

C

D

E



SEL0401

Eletrônica de Potência

Prova 1
29 de abril de 2019

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.

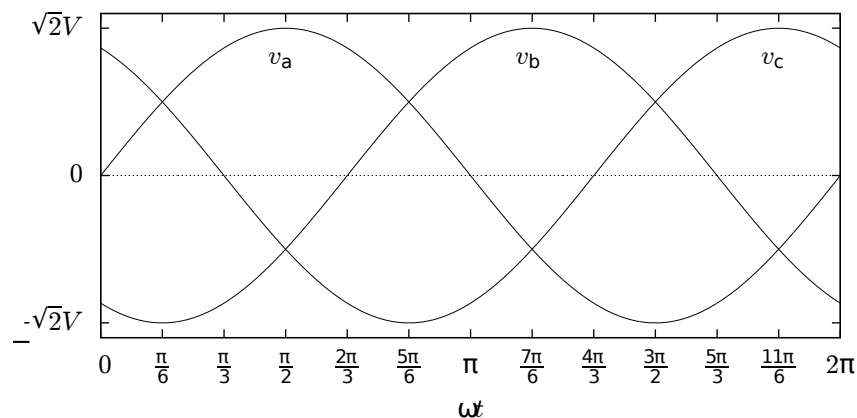


Figura 1: Tensões de uma rede trifásica. Referência em “seno”.

QUESTÃO 1 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo $V = 220\text{V}$, $R = (10 + 2 \cdot X)\Omega$, $\phi = 45^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, calcule o ângulo de disparo α para que a potência média na carga seja metade da potência média máxima (potência média com $\alpha \leq \phi$, com pulso largo).

QUESTÃO 2 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo a tensão da fonte $V = 220\text{V}$, $R = 10\Omega$, $\phi = 30^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, com ângulo de disparo $\alpha = (30 + 10Y)^\circ$, calcule o fator de potência visto pela fonte.

QUESTÃO 3 (0,5) Se a carga não tiver indutância, a fonte CC nunca gera mais energia para a fonte senoidal do que consome.

☐ A F☐ B *** V

QUESTÃO 4 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica conforme a Fig. 1. Desenhe a forma de onda de tensão de saída para um ângulo de disparo de 60° na própria figura.

QUESTÃO 5 (0,5) O SCR perde o disparo se o pulso em sua porta for aplicado em um ângulo menor que zero (referenciado pela rede monofásica). Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

☐ A *** F☐ B V



QUESTÃO 6 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica de 440V de linha, e é utilizado no processo de carga de um banco de 9 baterias em série. Devido ao seu estado de carga cada bateria apresenta efetivamente 11V e uma resistência interna de $(1 + Z/6)\Omega$, por bateria. Considerando que foi utilizado um indutor de valor suficiente para que as ondulações na corrente sejam desprezíveis, calcule o ângulo de disparo dos SCRs para se manter 10A nas baterias.

QUESTÃO 7. (1,0) Dois retificadores trifásicos de dois caminhos são empregados para condicionar a energia de uma fonte trifásica de 280V, 50HZ para uma rede trifásica de 220V, 60Hz. O ângulo de disparo aplicado à ponte retificadora trifásica do lado da rede é 160° , para que se obtenha modo de condução contínua em ambos os conversores. Foi empregado um indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente fossem desprezíveis, no entanto possuindo uma resistência interna de $2ohm$. O ângulo de disparo do conversor do lado da fonte de 50Hz é tal que mantém uma corrente de 20A no barramento CC. Nessas condições, assinale o valor do fator de potência que mais se aproxima do valor visto pela fonte de 50Hz:

- ☐ A *** 0,8 ☐ B 0,3 ☐ C 0,1 ☐ D 0,9 ☐ E *N. d. a.*

QUESTÃO 8 (0,5) Em um retificador monofásico de dois caminhos totalmente controlado com carga RL-FEM, a fonte de tensão V_C sempre absorve energia da fonte senoidal, para valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A *** F ☐ B V

QUESTÃO 9 (0,5) O ângulo de condução γ depende do valor de V_C . Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A *** V ☐ B F

QUESTÃO 10 (0,5) Uma carga trifásica de 30kW em 440V, puramente resistiva, é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do fator de potência visto pela fonte para um ângulo de disparo de 120° .

- ☐ A 0,7 ☐ B *** 0,5 ☐ C 0,1 ☐ D 0,3

QUESTÃO 11 (1,0) Uma carga trifásica RL (com $R = 10\Omega$ e $\phi = 45^\circ$) é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**, conectado a uma rede de 220V. Assinale o valor que mais se aproxima da potência média dissipada por tiristor para um ângulo de disparo de 90° . Considere a queda de tensão em cada tiristor de 2V.

- ☐ A 20W
☐ B 10W
☐ C *** 7,5W
☐ D 3,5W
☐ E 2W

QUESTÃO 12 (0,5) Uma carga trifásica de 60kW e $\cos \phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **estrela**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para 30kW de potência média na carga.

- ☐ A 180° ☐ B 60° ☐ C *** 75° ☐ D 110°

QUESTÃO 13 (1,0) Uma carga trifásica de 45kW e $\cos \phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para uma potência de 15kW na carga.

- ☐ A 70° ☐ B 50° ☐ C *** 98° ☐ D 120° ☐ E 180°



Tensão média na saída do retificador bifásico de um caminho: $V_O = 0,9 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador trifásico de um caminho: $V_O = 1,17 V \cos \alpha$

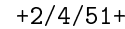
Tensão média na saída do retificador hexafásico de um caminho: $V_O = 1,35 V \cos \alpha$

Para as tabelas: $I_{BASE} = \frac{\sqrt{2}V}{|Z|}$

Tabela 4: Ângulo de corte (β) como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°
0	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
2	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
4	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
6	195.0	210.1	225.8	244.2	270.7
8	195.0	210.0	225.8	244.2	270.6
10	195.0	210.0	225.8	244.2	270.5
12	195.0	210.0	225.8	244.1	270.4
14	195.0	210.0	225.7	244.1	270.3
16	195.0	210.0	225.7	244.0	270.1
18	195.0	210.0	225.7	243.9	270.0
20	195.0	210.0	225.7	243.9	269.8
22	195.0	210.0	225.6	243.8	269.5
24	195.0	210.0	225.6	243.7	269.3
26	195.0	210.0	225.6	243.6	269.0
28	195.0	210.0	225.5	243.5	268.7
30	195.0	210.0	225.5	243.3	268.4
32	195.0	210.0	225.4	243.2	268.1
34	195.0	210.0	225.4	243.1	267.7
36	195.0	210.0	225.3	242.9	267.3
38	195.0	210.0	225.3	242.7	266.9
40	195.0	209.9	225.2	242.6	266.5
42	195.0	209.9	225.1	242.4	266.0
44	195.0	209.9	225.0	242.1	265.5
46	195.0	209.9	225.0	241.9	265.0
48	195.0	209.9	224.9	241.7	264.5
50	195.0	209.8	224.8	241.4	263.9
52	195.0	209.8	224.7	241.2	263.4
54	195.0	209.8	224.5	240.9	262.8
56	195.0	209.8	224.4	240.6	262.1
58	195.0	209.7	224.3	240.3	261.5
60	195.0	209.7	224.2	240.0	260.8
62	195.0	209.7	224.0	239.7	260.1
64	195.0	209.6	223.9	239.3	259.4
66	195.0	209.6	223.7	239.0	258.6
68	195.0	209.5	223.5	238.6	257.9
70	195.0	209.5	223.3	238.2	257.1
72	195.0	209.4	223.1	237.8	256.3
74	195.0	209.3	222.9	237.3	255.4
76	195.0	209.3	222.7	236.9	254.6
78	195.0	209.2	222.5	236.4	253.7
80	195.0	209.1	222.3	235.9	252.8
82	195.0	209.0	222.0	235.4	251.8
84	195.0	208.9	221.7	234.9	250.9
86	195.0	208.8	221.5	234.4	249.9
88	195.0	208.7	221.2	233.8	248.9

α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°
90	194.9	208.6	220.9	233.2	247.9
92	194.9	208.5	220.6	232.6	246.9
94	194.9	208.4	220.2	232.0	245.8
96	194.9	208.2	219.9	231.4	244.7
98	194.9	208.1	219.5	230.7	243.6
100	194.9	207.9	219.1	230.0	242.5
102	194.9	207.8	218.7	229.3	241.3
104	194.8	207.6	218.3	228.6	240.1
106	194.8	207.4	217.9	227.8	238.9
108	194.8	207.2	217.4	227.1	237.7
110	194.8	207.0	216.9	226.3	236.5
112	194.7	206.8	216.5	225.5	235.2
114	194.7	206.5	215.9	224.6	234.0
116	194.7	206.3	215.4	223.7	232.7
118	194.6	206.0	214.8	222.9	231.3
120	194.6	205.7	214.3	221.9	230.0
122	194.5	205.4	213.7	221.0	228.6
124	194.5	205.1	213.0	220.0	227.2
126	194.4	204.7	212.4	219.0	225.8
128	194.3	204.4	211.7	218.0	224.4
130	194.2	204.0	211.0	217.0	223.0
132	194.1	203.5	210.2	215.9	221.5
134	194.0	203.1	209.5	214.8	220.0
136	193.9	202.6	208.7	213.7	218.5
138	193.7	202.1	207.8	212.5	217.0
140	193.6	201.6	207.0	211.3	215.4
142	193.4	201.1	206.1	210.1	213.9
144	193.2	200.5	205.1	208.8	212.3
146	193.0	199.8	204.2	207.6	210.7
148	192.7	199.2	203.2	206.2	209.0
150	192.5	198.5	202.1	204.9	207.4
152	192.1	197.7	201.0	203.5	205.7
154	191.8	196.9	199.9	202.1	204.0
156	191.4	196.1	198.7	200.6	202.3
158	191.0	195.2	197.5	199.1	200.6
160	190.5	194.2	196.2	197.6	198.8
162	189.9	193.2	194.9	196.1	197.0
164	189.3	192.1	193.5	194.4	195.2
166	188.6	190.9	192.0	192.8	193.4
168	187.8	189.7	190.5	191.1	191.6
170	186.9	188.3	189.0	189.4	189.7
172	185.9	186.9	187.3	187.6	187.8
174	184.8	185.4	185.6	185.8	185.9
176	183.4	183.7	183.8	183.9	184.0
178	181.8	181.9	182.0	182.0	182.0



