



**CONCURSO DE ADMISSÃO  
AO  
CURSO DE FORMAÇÃO  
CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS**



**CADERNO DE QUESTÕES**

**2019 / 2020**

**1ª QUESTÃO**

**Valor: 1,0**

Um sistema de alimentação em corrente contínua opera com tensão de entrada que pode variar de 20 a 24 V. Esse sistema precisa alimentar uma carga resistiva de 12 W e que opera com tensão regulada de 12 V. Visando compatibilizar as tensões, será empregado um conversor baseado em eletrônica de potência, chaveado, do tipo abaixador não isolado. Supondo desprezível a ondulação (*ripple*) da tensão de saída e que o conversor opere em condução contínua, pede-se:

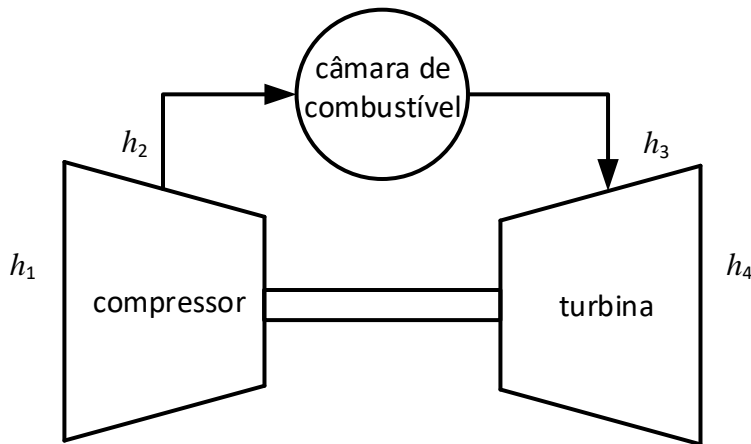
- o diagrama do circuito do conversor abaixador;
- os valores do ciclo de trabalho e da corrente média da carga, considerando os valores máximo e mínimo da tensão do sistema de alimentação.

Suponha, agora, ter havido uma redução da potência da carga, de forma que o circuito passe a operar no limite entre continuidade e descontinuidade, e a tensão de entrada seja igual a 24 V. Pede-se:

- os esboços das formas de onda da tensão e da corrente na indutância do circuito;
- os valores da corrente média de carga e de sua ondulação.

**Dados:**

- indutância do circuito: 0,3 mH;
- frequência de chaveamento: 20 kHz.

**Legenda:**

Entalpias na:

- entrada do compressor:  $h_1$ ;
- saída do compressor:  $h_2$ ;
- entrada da turbina:  $h_3$ ;
- saída da turbina:  $h_4$ .

Considere a modelagem termodinâmica de uma central termelétrica de ciclo Brayton de circuito aberto, esquematizada como mostra com a figura acima. Para essa central, são estabelecidas as seguintes condições de contorno:

- o fluido de trabalho é o ar;
- os processos são ideais;
- os calores específicos são constantes;
- cada componente opera em regime permanente;
- não há perda de pressão na câmara de combustível;
- os efeitos da energia cinética e da energia potencial são desconsiderados em todo o sistema.

**Observação:**

- considerando a equação de estado do gás ideal, em um dado volume de controle, a relação entre as propriedades temperatura ( $T$ ) e pressão ( $P$ ) nos estados  $x$  e  $y$  pode ser escrita como:

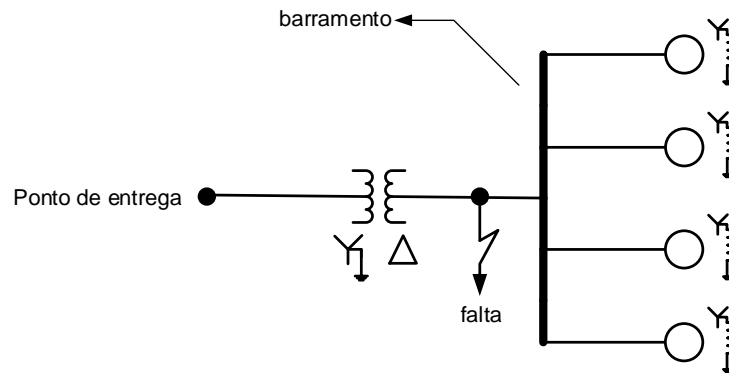
$$\frac{T_y}{T_x} = \left(\frac{P_y}{P_x}\right)^{\frac{(k-1)}{k}}$$

**Dados:**

- $k = \frac{c_p}{c_v}$ ,

onde: calor específico a pressão constante:  $c_p$ ;  
calor específico a volume constante:  $c_v$ ;  
 $k = 1,4$  (para o ar).

