



CONCURSO DE ADMISSÃO

AO

CURSO DE FORMAÇÃO

ENGENHARIA ELÉTRICA

CADERNO DE QUESTÕES

2010



1ª QUESTÃO

Valor: 1,00

Seja um circuito RLC série alimentado por uma fonte de tensão e sem energia inicialmente armazenada. Quando se aplica um degrau unitário de tensão em $t = 0$ s aos terminais do circuito, observa-se que uma corrente $i(t) = \frac{125}{24} e^{-700t} \text{sen}(2400t)$ mA circula pelos elementos para $t > 0$ s.

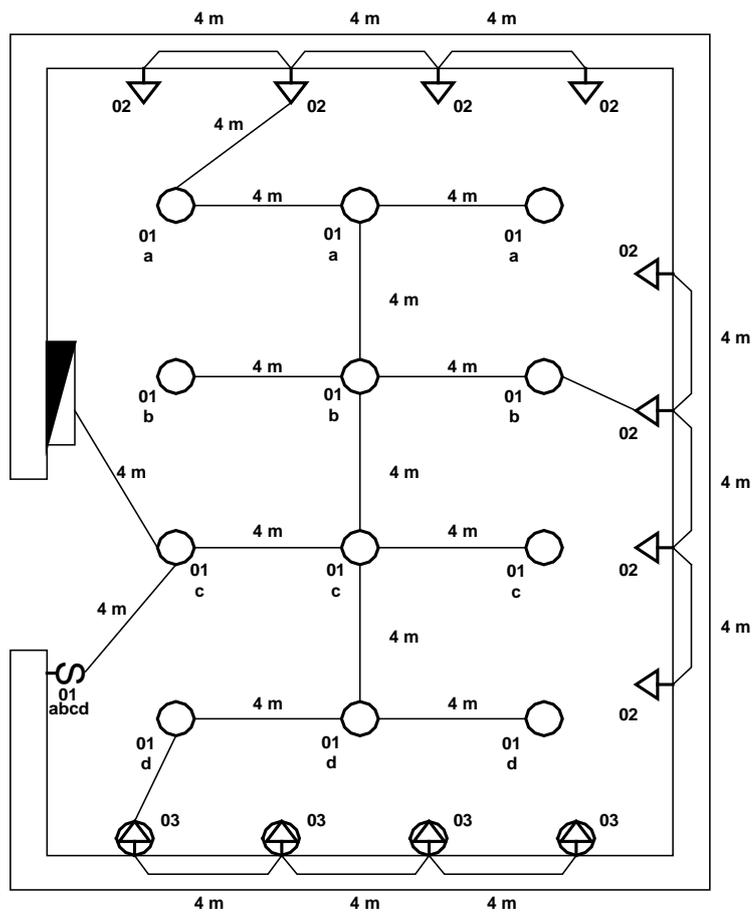
Dados:

Transformadas de Laplace e algumas propriedades
$L[f(t)] = F(s)$
$L[e^{-at} f(t)] = F(s + a)$
$L[\text{sen}(\beta t)] = \frac{\beta}{s^2 + \beta^2}$
$L\left[\frac{d}{dt} f(t)\right] = sF(s) - f(0+)$
$L\left[\int_{0+}^t f(\lambda) d\lambda\right] = \frac{F(s)}{s}$

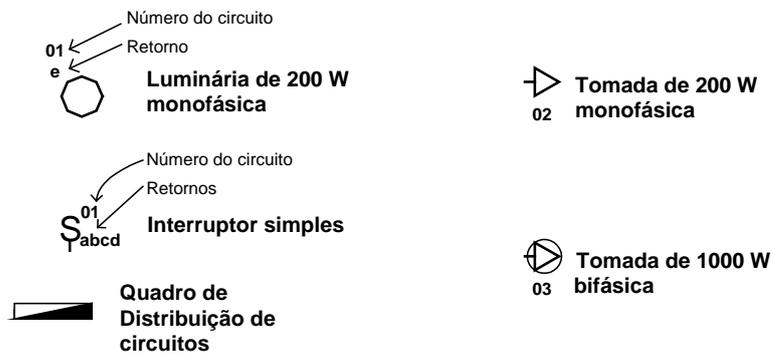
Determine:

- os valores de R , L e C .
- o maior valor de R para que a corrente $i(t)$ possua um comportamento criticamente amortecido na resposta ao degrau unitário de tensão, considerando os valores de L e C fixos, determine.
- o valor da frequência, em rad/s, para que a corrente $i(t)$ possua amplitude máxima em regime permanente, supondo que uma tensão senoidal seja aplicada ao circuito.