α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.318	0.324	0.343	0.382	0.457	0.606	1.000	90	0.159	0.159	0.161	0.170	0.191	0.231	0.318
2	0.318	0.324	0.343	0.382	0.456	0.606	0.999	92	0.154	0.153	0.155	0.163	0.182	0.220	0.301
4	0.318	0.324	0.342	0.381	0.456	0.605	0.998	94	0.148	0.148	0.149	0.156	0.174	0.209	0.284
6	0.317	0.323	0.342	0.381	0.455	0.604	0.995	96	0.143	0.142	0.143	0.149	0.165	0.199	0.268
8	0.317	0.322	0.341	0.380	0.454	0.602	0.991	98	0.137	0.136	0.137	0.142	0.157	0.188	0.252
10	0.316	0.321	0.340	0.379	0.452	0.600	0.985	100	0.132	0.131	0.130	0.136	0.149	0.178	0.236
12	0.315	0.320	0.339	0.377	0.450	0.597	0.979	102	0.126	0.125	0.124	0.129	0.141	0.167	0.221
14	0.314	0.319	0.337	0.375	0.448	0.593	0.972	104	0.121	0.119	0.118	0.122	0.134	0.157	0.207
16	0.312	0.318	0.336	0.374	0.445	0.590	0.964	106	0.115	0.114	0.112	0.116	0.126	0.148	0.193
18	0.311	0.316	0.334	0.371	0.443	0.585	0.954	108	0.110	0.108	0.107	0.109	0.118	0.138	0.179
20	0.309	0.314	0.332	0.369	0.439	0.580	0.944	110	0.105	0.103	0.101	0.103	0.111	0.129	0.166
22	0.307	0.312	0.330	0.366	0.436	0.575	0.933	112	0.100	0.098	0.095	0.097	0.104	0.120	0.154
24	0.305	0.310	0.327	0.363	0.432	0.569	0.921	114	0.094	0.092	0.090	0.091	0.097	0.112	0.142
26	0.302	0.307	0.324	0.360	0.428	0.563	0.909	116	0.089	0.087	0.084	0.085	0.090	0.103	0.130
28	0.300	0.305	0.321	0.356	0.423	0.557	0.895	118	0.084	0.082	0.079	0.079	0.084	0.096	0.119
30	0.297	0.302	0.318	0.353	0.418	0.550	0.881	120	0.080	0.077	0.074	0.073	0.078	0.088	0.109
32	0.294	0.299	0.315	0.349	0.413	0.542	0.866	122	0.075	0.072	0.069	0.068	0.072	0.081	0.099
34	0.291	0.296	0.312	0.345	0.408	0.534	0.850	124	0.070	0.067	0.064	0.063	0.066	0.074	0.090
36	0.288	0.292	0.308	0.340	0.403	0.526	0.834	126	0.066	0.063	0.059	0.058	0.060	0.067	0.081
38	0.285	0.289	0.304	0.336	0.397	0.518	0.818	128	0.061	0.058	0.054	0.053	0.055	0.061	0.073
40	0.281	0.285	0.300	0.331	0.391	0.509	0.800	130	0.057	0.054	0.050	0.048	0.050	0.055	0.063
42	0.277	0.282	0.296	0.326	0.384	0.500	0.783	132	0.053	0.050	0.046	0.044	0.045	0.049	0.058
44	0.274	0.278	0.291	0.321	0.378	0.490	0.765	134	0.049	0.045	0.041	0.040	0.040	0.044	0.051
46	0.270	0.274	0.287	0.316	0.371	0.480	0.746	136	0.045	0.041	0.037	0.036	0.036	0.039	0.045
48	0.266	0.269	0.282	0.310	0.364	0.470	0.727	138							

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.225
2	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.224
4	0.500	0.502	0.518	0.561	0.647	0.820	1.223
6	0.500	0.502	0.518	0.560	0.647	0.819	1.220
8	0.500	0.502	0.517	0.559	0.646	0.817	1.217
10	0.500	0.501	0.517	0.559	0.644	0.815	1.212
12	0.500	0.501	0.516	0.557	0.643	0.812	1.207
14	0.499	0.500	0.515	0.556	0.641	0.809	1.201
16	0.499	0.500	0.514	0.554	0.638	0.805	1.193
18	0.498	0.499	0.513	0.552	0.635	0.801	1.185
20	0.498	0.498	0.511	0.550	0.632	0.796	1.176
22	0.497	0.496	0.509	0.548	0.629	0.791	1.166
24	0.496	0.495	0.507	0.545	0.625	0.786	1.155
26	0.495	0.493	0.505	0.542	0.621	0.779	1.143
28	0.494	0.492	0.503	0.539	0.617	0.773	1.131
30	0.493	0.490	0.500	0.536	0.612	0.765	1.117
32	0.491	0.488	0.497	0.532	0.607	0.758	1.103
34	0.490	0.485	0.494	0.528	0.601	0.750	1.088
36	0.488	0.483	0.491	0.523	0.595	0.741	1.073
38	0.486	0.480	0.487	0.519	0.589	0.732	1.056
40	0.483	0.477	0.483	0.514	0.583	0.722	1.039
42	0.481	0.473	0.479	0.508	0.576	0.713	1.022
44	0.478	0.470	0.474	0.503	0.569	0.702	1.004
46	0.475	0.466	0.470	0.497	0.561	0.691	0.985
48	0.472	0.462	0.465	0.491	0.553	0.680	0.966
50	0.469	0.458	0.460	0.485	0.545	0.669	0.946
52	0.465	0.453	0.454	0.478	0.537	0.657	0.926
54	0.461	0.449	0.449	0.471	0.528	0.645	0.905
56	0.457	0.444	0.443	0.464	0.519	0.632	0.884
58	0.453	0.438	0.436	0.457	0.510	0.619	0.862
60	0.448	0.433	0.430	0.449	0.500	0.606	0.841
62	0.444	0.427	0.423	0.441	0.490	0.593	0.819
64	0.439	0.421	0.417	0.433	0.480	0.579	0.796
66	0.433	0.415	0.409	0.425	0.470	0.565	0.774
68	0.428	0.409	0.402	0.416	0.459	0.551	0.751
70	0.422	0.402	0.395	0.407	0.449	0.537	0.728
72	0.416	0.396	0.387	0.399	0.438	0.522	0.705
74	0.410	0.389	0.379	0.389	0.427	0.507	0.682
76	0.404	0.381	0.371	0.380	0.415	0.493	0.659
78	0.397	0.374	0.363	0.371	0.404	0.478	0.636
80	0.391	0.366	0.354	0.361	0.393	0.463	0.613
82	0.384	0.359	0.346	0.351	0.381	0.447	0.590
84	0.376	0.351	0.337	0.341	0.369	0.432	0.568
86	0.369	0.342	0.328	0.332	0.357	0.417	0.545
88	0.361	0.334	0.319	0.321	0.346	0.402	0.522

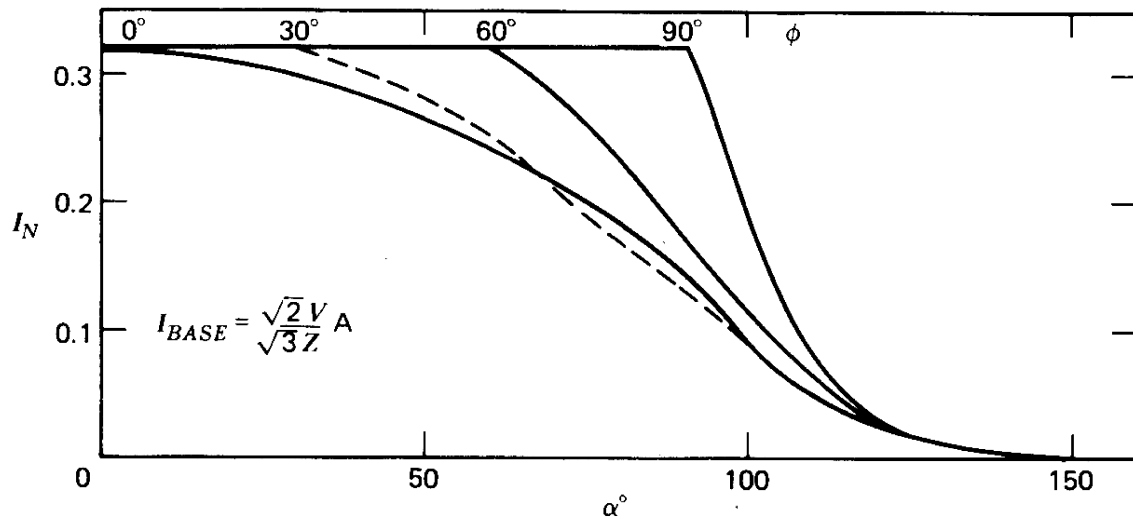


Figura 2: Corrente média normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.