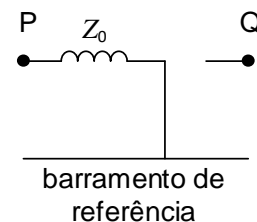
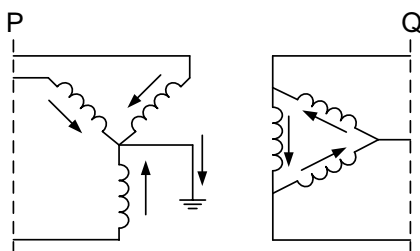
Diante do exposto, determine a eficiência do ciclo a gás em função **somente** da razão de pressão do compressor.



A figura acima mostra um barramento de onde partem os circuitos trifásicos alimentadores de quatro motores. Cada um dos motores contribuí igualmente para alimentar uma carga mecânica de 500 HP, operando com tensão no barramento de 550 V, fator de potência  $\cos \phi = 0,85$  atrasado e rendimento  $\eta = 88\%$ . Nessas condições, uma falta ocorre no lado de baixa tensão do transformador, no ponto indicado na figura.

### Dados:

- Ponto de entrega:
  - a. tensão de linha: 4,16 kV;
  - b. potência de curto-circuito simétrica:  $2000\sqrt{3}$  kVA.
- Transformador:
  - a. três transformadores monofásicos de 1000 kVA;
  - b. relação de transformação: 2400/600 V;
  - c. reatância de dispersão: 10%.
- Motores:
  - a. tensão nominal de 600 V;
  - b.  $\eta = 89,52\%$  (plena carga, tensão nominal e  $\cos \phi = 1,0$ );
  - c. potência total de saída dos motores: 600 HP;
  - d. reatâncias de seqüências positiva, negativa e zero de cada motor:  $x_1 = 20\%$ ;  $x_2 = 20\%$ ; e  $x_0 = 4\%$ ;
  - e. reatores de aterramento de cada motor:  $x = 2\%$ .
- Modelo da Sequência Zero do Transformador:

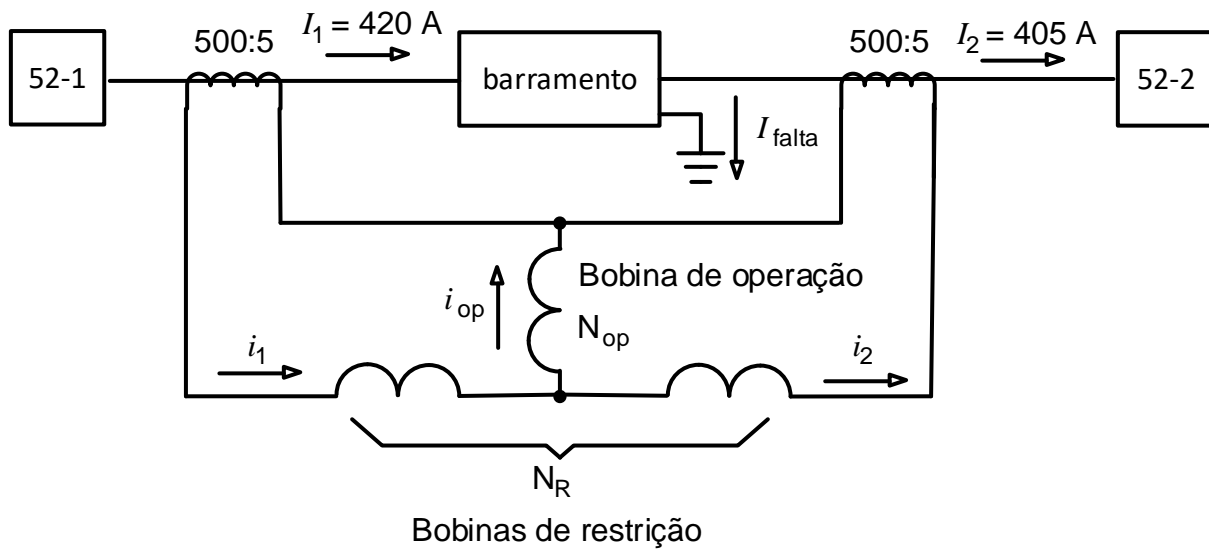


### Observações:

- considere para a solução um único motor equivalente;
- utilize como base as tensões e potência nominais do transformador.

Diante do exposto, pede-se:

- a) o motor equivalente;
- b) os circuitos de seqüências positiva, negativa e zero;
- c) os circuitos equivalentes de Thévenin para os circuitos das três seqüências no ponto da falta;
- d) as correntes de seqüência positiva para faltas fase-terra e fase-fase, em pu;
- e) as correntes de falta fase-terra e fase-fase, em ampères.

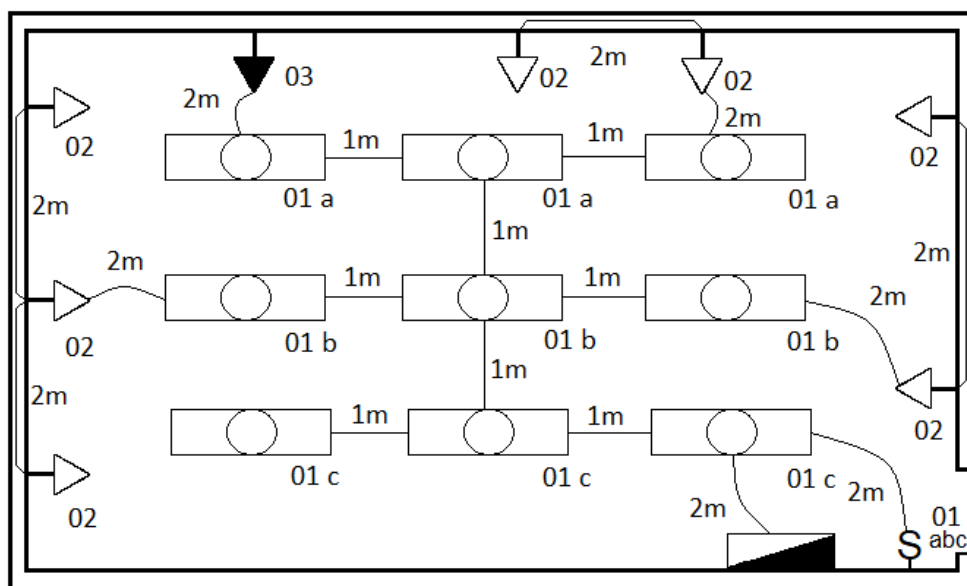


Seja um sistema elétrico de potência radial e hipotético, representado em parte por um barramento, relés diferenciais percentuais, disjuntores e transformadores de corrente ideais com relação 500:5 A, conforme mostrado na figura acima.

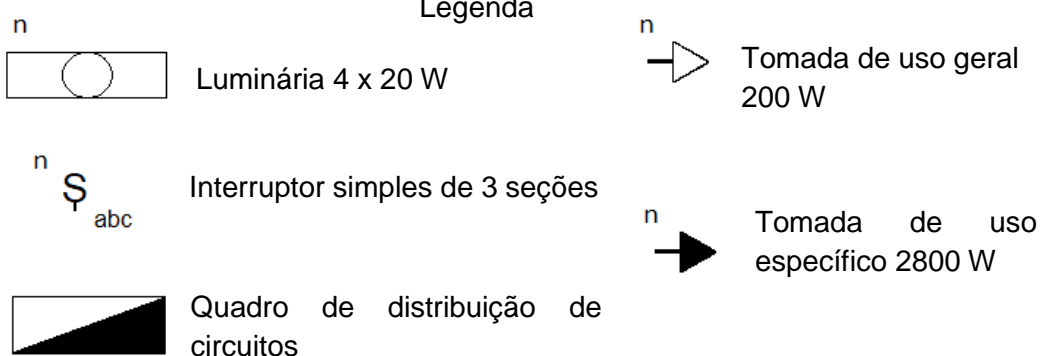
Os relés diferenciais percentuais são utilizados para proteção do barramento e estão regulados para uma declividade (*slope*) de 20% e uma corrente mínima de operação (corrente de *pick-up*) de 0,05 A.

Suponha ter havido uma falta envolvendo o terra no barramento, cuja corrente de falta para esta condição está indicada na figura. Nessas condições, determine se o relé operará para

- a condição dada e, caso não opere, o valor máximo da declividade para sua operação;
- uma corrente de falta de 15 A, mas com o disjuntor 52-2 aberto.



## Legenda



n – Número do circuito

abc - retorno

A planta baixa de um escritório, na figura acima, mostra todos os pontos elétricos e o traçado dos eletrodutos com seus respectivos comprimentos, já considerando os trechos de subidas e descidas.