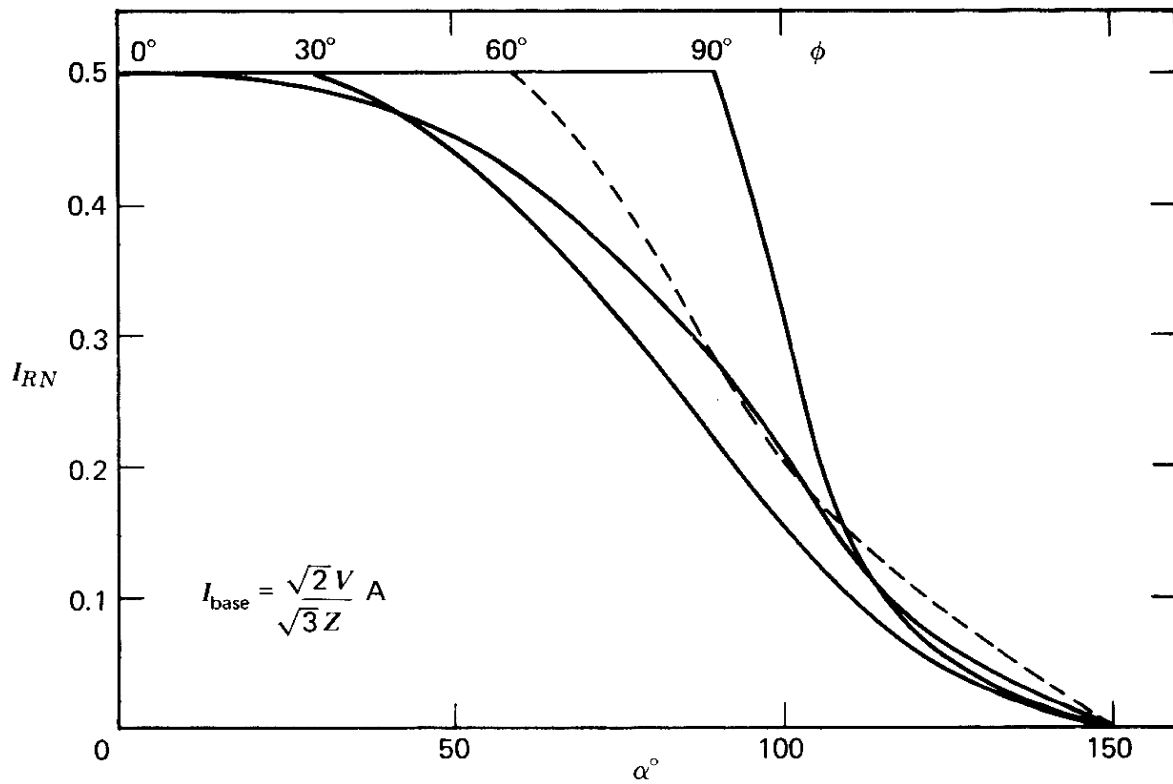
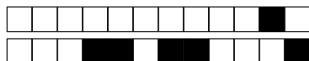


Figura 3: Corrente eficaz normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.



Folha de Respostas SEL0401 Eletrônica de Potência P1 29/04/2019	Nome: Número USP: X Y Z
--	---

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

Question 1:

W

C

Question 2:

W

C

Question 3:

A

B

Question 4:

Question 5:

A

B

Question 6:

W

C

Question 7:

A

B

C

D

E

Question 8:

A

B

Question 9:

A

B

Question 10:

A

B

C

D

Question 11:

A

B

C

D

E

Question 12:

A

B

C

D

Question 13:

A

B

C

D

E



SEL0401

Eletrônica de Potência

Prova 1
29 de abril de 2019

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.

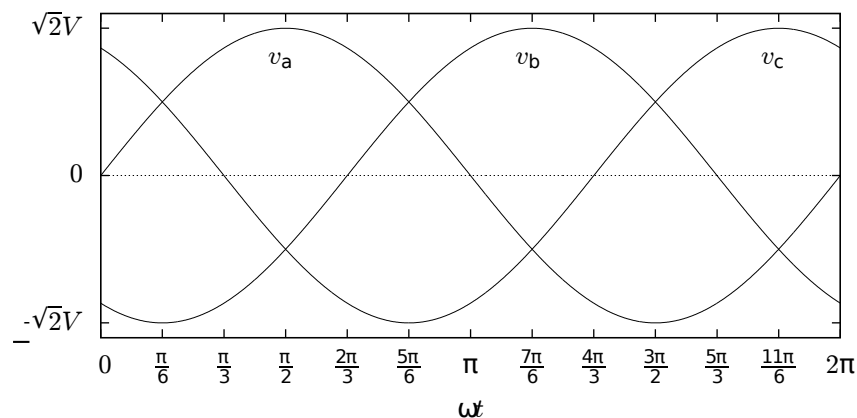


Figura 1: Tensões de uma rede trifásica. Referência em “seno”.

QUESTÃO 1 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo $V = 220\text{V}$, $R = (10 + 2 \cdot X)\Omega$, $\phi = 45^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, calcule o ângulo de disparo α para que a potência média na carga seja metade da potência média máxima (potência média com $\alpha \leq \phi$, com pulso largo).

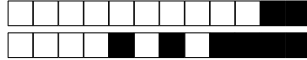
QUESTÃO 2 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo a tensão da fonte $V = 220\text{V}$, $R = 10\Omega$, $\phi = 30^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, com ângulo de disparo $\alpha = (30 + 10Y)^\circ$, calcule o fator de potência visto pela fonte.

QUESTÃO 3 (0,5) Se a carga não tiver indutância, a fonte CC nunca gera mais energia para a fonte senoidal do que consome.

☐ A F☐ B *** V

QUESTÃO 4 (0,5) O ângulo de condução γ depende do valor de V_C . Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

☐ A F☐ B *** V



QUESTÃO 5 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica de 440V de linha, e é utilizado no processo de carga de um banco de 9 baterias em série. Devido ao seu estado de carga cada bateria apresenta efetivamente 11V e uma resistência interna de $(1 + Z/6)\Omega$, por bateria. Considerando que foi utilizado um indutor de valor suficiente para que as ondulações na corrente sejam desprezíveis, calcule o ângulo de disparo dos SCRs para se manter 10A nas baterias.

QUESTÃO 6 (0,5) O SCR perde o disparo se o pulso em sua porta for aplicado em um ângulo menor que zero (referenciado pela rede monofásica). Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A *** F ☐ B V

QUESTÃO 7. (1,0) Dois retificadores trifásicos de dois caminhos são empregados para condicionar a energia de uma fonte trifásica de 280V, 50HZ para uma rede trifásica de 220V, 60Hz. O ângulo de disparo aplicado à ponte retificadora trifásica do lado da rede é 160° , para que se obtenha modo de condução contínua em ambos os conversores. Foi empregado um indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente fossem desprezíveis, no entanto possuindo uma resistência interna de 20hm . O ângulo de disparo do conversor do lado da fonte de 50Hz é tal que mantém uma corrente de 20A no barramento CC. Nessas condições, assinale o valor do fator de potência que mais se aproxima do valor visto pela fonte de 50Hz:

- ☐ A *** 0,8 ☐ B 0,9 ☐ C 0,1 ☐ D 0,3 ☐ E *N. d. a.*

QUESTÃO 8 (0,5) Em um retificador monofásico de dois caminhos totalmente controlado com carga RL-FEM, a fonte de tensão V_C sempre absorve energia da fonte senoidal, para valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A V ☐ B *** F

QUESTÃO 9 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica conforme a Fig. 1. Desenhe a forma de onda de tensão de saída para um ângulo de disparo de 60° na própria figura.

QUESTÃO 10 (1,0) Uma carga trifásica de 45kW e $\cos\phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para uma potência de 15kW na carga.

- ☐ A 180° ☐ B 70° ☐ C *** 98° ☐ D 50° ☐ E 120°

QUESTÃO 11 (1,0) Uma carga trifásica RL (com $R = 10\Omega$ e $\phi = 45^\circ$) é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**, conectado a uma rede de 220V. Assinale o valor que mais se aproxima da potência média dissipada por tiristor para um ângulo de disparo de 90° . Considere a queda de tensão em cada tiristor de 2V.

- ☐ A 20W
☐ B 3,5W
☐ C 2W
☐ D 10W
☐ E *** 7,5W

QUESTÃO 12 (0,5) Uma carga trifásica de 30kW em 440V, puramente resistiva, é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do fator de potência visto pela fonte para um ângulo de disparo de 120° .

- ☐ A 0,3 ☐ B 0,1 ☐ C *** 0,5 ☐ D 0,7



QUESTÃO 13 (0,5) Uma carga trifásica de 60kW e $\cos \phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **estrela**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para 30kW de potência média na carga.

☐ A 110°

☐ B *** 75°

☐ C 60°

☐ D 180°

Formulário

Tensão média na saída do retificador bifásico de um caminho: $V_O = 0,9 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador trifásico de um caminho: $V_O = 1,17 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador hexafásico de um caminho: $V_O = 1,35 V \cos \alpha$