**Dados:**

- tensão fase-neutro: 127 V;
- condutores: cobre com isolamento em PVC;
- temperatura ambiente: 35 °C;
- eletrodutos: PVC de seção circular embutidos na parede;
- fator de potência das cargas: 1.

**Observações:**

- a planta não se encontra em escala.
- todas as tabelas foram retiradas da NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

## 5ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

### Tabelas: (Fonte NBR 5410)

Tabela 1 – Capacidade de condução de corrente para temperatura ambiente de 30 °C, em cabos passando por eletrodutos com seção circular, embutidos em parede.

Seção nominal (mm²)	Circuito com 2 condutores (A)	Circuito com 3 condutores (A)
1,0	14	12
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4,0	32	28
6,0	41	36
10,0	57	50
16,0	76	68
25,0	101	89
35,0	125	110
50,0	151	134

Tabela 2 – Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C para linhas não subterrâneas.

Temperatura (°C)	Circuito com 2 condutores (A)	Circuito com 3 condutores (A)
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71

Tabela 3 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em um ou mais circuitos.

Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares						
	1	2	3	4	5	6	7
Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado.	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54
Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira.	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72

## 5ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

Tabela 4 – Queda de Tensão em V/A.km

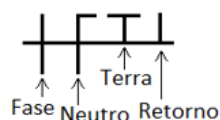
Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto não magnético	
	Circuito com 2 condutores (A)	Circuito com 3 condutores (A)
1,5	27,6	23,9
2,5	16,9	14,7
4,0	10,6	9,15
6,0	7,07	6,14
10,0	4,23	3,67
16,0	2,68	2,33
25,0	1,71	1,49
35,0	1,25	1,09
50,0	0,94	0,82

Tabela 5 - Correntes convencionais de atuação, de não atuação e tempos convencionais para disjuntores.

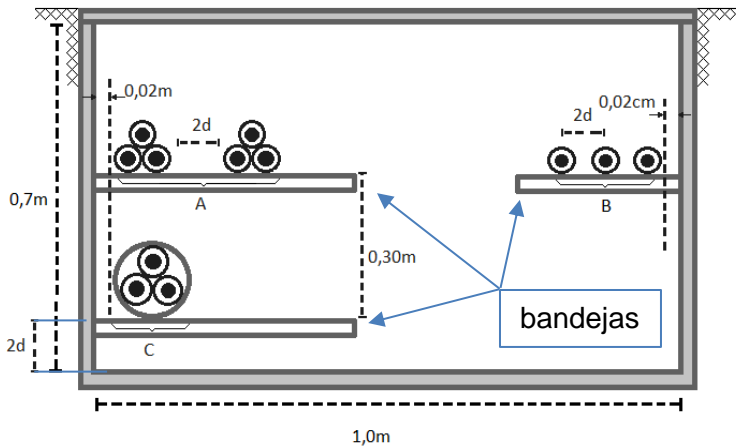
Corrente nominal ou de ajuste	Corrente convencional de não atuação	Corrente convencional de atuação	Tempo convencional (h)
$I_N \leq 63 \text{ A}$	1,05	1,30	1
$I_N > 63 \text{ A}$	1,05	1,25	2

Diante do exposto, pede-se:

- a) desenhar o traçado de todos os circuitos pelos eletrodutos da planta baixa no caderno de soluções, sabendo que o esquema de aterramento é o TN-S, empregando a representação a seguir:



- b) dimensionar os circuitos 01 e 02 pelos critérios de:
- capacidade de condução de corrente;
  - queda de tensão, admitindo-se uma queda máxima de 2 % nos circuitos terminais;
  - seção transversal mínima.
- c) dimensionar a proteção do circuito 01 pelo critério de sobrecorrente, considerando que o dispositivo de proteção deve atuar com segurança dentro do tempo convencional fixado para correntes não superiores a  $1,45I_z$ , em que  $I_z$  é a capacidade máxima de condução do condutor nas condições de instalação.



circuito	$V$ [kV]	$I_n$ [A]	cabo a ser utilizado
A	34,5	2x250	EPR
B	13,8	200	EPR
C	13,8	190	XLPE

Considere a instalação em canaleta, em bandejas, dos cabos de energia de média tensão, que compreende 3 (três) circuitos, dispostos conforme a figura.

Adotando, inicialmente, a seção transversal de cada cabo 3 seções imediatamente acima da correspondente à corrente nominal ( $I_n$ ), determine a corrente corrigida final dos cabos pelo critério de capacidade de condução de corrente, comentando no final, em qual(is) cabo(s) pode(m) ser refeitos os cálculos para uma seção transversal menor. Apresente ainda os seguintes itens no cálculo:

- as perdas por efeito Joule;
- as perdas por efeito capacitivo;
- o fator de correção da temperatura ambiente; e
- o fator de correção devido ao acréscimo de temperatura no interior da canaleta.

#### Dados:

- Temperatura ambiente: 40 °C;
- Fatores de perdas no dielétrico tg  $\delta$ :
  - EPR: 0,040
  - XLPE: 0,008
- Máxima temperatura admissível no condutor em regime normal de operação:  $T_c = 90$  °C;
- $\sqrt{3} \approx 1,73$ ;
- $\sqrt{0,633} \approx 0,796$ ;
- diâmetro do cabo:  $d$ .

#### Observação:

- Todas as tabelas foram retiradas do manual da Prysmian de média tensão.

Cabos	linha	Fatores $f_t$ para temperatura ambiente		
		30 °C	35 °C	40 °C
EPR compact, EPR e XLPE	subterrânea	0,93	0,89	0,85
	não subterrânea	1,00	0,96	0,91



## 6ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

### Tabelas:

#### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

##### CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS POR CONDUTOR AO AR LIVRE

temperatura no condutor: 90°C — temperatura ambiente: 30°C

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	em bandejas			em canaletas			em eletrodutos (*)		
	I 3 cabos unipolares em plano	II 3 cabos unipolares em trifólio	III 1 cabo tripolar	IV 3 cabos unipolares em plano	V 3 cabos unipolares em trifólio	VI 1 cabo tripolar	VII 3 cabos unipolares em plano	VIII 3 cabos unipolares em trifólio	IX 1 cabo tripolar

#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 3,6/6 kV A 8,7/15 kV

10	105	87	87	92	80	80	87	67	67
16	137	114	114	120	104	104	114	87	87
25	181	150	150	156	135	135	147	112	112
35	221	183	183	189	164	164	178	136	136
50	267	221	221	226	196	196	213	162	162
70	333	275	275	279	243	243	262	200	200
95	407	337	337	336	294	294	316	243	243
120	470	390	390	384	338	338	361	278	278
150	536	445	445	433	382	382	408	315	315
185	613	510	510	491	435	435	463	357	357
240	721	602	602	569	509	509	541	419	419
300	824	687	687	643	575	575	614	474	474
400	959	796	796	734	658	658	706	543	543
500	1.100	907	—	829	741	—	803	613	—

#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 12/20 kV A 20/35 kV

16	137	118	118	120	107	107	115	91	91
25	179	154	154	155	138	138	149	117	117
35	217	186	186	187	166	166	179	139	139
50	259	225	225	221	199	199	215	166	166
70	323	279	279	273	245	245	264	205	205
95	394	341	341	329	297	297	319	247	247
120	454	393	393	375	340	340	364	283	283
150	516	448	448	423	385	385	411	320	320
185	595	513	513	482	437	437	466	363	363
240	702	604	604	560	510	510	545	425	425
300	802	690	—	633	578	—	618	481	—
400	933	800	—	723	661	—	711	550	—
500	1.070	912	—	817	746	—	809	622	—

(\*) Eletrodutos não-metálicos. NBR 14039/2003 - Tabela 28.

## 6ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

### FATORES DE AGRUPAMENTO

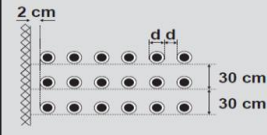
#### INSTALAÇÕES AO AR LIVRE

##### CABOS UNIPOLARES EM PLANO

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.

número de ternas

1 | 2 | 3

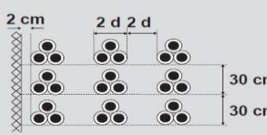
instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )		
			1	2	3
		1	1	0,97	0,96
		2	0,97	0,94	0,93
		3	0,96	0,93	0,92
		6	0,94	0,91	0,90

##### CABOS UNIPOLARES EM TRIFÓLIO

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.

número de ternas

1 | 2 | 3

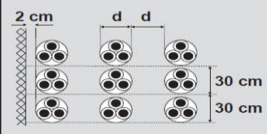
instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )		
			1	2	3
		1	1	0,98	0,96
		2	1	0,95	0,93
		3	1	0,94	0,92
		6	1	0,93	0,90

##### CABOS TRIPOLARES

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.