Para as tabelas: $I_{BASE} = \frac{\sqrt{2}V}{|Z|}$

Tabela 7: Ângulo de corte (β) como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ					α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°		15°	30°	45°	60°	75°
0	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	90	194.9	208.6	220.9	233.2	247.9
2	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	92	194.9	208.5	220.6	232.6	246.9
4	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8	94	194.9	208.4	220.2	232.0	245.8
6	195.0	210.1	225.8	244.2	270.7	96	194.9	208.2	219.9	231.4	244.7
8	195.0	210.0	225.8	244.2	270.6	98	194.9	208.1	219.5	230.7	243.6
10	195.0	210.0	225.8	244.2	270.5	100	194.9	207.9	219.1	230.0	242.5
12	195.0	210.0	225.8	244.1	270.4	102	194.9	207.8	218.7	229.3	241.3
14	195.0	210.0	225.7	244.1	270.3	104	194.8	207.6	218.3	228.6	240.1
16	195.0	210.0	225.7	244.0	270.1	106	194.8	207.4	217.9	227.8	238.9
18	195.0	210.0	225.7	243.9	270.0	108	194.8	207.2	217.4	227.1	237.7
20	195.0	210.0	225.7	243.9	269.8	110	194.8	207.0	216.9	226.3	236.5
22	195.0	210.0	225.6	243.8	269.5	112	194.7	206.8	216.5	225.5	235.2
24	195.0	210.0	225.6	243.7	269.3	114	194.7	206.5	215.9	224.6	234.0
26	195.0	210.0	225.6	243.6	269.0	116	194.7	206.3	215.4	223.7	232.7
28	195.0	210.0	225.5	243.5	268.7	118	194.6	206.0	214.8	222.9	231.3
30	195.0	210.0	225.5	243.3	268.4	120	194.6	205.7	214.3	221.9	230.0
32	195.0	210.0	225.4	243.2	268.1	122	194.5	205.4	213.7	221.0	228.6
34	195.0	210.0	225.4	243.1	267.7	124	194.5	205.1	213.0	220.0	227.2
36	195.0	210.0	225.3	242.9	267.3	126	194.4	204.7	212.4	219.0	225.8
38	195.0	210.0	225.3	242.7	266.9	128	194.3	204.4	211.7	218.0	224.4
40	195.0	209.9	225.2	242.6	266.5	130	194.2	204.0	211.0	217.0	223.0
42	195.0	209.9	225.1	242.4	266.0	132	194.1	203.5	210.2	215.9	221.5
44	195.0	209.9	225.0	242.1	265.5	134	194.0	203.1	209.5	214.8	220.0
46	195.0	209.9	225.0	241.9	265.0	136	193.9	202.6	208.7	213.7	218.5
48	195.0	209.9	224.9	241.7	264.5	138	193.7	202.1	207.8	212.5	217.0
50	195.0	209.8	224.8	241.4	263.9	140	193.6	201.6	207.0	211.3	215.4
52	195.0	209.8	224.7	241.2	263.4	142	193.4	201.1	206.1	210.1	213.9
54	195.0	209.8	224.5	240.9	262.8	144	193.2	200.5	205.1	208.8	212.3
56	195.0	209.8	224.4	240.6	262.1	146	193.0	199.8	204.2	207.6	210.7
58	195.0	209.7	224.3	240.3	261.5	148	192.7	199.2	203.2	206.2	209.0
60	195.0	209.7	224.2	240.0	260.8	150	192.5	198.5	202.1	204.9	207.4
62	195.0	209.7	224.0	239.7	260.1	152	192.1	197.7	201.0	203.5	205.7
64	195.0	209.6	223.9	239.3	259.4	154	191.8	196.9	199.9	202.1	204.0
66	195.0	209.6	223.7	239.0	258.6	156	191.4	196.1	198.7	200.6	202.3
68	195.0	209.5	223.5	238.6	257.9	158	191.0	195.2	197.5	199.1	200.6
70	195.0	209.5	223.3	238.2	257.1	160	190.5	194.2	196.2	197.6	198.8
72	195.0	209.4	223.1	237.8	256.3	162	189.9	193.2	194.9	196.1	197.0
74	195.0	209.3	222.9	237.3	255.4	164	189.3	192.1	193.5	194.4	195.2
76	195.0	209.3	222.7	236.9	254.6	166	188.6	190.9	192.0	192.8	193.4
78	195.0	209.2	222.5	236.4	253.7	168	187.8	189.7	190.5	191.1	191.6
80	195.0	209.1	222.3	235.9	252.8	170	186.9	188.3	189.0	189.4	189.7
82	195.0	209.0	222.0	235.4	251.8	172	185.9	186.9	187.3	187.6	187.8
84	195.0	208.9	221.7	234.9	250.9	174	184.8	185.4	185.6	185.8	185.9
86	195.0	208.8	221.5	234.4	249.9	176	183.4	183.7	183.8	183.9	184.0
88	195.0	208.7	221.2	233.8	248.9	178	181.8	181.9	182.0	182.0	182.0



Tabela 8: Corrente média normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.318	0.324	0.343	0.382	0.457	0.606	1.000
2	0.318	0.324	0.343	0.382	0.456	0.606	0.999
4	0.318	0.324	0.342	0.381	0.456	0.605	0.998
6	0.317	0.323	0.342	0.381	0.455	0.604	0.995
8	0.317	0.322	0.341	0.380	0.454	0.602	0.991
10	0.316	0.321	0.340	0.379	0.452	0.600	0.985
12	0.315	0.320	0.339	0.377	0.450	0.597	0.979
14	0.314	0.319	0.337	0.375	0.448	0.593	0.972
16	0.312	0.318	0.336	0.374	0.445	0.590	0.964
18	0.311	0.316	0.334	0.371	0.443	0.585	0.954
20	0.309	0.314	0.332	0.369	0.439	0.580	0.944
22	0.307	0.312	0.330	0.366	0.436	0.575	0.933
24	0.305	0.310	0.327	0.363	0.432	0.569	0.921
26	0.302	0.307	0.324	0.360	0.428	0.563	0.909
28	0.300	0.305	0.321	0.356	0.423	0.557	0.895
30	0.297	0.302	0.318	0.353	0.418	0.550	0.881
32	0.294	0.299	0.315	0.349	0.413	0.542	0.866
34	0.291	0.296	0.312	0.345	0.408	0.534	0.850
36	0.288	0.292	0.308	0.340	0.403	0.526	0.834
38	0.285	0.289	0.304	0.336	0.397	0.518	0.818
40	0.281	0.285	0.300	0.331	0.391	0.509	0.800
42	0.277	0.282	0.296	0.326	0.384	0.500	0.783
44	0.274	0.278	0.291	0.321	0.378	0.490	0.765
46	0.270	0.274	0.287	0.316	0.371	0.480	0.746
48	0.266	0.269	0.282	0.310	0.364	0.470	0.727
50	0.261	0.265	0.278	0.304	0.357	0.460	0.708
52	0.257	0.261	0.273	0.299	0.349	0.450	0.689
54	0.253	0.256	0.268	0.293	0.342	0.439	0.669
56	0.248	0.251	0.262	0.287	0.334	0.428	0.649
58	0.243	0.246	0.257	0.280	0.326	0.417	0.629
60	0.239	0.242	0.252	0.274	0.318	0.406	0.609
62	0.234	0.237	0.246	0.268	0.310	0.394	0.589
64	0.229	0.231	0.240	0.261	0.302	0.383	0.569
66	0.224	0.226	0.235	0.254	0.294	0.371	0.548
68	0.219	0.221	0.229	0.248	0.285	0.360	0.528
70	0.214	0.216	0.223	0.241	0.277	0.348	0.508
72	0.208	0.210	0.217	0.234	0.268	0.336	0.488
74	0.203	0.205	0.211	0.227	0.260	0.324	0.468
76	0.198	0.199	0.205	0.220	0.251	0.312	0.449
78	0.192	0.193	0.199	0.213	0.242	0.301	0.429
80	0.187	0.188	0.192	0.206	0.234	0.289	0.410
82	0.181	0.182	0.186	0.199	0.225	0.277	0.391
84	0.176	0.176	0.180	0.191	0.216	0.266	0.372
86	0.170	0.171	0.174	0.184	0.208	0.254	0.354
88	0.165	0.165	0.168	0.177	0.199	0.243	0.336

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90	0.159	0.159	0.161	0.170	0.191	0.231	0.318
92	0.154	0.153	0.155	0.163	0.182	0.220	0.301
94	0.148	0.148	0.149	0.156	0.174	0.209	0.284
96	0.143	0.142	0.143	0.149	0.165	0.199	0.268
98	0.137	0.136	0.137	0.142	0.157	0.188	0.252
100	0.132	0.131	0.130	0.136	0.149	0.178	0.236
102	0.126	0.125	0.124	0.129	0.141	0.167	0.221
104	0.121	0.119	0.118	0.122	0.134	0.157	0.207
106	0.115	0.114	0.112	0.116	0.126	0.148	0.193
108	0.110	0.108	0.107	0.109	0.118	0.138	0.179
110	0.105	0.103	0.101	0.103	0.111	0.129	0.166
112	0.100	0.098	0.095	0.097	0.104	0.120	0.154
114	0.094	0.092	0.090	0.091	0.097	0.112	0.142
116	0.089	0.087	0.084	0.085	0.090	0.103	0.130
118	0.084	0.082	0.079	0.079	0.084	0.096	0.119
120	0.080	0.077	0.074	0.073	0.078	0.088	0.109
122	0.075	0.072	0.069	0.068	0.072	0.081	0.099
124	0.070	0.067	0.064	0.063	0.066	0.074	0.090
126	0.066	0.063	0.059	0.058	0.060	0.067	0.081
128	0.061	0.058	0.054	0.053	0.055	0.061	0.073
130	0.057	0.054	0.050	0.048	0.050	0.055	0.065
132	0.053	0.050	0.046	0.044	0.045	0.049	0.058
134	0.049	0.045	0.041	0.040	0.040	0.044	0.051
136	0.045	0.041	0.037	0.036	0.036	0.039	0.045
138	0.041	0.038	0.034	0.032	0.032	0.034	0.040
140	0.037	0.034	0.030	0.028	0.028	0.030	0.034
142	0.034	0.030	0.027	0.025	0.025	0.026	0.030
144	0.030	0.027	0.024	0.022	0.021	0.022	0.025
146	0.027	0.024	0.021	0.019	0.018	0.019	0.021
148	0.024	0.021	0.018	0.016	0.016	0.016	0.018
150	0.021	0.018	0.015	0.014	0.013	0.013	0.015
152	0.019	0.016	0.013	0.011	0.011	0.011	0.012
154	0.016	0.013	0.011	0.009	0.009	0.009	0.010
156	0.014	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008
158	0.012	0.009	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006
160	0.010	0.007	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
162	0.008	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
164	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
166	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
168	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
170	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
172	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
174	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela 9: Corrente eficaz normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.225
2	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.224
4	0.500	0.502	0.518	0.561	0.647	0.820	1.223
6	0.500	0.502	0.518	0.560	0.647	0.819	1.220
8	0.500	0.502	0.517	0.559	0.646	0.817	1.217
10	0.500	0.501	0.517	0.559	0.644	0.815	1.212
12	0.500	0.501	0.516	0.557	0.643	0.812	1.207
14	0.499	0.500	0.515	0.556	0.641	0.809	1.201
16	0.499	0.500	0.514	0.554	0.638	0.805	1.193
18	0.498	0.499	0.513	0.552	0.635	0.801	1.185
20	0.498	0.498	0.511	0.550	0.632	0.796	1.176
22	0.497	0.496	0.509	0.548	0.629	0.791	1.166
24	0.496	0.495	0.507	0.545	0.625	0.786	1.155
26	0.495	0.493	0.505	0.542	0.621	0.779	1.143
28	0.494	0.492	0.503	0.539	0.617	0.773	1.131
30	0.493	0.490	0.500	0.536	0.612	0.765	1.117
32	0.491	0.488	0.497	0.532	0.607	0.758	1.103
34	0.490	0.485	0.494	0.528	0.601	0.750	1.088
36	0.488	0.483	0.491	0.523	0.595	0.741	1.073
38	0.486	0.480	0.487	0.519	0.589	0.732	1.056
40	0.483	0.477	0.483	0.514	0.583	0.722	1.039
42	0.481	0.473	0.479	0.508	0.576	0.713	1.022
44	0.478	0.470	0.474	0.503	0.569	0.702	1.004
46	0.475	0.466	0.470	0.497	0.561	0.691	0.985
48	0.472	0.462	0.465	0.491	0.553	0.680	0.966
50	0.469	0.458	0.460	0.485	0.545	0.669	0.946
52	0.465	0.453	0.454	0.478	0.537	0.657	0.926
54	0.461	0.449	0.449	0.471	0.528	0.645	0.905
56	0.457	0.444	0.443	0.464	0.519	0.632	0.884
58	0.453	0.438	0.436	0.457	0.510	0.619	0.862
60	0.448	0.433	0.430	0.449	0.500	0.606	0.841
62	0.444	0.427	0.423	0.441	0.490	0.593	0.819
64	0.439	0.421	0.417	0.433	0.480	0.579	0.796
66	0.433	0.415	0.409	0.425	0.470	0.565	0.774
68	0.428	0.409	0.402	0.416	0.459	0.551	0.751
70	0.422	0.402	0.395	0.407	0.449	0.537	0.728
72	0.416	0.396	0.387	0.399	0.438	0.522	0.705
74	0.410	0.389	0.379	0.389	0.427	0.507	0.682
76	0.404	0.381	0.371	0.380	0.415	0.493	0.659
78	0.397	0.374	0.363	0.371	0.404	0.478	0.636
80	0.391	0.366	0.354	0.361	0.393	0.463	0.613
82	0.384	0.359	0.346	0.351	0.381	0.447	0.590
84	0.376	0.351	0.337	0.341	0.369	0.432	0.568
86	0.369	0.342	0.328	0.332	0.357	0.417	0.545
88	0.361	0.334	0.319	0.321	0.346	0.402	0.522

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90	0.354	0.326	0.310	0.311	0.334	0.387	0.500
92	0.346	0.317	0.300	0.301	0.322	0.371	0.478
94	0.338	0.308	0.291	0.291	0.310	0.356	0.456
96	0.329	0.299	0.282	0.280	0.298	0.341	0.435
98	0.321	0.290	0.272	0.270	0.286	0.326	0.413
100	0.312	0.281	0.262	0.260	0.274	0.312	0.392
102	0.304	0.272	0.253	0.249	0.262	0.297	0.375
104	0.295	0.263	0.243	0.239	0.250	0.282	0.352
106	0.286	0.254	0.233	0.228	0.239	0.268	0.332
108	0.277	0.244	0.224	0.218	0.227	0.254	0.313
110	0.268	0.235	0.214	0.208	0.215	0.240	0.294
112	0.258	0.225	0.204	0.198	0.204	0.227	0.276
114	0.249	0.216	0.195	0.188	0.193	0.213	0.258
116	0.240	0.206	0.185	0.178	0.182	0.200	0.241
118	0.230	0.197	0.176	0.168	0.171	0.187	0.224
120	0.221	0.187	0.166	0.158	0.160	0.175	0.208
122	0.212	0.178	0.157	0.148	0.150	0.163	0.192
124	0.202	0.169	0.148	0.139	0.140	0.151	0.177
126	0.193	0.159	0.139	0.130	0.130	0.140	0.163
128	0.183	0.150	0.130	0.121	0.120	0.129	0.149
130	0.174	0.141	0.121	0.112	0.111	0.118	0.136
132	0.165	0.132	0.112	0.103	0.102	0.108	0.124
134	0.155	0.123	0.104	0.095	0.093	0.098	0.112
136	0.146	0.114	0.096	0.087	0.085	0.089	0.101
138	0.137	0.106	0.088	0.079	0.077	0.080	0.090
140	0.128	0.097	0.080	0.072	0.069	0.072	0.080
142	0.119	0.089	0.072	0.065	0.062	0.064	0.071
144	0.110	0.081	0.065	0.058	0.055	0.056	0.062
146	0.102	0.073	0.058	0.051	0.049	0.049	0.054
148	0.093	0.066	0.052	0.045	0.042	0.043	0.047
150	0.085	0.058	0.045	0.039	0.037	0.037	0.040
152	0.077	0.051	0.039	0.034	0.031	0.031	0.034
154	0.069	0.045	0.034	0.029	0.027	0.026	0.028
156	0.061	0.039	0.029	0.024	0.022	0.022	0.023
158	0.054	0.033	0.024	0.020	0.018	0.018	0.019
160	0.047	0.027	0.020	0.016	0.014	0.014	0.015
162	0.040	0.022	0.016	0.013	0.011	0.011	0.011
164	0.034	0.017	0.012	0.010	0.009	0.008	0.008
166	0.028	0.013	0.009	0.007	0.006	0.006	0.006
168	0.022	0.010	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004
170	0.017	0.007	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
172	0.012	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
174	0.008	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
176	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
178	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

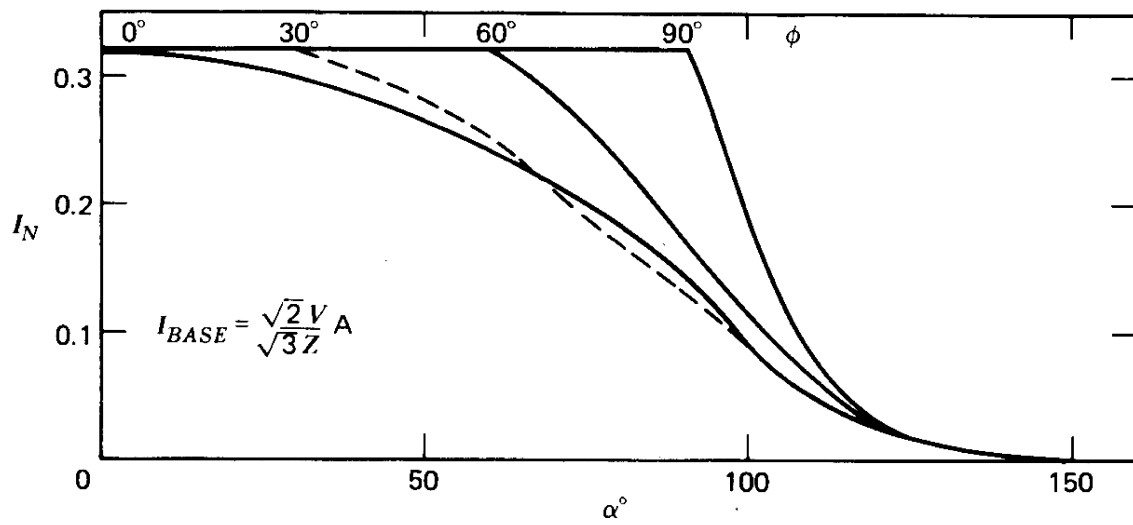


Figura 2: Corrente média normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.

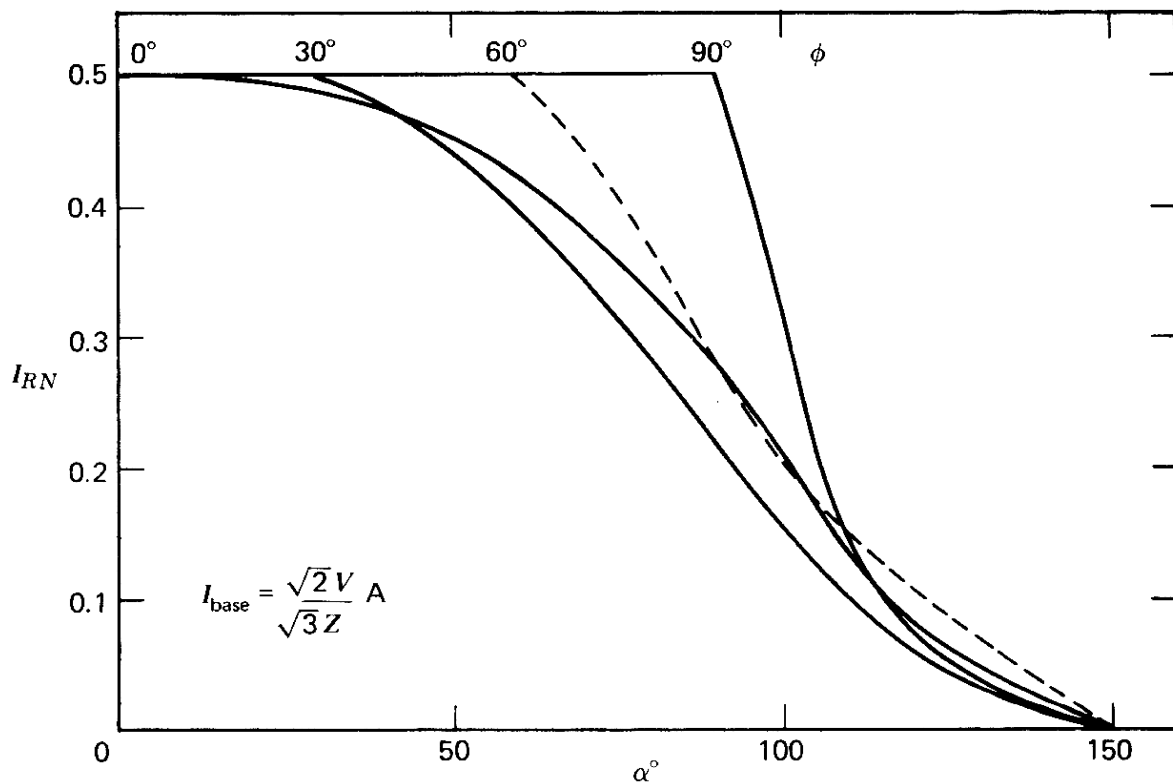
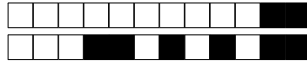


Figura 3: Corrente eficaz normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.