número de ternas

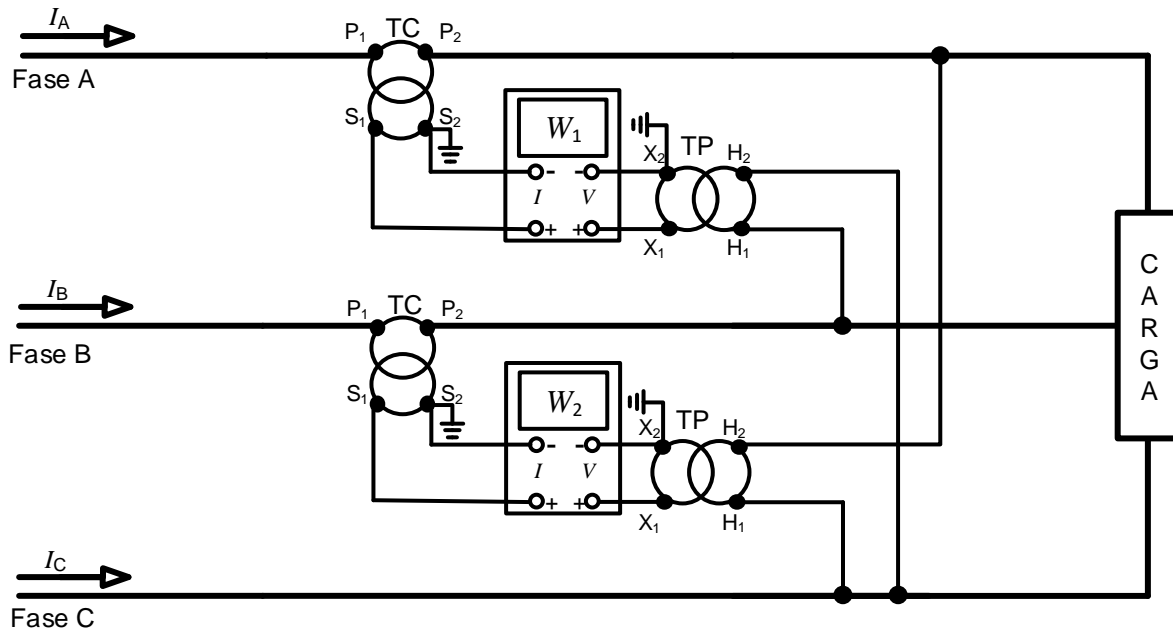
1 | 2 | 3 | 6 | 9

instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )				
			1	2	3	6	9
		1	1	0,98	0,96	0,93	0,92
		2	1	0,95	0,93	0,90	0,89
		3	1	0,94	0,92	0,89	0,88
		6	1	0,93	0,90	0,87	0,86