Folha de Respostas		Nome:																	
SEL0401 P1	Eletrônica de Potência 29/04/2019	Número USP: <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td></tr></table>															X	Y	Z
						X	Y	Z											

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

Question 1:

W	C
---	---

--

Question 2:

W	C
---	---

--

Question 3:

A

B

Question 4:

A

B

Question 5:

W	C
---	---

--

Question 6:

A

B

Question 7:

A

B

C

D

E

Question 8:

A

B

Question 9:

Question 10:

A

B

C

D

E

Question 11:

A

B

C

D

E

Question 12:

A

B

C

D

Question 13:

A

B

C

D



SEL0401

Eletrônica de Potência

Prova 1
29 de abril de 2019

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.

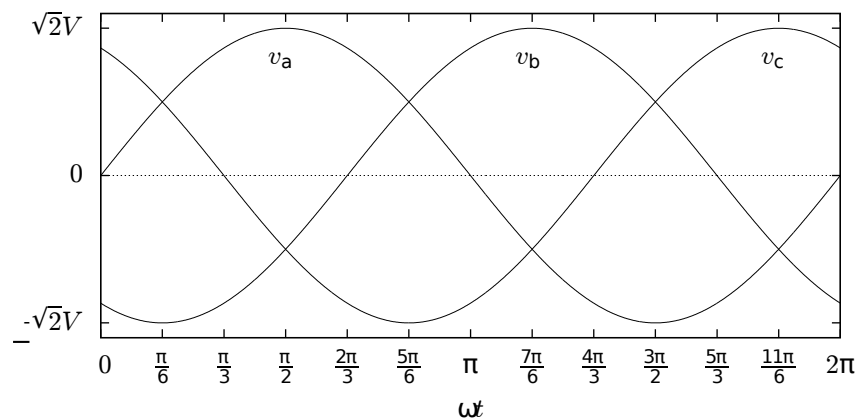


Figura 1: Tensões de uma rede trifásica. Referência em “seno”.

QUESTÃO 1 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo $V = 220\text{V}$, $R = (10 + 2 \cdot X)\Omega$, $\phi = 45^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, calcule o ângulo de disparo α para que a potência média na carga seja metade da potência média máxima (potência média com $\alpha \leq \phi$, com pulso largo).

QUESTÃO 2 (1,0) Considerando um retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL, sendo a tensão da fonte $V = 220\text{V}$, $R = 10\Omega$, $\phi = 30^\circ$ e $f = 60\text{Hz}$, com ângulo de disparo $\alpha = (30 + 10Y)^\circ$, calcule o fator de potência visto pela fonte.

QUESTÃO 3 (0,5) Se a carga não tiver indutância, a fonte CC nunca gera mais energia para a fonte senoidal do que consome.

☐ A F☐ B *** V

QUESTÃO 4 (0,5) O ângulo de condução γ depende do valor de V_C . Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

☐ A *** V☐ B F

QUESTÃO 5 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica conforme a Fig. 1. Desenhe a forma de onda de tensão de saída para um ângulo de disparo de 60° na própria figura.



QUESTÃO 6 (0,5) Em um retificador monofásico de dois caminhos totalmente controlado com carga RL-FEM, a fonte de tensão V_C sempre absorve energia da fonte senoidal, para valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A V ☐ B *** F

QUESTÃO 7 (0,5) O SCR perde o disparo se o pulso em sua porta for aplicado em um ângulo menor que zero (referenciado pela rede monofásica). Considere valores quaisquer de v_s , R , L e V_C .

- ☐ A *** F ☐ B V

QUESTÃO 8 (1,0) Um retificador trifásico de um caminho, totalmente controlado, é conectado a uma fonte CA trifásica de 440V de linha, e é utilizado no processo de carga de um banco de 9 baterias em série. Devido ao seu estado de carga cada bateria apresenta efetivamente 11V e uma resistência interna de $(1 + Z/6)\Omega$, por bateria. Considerando que foi utilizado um indutor de valor suficiente para que as ondulações na corrente sejam desprezíveis, calcule o ângulo de disparo dos SCRs para se manter 10A nas baterias.

QUESTÃO 9. (1,0) Dois retificadores trifásicos de dois caminhos são empregados para condicionar a energia de uma fonte trifásica de 280V, 50HZ para uma rede trifásica de 220V, 60Hz. O ângulo de disparo aplicado à ponte retificadora trifásica do lado da rede é 160° , para que se obtenha modo de condução contínua em ambos os conversores. Foi empregado um indutor grande o suficiente para que as ondulações de corrente fossem desprezíveis, no entanto possuindo uma resistência interna de 2ohm . O ângulo de disparo do conversor do lado da fonte de 50Hz é tal que mantém uma corrente de 20A no barramento CC. Nessas condições, assinale o valor do fator de potência que mais se aproxima do valor visto pela fonte de 50Hz:

- ☐ A 0,1 ☐ B *** 0,8 ☐ C 0,9 ☐ D 0,3 ☐ E *N. d. a.*

QUESTÃO 10 (1,0) Uma carga trifásica RL (com $R = 10\Omega$ e $\phi = 45^\circ$) é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**, conectado a uma rede de 220V. Assinale o valor que mais se aproxima da potência média dissipada por tiristor para um ângulo de disparo de 90° . Considere a queda de tensão em cada tiristor de 2V.

- ☐ A 20W
☐ B *** 7,5W
☐ C 3,5W
☐ D 10W
☐ E 2W

QUESTÃO 11 (0,5) Uma carga trifásica de 30kW em 440V, puramente resistiva, é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do fator de potência visto pela fonte para um ângulo de disparo de 120° .

- ☐ A 0,1 ☐ B *** 0,5 ☐ C 0,7 ☐ D 0,3

QUESTÃO 12 (1,0) Uma carga trifásica de 45kW e $\cos\phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **triângulo**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para uma potência de 15kW na carga.

- ☐ A 70° ☐ B 120° ☐ C 50° ☐ D 180° ☐ E *** 98°

QUESTÃO 13 (0,5) Uma carga trifásica de 60kW e $\cos\phi = 0,866$ em 440V é alimentada por um controlador CA trifásico em **estrela**. Assinale o valor que mais se aproxima do ângulo de disparo do controlador para 30kW de potência média na carga.

- ☐ A 180° ☐ B *** 75° ☐ C 60° ☐ D 110°



Tensão média na saída do retificador bifásico de um caminho: $V_O = 0,9 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador trifásico de um caminho: $V_O = 1,17 V \cos \alpha$

Tensão média na saída do retificador hexafásico de um caminho: $V_O = 1,35 V \cos \alpha$

Para as tabelas: $I_{BASE} = \frac{\sqrt{2}V}{|Z|}$

Tabela 10: Ângulo de corte (β) como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°
0	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
2	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
4	195.0	210.1	225.8	244.2	270.8
6	195.0	210.1	225.8	244.2	270.7
8	195.0	210.0	225.8	244.2	270.6
10	195.0	210.0	225.8	244.2	270.5
12	195.0	210.0	225.8	244.1	270.4
14	195.0	210.0	225.7	244.1	270.3
16	195.0	210.0	225.7	244.0	270.1
18	195.0	210.0	225.7	243.9	270.0
20	195.0	210.0	225.7	243.9	269.8
22	195.0	210.0	225.6	243.8	269.5
24	195.0	210.0	225.6	243.7	269.3
26	195.0	210.0	225.6	243.6	269.0
28	195.0	210.0	225.5	243.5	268.7
30	195.0	210.0	225.5	243.3	268.4
32	195.0	210.0	225.4	243.2	268.1
34	195.0	210.0	225.4	243.1	267.7
36	195.0	210.0	225.3	242.9	267.3
38	195.0	210.0	225.3	242.7	266.9
40	195.0	209.9	225.2	242.6	266.5
42	195.0	209.9	225.1	242.4	266.0
44	195.0	209.9	225.0	242.1	265.5
46	195.0	209.9	225.0	241.9	265.0
48	195.0	209.9	224.9	241.7	264.5
50	195.0	209.8	224.8	241.4	263.9
52	195.0	209.8	224.7	241.2	263.4
54	195.0	209.8	224.5	240.9	262.8
56	195.0	209.8	224.4	240.6	262.1
58	195.0	209.7	224.3	240.3	261.5
60	195.0	209.7	224.2	240.0	260.8
62	195.0	209.7	224.0	239.7	260.1
64	195.0	209.6	223.9	239.3	259.4
66	195.0	209.6	223.7	239.0	258.6
68	195.0	209.5	223.5	238.6	257.9
70	195.0	209.5	223.3	238.2	257.1
72	195.0	209.4	223.1	237.8	256.3
74	195.0	209.3	222.9	237.3	255.4
76	195.0	209.3	222.7	236.9	254.6
78	195.0	209.2	222.5	236.4	253.7
80	195.0	209.1	222.3	235.9	252.8
82	195.0	209.0	222.0	235.4	251.8
84	195.0	208.9	221.7	234.9	250.9
86	195.0	208.8	221.5	234.4	249.9
88	195.0	208.7	221.2	233.8	248.9