# 6ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

## PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub>															
		unipolar														tripolar	
		(Ω.km)		s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>		
epro-tenax	volta-lene	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>		
(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)		
<b>EPROTENAX E VOLTALENE - 8,7/15 kV</b>																	
25	0,727	14.412	—	0,932	0,239	0,939	0,321	0,943	0,353	0,928	0,170	0,942	0,344	0,928	0,159		
35	0,524	13.151	14.866	0,673	0,231	0,680	0,308	0,684	0,340	0,670	0,162	0,683	0,332	0,669	0,151		
50	0,387	12.099	13.678	0,498	0,224	0,505	0,298	0,509	0,330	0,495	0,155	0,507	0,321	0,494	0,144		
70	0,268	10.757	12.161	0,347	0,215	0,353	0,284	0,356	0,316	0,343	0,145	0,355	0,307	0,343	0,136		
95	0,193	9.632	10.888	0,251	0,208	0,257	0,271	0,260	0,304	0,248	0,138	0,259	0,295	0,248	0,129		
120	0,153	8.915	10.078	0,202	0,204	0,208	0,263	0,212	0,295	0,198	0,134	0,211	0,286	0,197	0,125		
150	0,124	8.258	9.335	0,165	0,199	0,171	0,255	0,175	0,287	0,161	0,130	0,174	0,278	0,161	0,121		
185	0,099	7.620	8.613	0,133	0,195	0,139	0,246	0,143	0,278	0,130	0,126	0,142	0,270	0,129	0,117		
240	0,075	6.780	7.665	0,103	0,189	0,108	0,235	0,112	0,267	0,100	0,120	0,111	0,258	0,100	0,112		
300	0,060	6.214	7.024	0,087	0,186	0,093	0,226	0,098	0,257	0,082	0,117	0,097	0,249	0,082	0,109		
400	0,047	5.705	6.449	0,071	0,183	0,076	0,218	0,081	0,250	0,066	0,113	0,080	0,241	—	—		
500	0,037	5.150	5.882	0,058	0,179	0,062	0,208	0,067	0,240	0,054	0,110	0,066	0,232	—	—		
<b>EPROTENAX E VOLTALENE - 6/10 kV</b>																	
16	1,150	13.368	15.112	1,470	0,244	1,480	0,337	1,480	0,369	1,470	0,174	1,480	0,361	1,470	0,162		
25	0,727	11.793	13.331	0,932	0,232	0,940	0,320	0,944	0,353	0,928	0,162	0,943	0,344	0,928	0,150		
35	0,524	10.698	13.595	0,673	0,223	0,681	0,308	0,685	0,340	0,670	0,154	0,684	0,332	0,669	0,142		
50	0,387	9.794	11.072	0,498	0,216	0,506	0,298	0,510	0,330	0,495	0,147	0,509	0,321	0,495	0,136		
70	0,268	8.651	9.779	0,347	0,208	0,353	0,284	0,357	0,316	0,343	0,139	0,356	0,307	0,343	0,128		
95	0,193	7.702	8.706	0,251	0,201	0,258	0,271	0,261	0,303	0,248	0,132	0,260	0,295	0,248	0,122		
120	0,153	7.102	8.029	0,200	0,197	0,206	0,263	0,209	0,295	0,197	0,128	0,208	0,286	0,197	0,118		
150	0,124	6.555	7.410	0,164	0,193	0,169	0,255	0,172	0,287	0,161	0,124	0,171	0,278	0,162	0,114		
185	0,099	6.028	6.814	0,133	0,189	0,139	0,246	0,144	0,278	0,130	0,120	0,142	0,270	0,130	0,111		
240	0,075	5.339	6.036	0,103	0,185	0,109	0,235	0,113	0,267	0,100	0,115	0,112	0,258	0,100	0,106		
300	0,060	4.878	5.514	0,084	0,181	0,089	0,226	0,093	0,258	0,082	0,112	0,092	0,250	0,082	0,103		
400	0,047	4.465	5.048	0,071	0,178	0,076	0,218	0,082	0,249	0,067	0,109	0,080	0,241	0,067	0,101		
500	0,037	4.018	4.542	0,058	0,175	0,063	0,208	0,068	0,240	0,055	0,106	0,067	0,232	—	—		



Um técnico deve realizar a medição da potência reativa de uma carga trifásica equilibrada, por meio de dois wattímetros ( $W_1$  e  $W_2$ ), conforme mostrado na figura acima. Considerando que os transformadores de medição são ideais, determine:

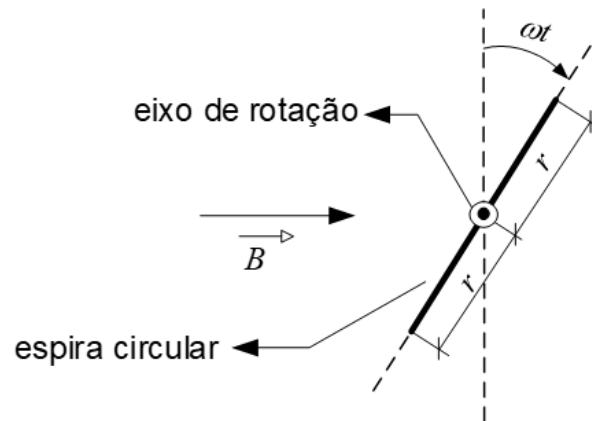
- o diagrama fasorial de sequência positiva das tensões e das correntes usadas na leitura dos wattímetros, com seus respectivos ângulos;
- as leituras dos wattímetros  $W_1$  e  $W_2$ ;
- o valor da potência reativa trifásica da carga.

**Dados:**

- tensão de linha entre as fases A e B:  $V_{AB} = 13,8 \angle 30^\circ$  kV;
- corrente de linha da fase A:  $I_A = 10 \angle -60^\circ$  A;
- transformador de potencial: 13800/115 V; e
- transformador de corrente: 25/5 A.