α	ϕ				
	15°	30°	45°	60°	75°
90	194.9	208.6	220.9	233.2	247.9
92	194.9	208.5	220.6	232.6	246.9
94	194.9	208.4	220.2	232.0	245.8
96	194.9	208.2	219.9	231.4	244.7
98	194.9	208.1	219.5	230.7	243.6
100	194.9	207.9	219.1	230.0	242.5
102	194.9	207.8	218.7	229.3	241.3
104	194.8	207.6	218.3	228.6	240.1
106	194.8	207.4	217.9	227.8	238.9
108	194.8	207.2	217.4	227.1	237.7
110	194.8	207.0	216.9	226.3	236.5
112	194.7	206.8	216.5	225.5	235.2
114	194.7	206.5	215.9	224.6	234.0
116	194.7	206.3	215.4	223.7	232.7
118	194.6	206.0	214.8	222.9	231.3
120	194.6	205.7	214.3	221.9	230.0
122	194.5	205.4	213.7	221.0	228.6
124	194.5	205.1	213.0	220.0	227.2
126	194.4	204.7	212.4	219.0	225.8
128	194.3	204.4	211.7	218.0	224.4
130	194.2	204.0	211.0	217.0	223.0
132	194.1	203.5	210.2	215.9	221.5
134	194.0	203.1	209.5	214.8	220.0
136	193.9	202.6	208.7	213.7	218.5
138	193.7	202.1	207.8	212.5	217.0
140	193.6	201.6	207.0	211.3	215.4
142	193.4	201.1	206.1	210.1	213.9
144	193.2	200.5	205.1	208.8	212.3
146	193.0	199.8	204.2	207.6	210.7
148	192.7	199.2	203.2	206.2	209.0
150	192.5	198.5	202.1	204.9	207.4
152	192.1	197.7	201.0	203.5	205.7
154	191.8	196.9	199.9	202.1	204.0
156	191.4	196.1	198.7	200.6	202.3
158	191.0	195.2	197.5	199.1	200.6
160	190.5	194.2	196.2	197.6	198.8
162	189.9	193.2	194.9	196.1	197.0
164	189.3	192.1	193.5	194.4	195.2
166	188.6	190.9	192.0	192.8	193.4
168	187.8	189.7	190.5	191.1	191.6
170	186.9	188.3	189.0	189.4	189.7
172	185.9	186.9	187.3	187.6	187.8
174	184.8	185.4	185.6	185.8	185.9
176	183.4	183.7	183.8	183.9	184.0
178	181.8	181.9	182.0	182.0	182.0



Tabela 11: Corrente média normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.318	0.324	0.343	0.382	0.457	0.606	1.000
2	0.318	0.324	0.343	0.382	0.456	0.606	0.999
4	0.318	0.324	0.342	0.381	0.456	0.605	0.998
6	0.317	0.323	0.342	0.381	0.455	0.604	0.995
8	0.317	0.322	0.341	0.380	0.454	0.602	0.991
10	0.316	0.321	0.340	0.379	0.452	0.600	0.985
12	0.315	0.320	0.339	0.377	0.450	0.597	0.979
14	0.314	0.319	0.337	0.375	0.448	0.593	0.972
16	0.312	0.318	0.336	0.374	0.445	0.590	0.964
18	0.311	0.316	0.334	0.371	0.443	0.585	0.954
20	0.309	0.314	0.332	0.369	0.439	0.580	0.944
22	0.307	0.312	0.330	0.366	0.436	0.575	0.933
24	0.305	0.310	0.327	0.363	0.432	0.569	0.921
26	0.302	0.307	0.324	0.360	0.428	0.563	0.909
28	0.300	0.305	0.321	0.356	0.423	0.557	0.895
30	0.297	0.302	0.318	0.353	0.418	0.550	0.881
32	0.294	0.299	0.315	0.349	0.413	0.542	0.866
34	0.291	0.296	0.312	0.345	0.408	0.534	0.850
36	0.288	0.292	0.308	0.340	0.403	0.526	0.834
38	0.285	0.289	0.304	0.336	0.397	0.518	0.818
40	0.281	0.285	0.300	0.331	0.391	0.509	0.800
42	0.277	0.282	0.296	0.326	0.384	0.500	0.783
44	0.274	0.278	0.291	0.321	0.378	0.490	0.765
46	0.270	0.274	0.287	0.316	0.371	0.480	0.746
48	0.266	0.269	0.282	0.310	0.364	0.470	0.727
50	0.261	0.265	0.278	0.304	0.357	0.460	0.708
52	0.257	0.261	0.273	0.299	0.349	0.450	0.689
54	0.253	0.256	0.268	0.293	0.342	0.439	0.669
56	0.248	0.251	0.262	0.287	0.334	0.428	0.649
58	0.243	0.246	0.257	0.280	0.326	0.417	0.629
60	0.239	0.242	0.252	0.274	0.318	0.406	0.609
62	0.234	0.237	0.246	0.268	0.310	0.394	0.589
64	0.229	0.231	0.240	0.261	0.302	0.383	0.569
66	0.224	0.226	0.235	0.254	0.294	0.371	0.548
68	0.219	0.221	0.229	0.248	0.285	0.360	0.528
70	0.214	0.216	0.223	0.241	0.277	0.348	0.508
72	0.208	0.210	0.217	0.234	0.268	0.336	0.488
74	0.203	0.205	0.211	0.227	0.260	0.324	0.468
76	0.198	0.199	0.205	0.220	0.251	0.312	0.449
78	0.192	0.193	0.199	0.213	0.242	0.301	0.429
80	0.187	0.188	0.192	0.206	0.234	0.289	0.410
82	0.181	0.182	0.186	0.199	0.225	0.277	0.391
84	0.176	0.176	0.180	0.191	0.216	0.266	0.372
86	0.170	0.171	0.174	0.184	0.208	0.254	0.354
88	0.165	0.165	0.168	0.177	0.199	0.243	0.336

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90	0.159	0.159	0.161	0.170	0.191	0.231	0.318
92	0.154	0.153	0.155	0.163	0.182	0.220	0.301
94	0.148	0.148	0.149	0.156	0.174	0.209	0.284
96	0.143	0.142	0.143	0.149	0.165	0.199	0.268
98	0.137	0.136	0.137	0.142	0.157	0.188	0.252
100	0.132	0.131	0.130	0.136	0.149	0.178	0.236
102	0.126	0.125	0.124	0.129	0.141	0.167	0.221
104	0.121	0.119	0.118	0.122	0.134	0.157	0.207
106	0.115	0.114	0.112	0.116	0.126	0.148	0.193
108	0.110	0.108	0.107	0.109	0.118	0.138	0.179
110	0.105	0.103	0.101	0.103	0.111	0.129	0.166
112	0.100	0.098	0.095	0.097	0.104	0.120	0.154
114	0.094	0.092	0.090	0.091	0.097	0.112	0.142
116	0.089	0.087	0.084	0.085	0.090	0.103	0.130
118	0.084	0.082	0.079	0.079	0.084	0.096	0.119
120	0.080	0.077	0.074	0.073	0.078	0.088	0.109
122	0.075	0.072	0.069	0.068	0.072	0.081	0.099
124	0.070	0.067	0.064	0.063	0.066	0.074	0.090
126	0.066	0.063	0.059	0.058	0.060	0.067	0.081
128	0.061	0.058	0.054	0.053	0.055	0.061	0.073
130	0.057	0.054	0.050	0.048	0.050	0.055	0.065
132	0.053	0.050	0.046	0.044	0.045	0.049	0.058
134	0.049	0.045	0.041	0.040	0.040	0.044	0.051
136	0.045	0.041	0.037	0.036	0.036	0.039	0.045
138	0.041	0.038	0.034	0.032	0.032	0.034	0.040
140	0.037	0.034	0.030	0.028	0.028	0.030	0.034
142	0.034	0.030	0.027	0.025	0.025	0.026	0.030
144	0.030	0.027	0.024	0.022	0.021	0.022	0.025
146	0.027	0.024	0.021	0.019	0.018	0.019	0.021
148	0.024	0.021	0.018	0.016	0.016	0.016	0.018
150	0.021	0.018	0.015	0.014	0.013	0.013	0.015
152	0.019	0.016	0.013	0.011	0.011	0.011	0.012
154	0.016	0.013	0.011	0.009	0.009	0.009	0.010
156	0.014	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008
158	0.012	0.009	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006
160	0.010	0.007	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
162	0.008	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
164	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
166	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
168	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
170	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
172	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
174	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela 12: Corrente eficaz normalizada como função do ângulo de disparo (α), com o ângulo da carga (ϕ_1) como parâmetro, para o retificador monofásico controlado de um caminho com carga RL.

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.225
2	0.500	0.502	0.518	0.561	0.648	0.821	1.224
4	0.500	0.502	0.518	0.561	0.647	0.820	1.223
6	0.500	0.502	0.518	0.560	0.647	0.819	1.220
8	0.500	0.502	0.517	0.559	0.646	0.817	1.217
10	0.500	0.501	0.517	0.559	0.644	0.815	1.212
12	0.500	0.501	0.516	0.557	0.643	0.812	1.207
14	0.499	0.500	0.515	0.556	0.641	0.809	1.201
16	0.499	0.500	0.514	0.554	0.638	0.805	1.193
18	0.498	0.499	0.513	0.552	0.635	0.801	1.185
20	0.498	0.498	0.511	0.550	0.632	0.796	1.176
22	0.497	0.496	0.509	0.548	0.629	0.791	1.166
24	0.496	0.495	0.507	0.545	0.625	0.786	1.155
26	0.495	0.493	0.505	0.542	0.621	0.779	1.143
28	0.494	0.492	0.503	0.539	0.617	0.773	1.131
30	0.493	0.490	0.500	0.536	0.612	0.765	1.117
32	0.491	0.488	0.497	0.532	0.607	0.758	1.103
34	0.490	0.485	0.494	0.528	0.601	0.750	1.088
36	0.488	0.483	0.491	0.523	0.595	0.741	1.073
38	0.486	0.480	0.487	0.519	0.589	0.732	1.056
40	0.483	0.477	0.483	0.514	0.583	0.722	1.039
42	0.481	0.473	0.479	0.508	0.576	0.713	1.022
44	0.478	0.470	0.474	0.503	0.569	0.702	1.004
46	0.475	0.466	0.470	0.497	0.561	0.691	0.985
48	0.472	0.462	0.465	0.491	0.553	0.680	0.966
50	0.469	0.458	0.460	0.485	0.545	0.669	0.946
52	0.465	0.453	0.454	0.478	0.537	0.657	0.926
54	0.461	0.449	0.449	0.471	0.528	0.645	0.905
56	0.457	0.444	0.443	0.464	0.519	0.632	0.884
58	0.453	0.438	0.436	0.457	0.510	0.619	0.862
60	0.448	0.433	0.430	0.449	0.500	0.606	0.841
62	0.444	0.427	0.423	0.441	0.490	0.593	0.819
64	0.439	0.421	0.417	0.433	0.480	0.579	0.796
66	0.433	0.415	0.409	0.425	0.470	0.565	0.774
68	0.428	0.409	0.402	0.416	0.459	0.551	0.751
70	0.422	0.402	0.395	0.407	0.449	0.537	0.728
72	0.416	0.396	0.387	0.399	0.438	0.522	0.705
74	0.410	0.389	0.379	0.389	0.427	0.507	0.682
76	0.404	0.381	0.371	0.380	0.415	0.493	0.659
78	0.397	0.374	0.363	0.371	0.404	0.478	0.636
80	0.391	0.366	0.354	0.361	0.393	0.463	0.613
82	0.384	0.359	0.346	0.351	0.381	0.447	0.590
84	0.376	0.351	0.337	0.341	0.369	0.432	0.568
86	0.369	0.342	0.328	0.332	0.357	0.417	0.545
88	0.361	0.334	0.319	0.321	0.346	0.402	0.522