## 8ª QUESTÃO

Valor: 1,0

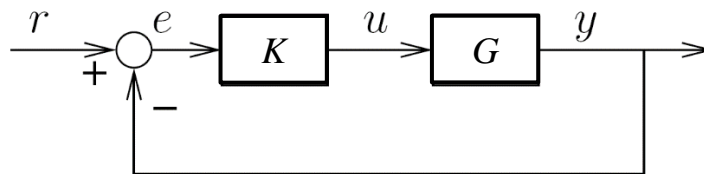


vista lateral

Uma espira condutora circular de raio  $r$  gira ao redor de seu diâmetro com velocidade angular  $\omega$  [rad/s] na presença de uma densidade de campo magnético  $B$  [T] constante, perpendicular ao eixo de rotação, conforme mostra a figura acima. Considerando que a espira possui uma impedância  $Z = R + j\omega L$  [ $\Omega$ ], determine a potência média, em  $W$ , dissipada na espira.

## 9ª QUESTÃO

Valor: 1,0



No sistema em malha fechada mostrado na figura acima, a planta  $G$  admite a representação em espaço de estados:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= -3x_2(t) - 2u(t), \\ \dot{x}_2(t) &= x_1(t) + x_2(t), \\ y(t) &= -x_2(t)\end{aligned}$$

O controlador  $K$  a ser projetado admite a seguinte função de transferência:

$$K(s) = \frac{s - 4}{s + p}$$

Determine:

- a função de transferência em malha aberta da planta  $G$ ;
- a função de transferência em malha fechada da referência  $r$  para a saída  $y$ , em função do parâmetro  $p$  do controlador;
- o valor do parâmetro  $p$  do controlador para que o sistema em malha fechada seja estável e possua todos os polos sobre o círculo de raio unitário centrado na origem.

Um transformador tem seus enrolamentos primários submetidos às tensões de linha mostradas na Figura 1 e seus enrolamentos conectados conforme a Figura 2.

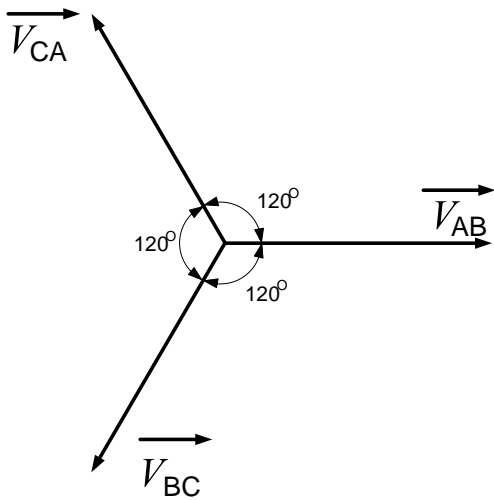


Figura 1

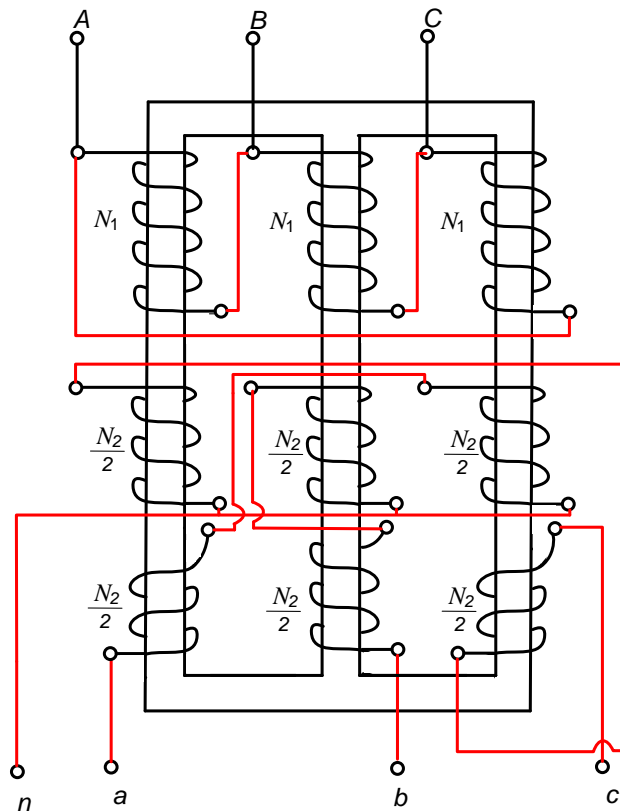


Figura 2

Para o secundário do transformador, pede-se:

- esboçar o diagrama fasorial das tensões de fase e de linha;
- determinar os módulos e fases das tensões de fase e de linha.

**Dados:**

- módulo da tensão de linha:  $|V_{AB}| = |V_{BC}| = |V_{CA}| = 1000 \text{ V}$ ;
- número de espiras do primário:  $N_1 = 500$  espiras;
- número de espiras do secundário:  $N_2 = 400$  espiras.