α	ϕ						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90	0.354	0.326	0.310	0.311	0.334	0.387	0.500
92	0.346	0.317	0.300	0.301	0.322	0.371	0.478
94	0.338	0.308	0.291	0.291	0.310	0.356	0.456
96	0.329	0.299	0.282	0.280	0.298	0.341	0.435
98	0.321	0.290	0.272	0.270	0.286	0.326	0.413
100	0.312	0.281	0.262	0.260	0.274	0.312	0.392
102	0.304	0.272	0.253	0.249	0.262	0.297	0.375
104	0.295	0.263	0.243	0.239	0.250	0.282	0.352
106	0.286	0.254	0.233	0.228	0.239	0.268	0.332
108	0.277	0.244	0.224	0.218	0.227	0.254	0.313
110	0.268	0.235	0.214	0.208	0.215	0.240	0.294
112	0.258	0.225	0.204	0.198	0.204	0.227	0.276
114	0.249	0.216	0.195	0.188	0.193	0.213	0.258
116	0.240	0.206	0.185	0.178	0.182	0.200	0.241
118	0.230	0.197	0.176	0.168	0.171	0.187	0.224
120	0.221	0.187	0.166	0.158	0.160	0.175	0.208
122	0.212	0.178	0.157	0.148	0.150	0.163	0.192
124	0.202	0.169	0.148	0.139	0.140	0.151	0.177
126	0.193	0.159	0.139	0.130	0.130	0.140	0.163
128	0.183	0.150	0.130	0.121	0.120	0.129	0.149
130	0.174	0.141	0.121	0.112	0.111	0.118	0.136
132	0.165	0.132	0.112	0.103	0.102	0.108	0.124
134	0.155	0.123	0.104	0.095	0.093	0.098	0.112
136	0.146	0.114	0.096	0.087	0.085	0.089	0.101
138	0.137	0.106	0.088	0.079	0.077	0.080	0.090
140	0.128	0.097	0.080	0.072	0.069	0.072	0.080
142	0.119	0.089	0.072	0.065	0.062	0.064	0.071
144	0.110	0.081	0.065	0.058	0.055	0.056	0.062
146	0.102	0.073	0.058	0.051	0.049	0.049	0.054
148	0.093	0.066	0.052	0.045	0.042	0.043	0.047
150	0.085	0.058	0.045	0.039	0.037	0.037	0.040
152	0.077	0.051	0.039	0.034	0.031	0.031	0.034
154	0.069	0.045	0.034	0.029	0.027	0.026	0.028
156	0.061	0.039	0.029	0.024	0.022	0.022	0.023
158	0.054	0.033	0.024	0.020	0.018	0.018	0.019
160	0.047	0.027	0.020	0.016	0.014	0.014	0.015
162	0.040	0.022	0.016	0.013	0.011	0.011	0.011
164	0.034	0.017	0.012	0.010	0.009	0.008	0.008
166	0.028	0.013	0.009	0.007	0.006	0.006	0.006
168	0.022	0.010	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004
170	0.017	0.007	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
172	0.012	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
174	0.008	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
176	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
178	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

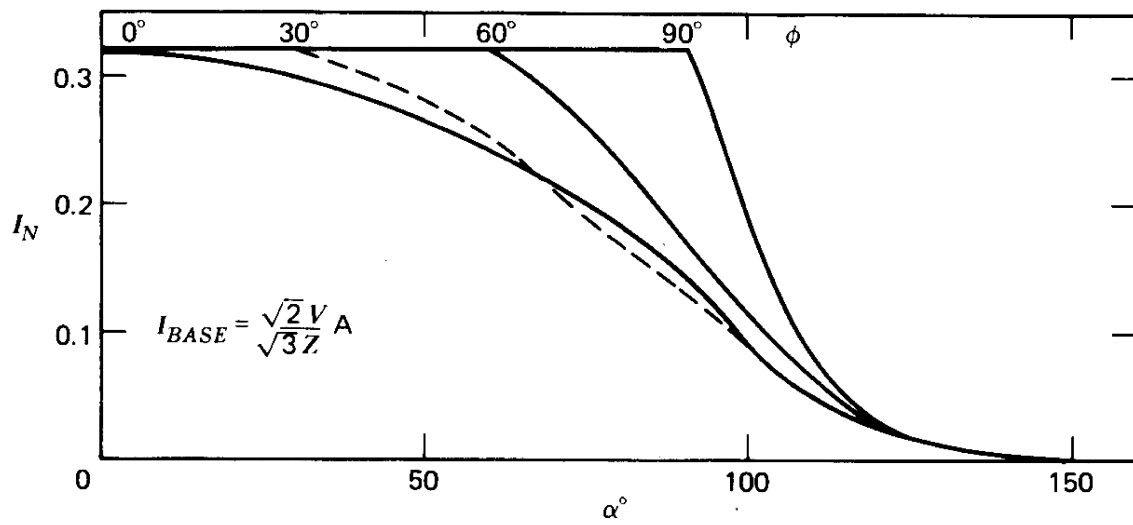


Figura 2: Corrente média normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.

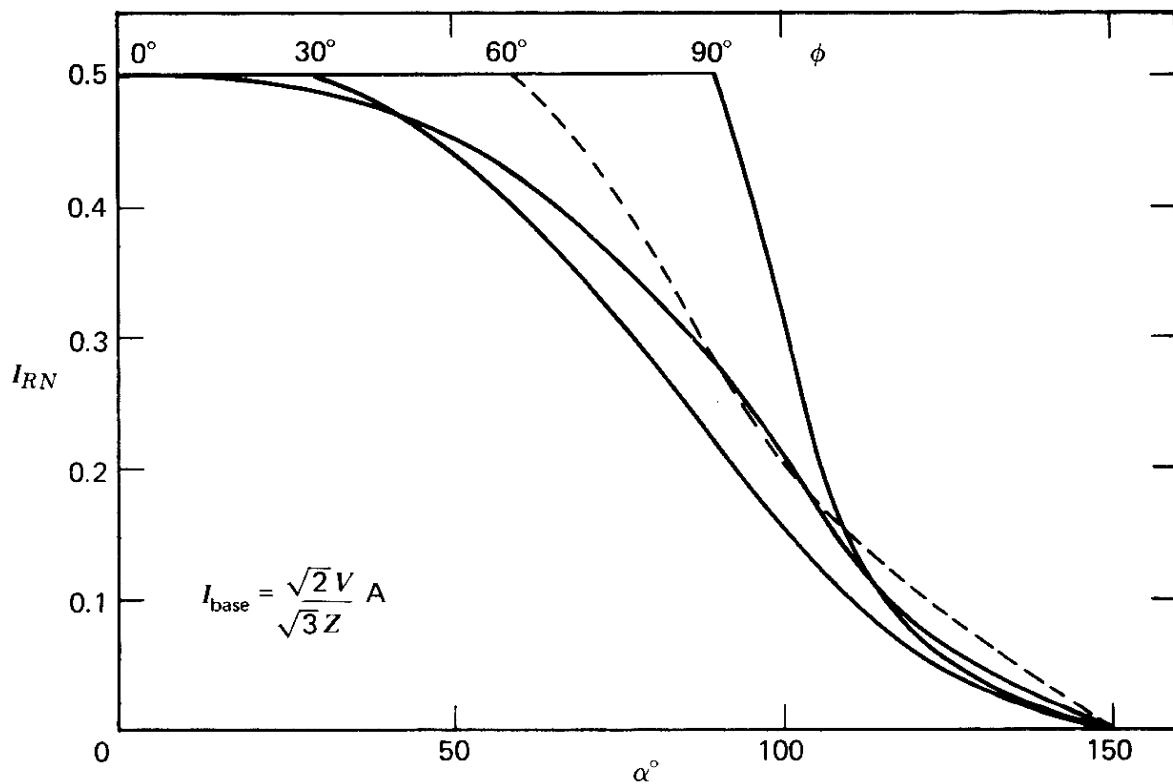
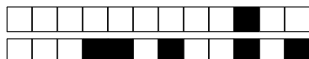


Figura 3: Corrente eficaz normalizada por tiristor de um controlador CA trifásico em estrela.



Folha de Respostas SEL0401 Eletrônica de Potência P1 29/04/2019	Nome: Número USP: X Y Z
--	---

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

Question 1:

W

C

Question 2:

W

C

Question 3:

A

B

Question 4:

A

B

Question 5:

Question 6:

A

B

Question 7:

A

B

Question 8:

W

C

Question 9:

A

B

C

D

E

Question 10:

A

B

C

D

E

Question 11:

A

B

C

D

Question 12:

A

B

C

D

E

Question 13:

A

B

C

D