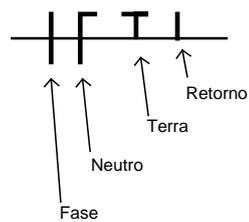
Considera a figura a seguir:



LEGENDA



LEGENDA A SER UTILIZADA NA SOLUÇÃO



2ª QUESTÃO (Continuação)

Na figura, tem-se uma planta baixa, em que é apresentado o traçado dos eletrodutos com os seus respectivos comprimentos (já considerando os trechos de subidas e descidas) e os pontos de luz e força.

Além dos dados e informações constantes na figura, abaixo estão apresentadas as demais características da instalação:

- Tensão fase-neutro: 127 V.
- Condutores de cobre isolados.
- Temperatura ambiente: 35 ° C.
- Isolação de PVC.
- Eletrodutos de PVC de seção circular embutidos na parede.
- Fator de demanda da instalação: 1.
- Fator de potência das cargas: 1.
- A bitola mínima dos circuitos:
 - Luz: 1,5 mm².
 - Força: 2,5 mm².

Tabelas:

Seção nominal [mm ²]	Circuito com 2	Circuito com 3
1,0	13,5	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	111
50,0	151	134

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

2ª QUESTÃO (Continuação)

Temperatura (°C)	Isolação PVC	Isolação XLPE
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
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12

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

Disposição dos cabos	Fatores de correção							
	Número de circuitos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Contidos em eletroduto	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,5

Tabela 3. Fatores de correção para agrupamento de um ou mais circuitos instalados em eletroduto.

Seção Nominal (mm ²)	Eletroduto não magnético	
	Circuito monofásico	Circuito trifásico
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 4. Queda de Tensão em V/A.km

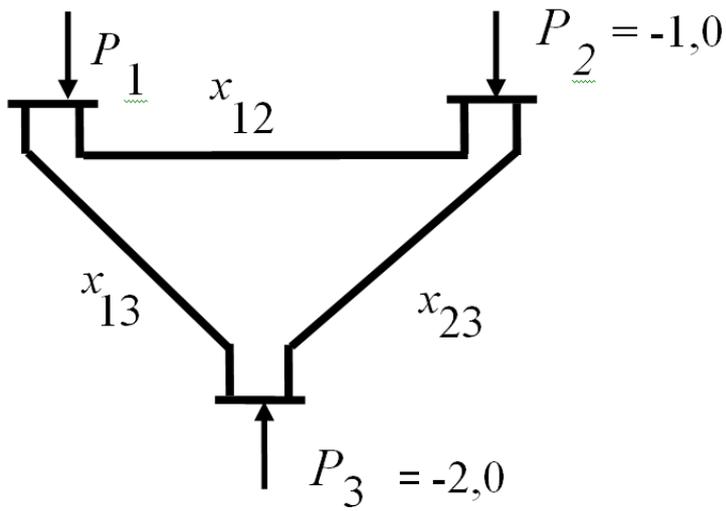
2ª QUESTÃO (Continuação)

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

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

Pede-se:

- a) o traçado dos pelas linhas de modo a atender o que é proposto na planta baixa.
- b) o dimensionamento do circuito 02 pelos critérios de:
 - capacidade de condução de corrente;
 - queda de tensão, admitindo-se uma queda máxima de 2,0% no circuito terminal.
 - bitola mínima
- c) a proteção do circuito 02 pelo critério da sobrecorrente, para que o dispositivo de proteção atue com segurança dentro do tempo convencional fixado para correntes não superiores a $1,45I_Z$, sendo I_Z a capacidade máxima de condução de corrente elétrica do condutor nas condições de instalação.



(reatâncias das linhas em pu):

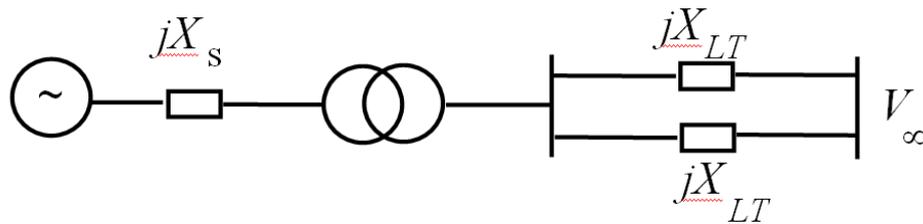
$$x_{12} = \frac{1}{2} \text{ pu}$$

$$x_{13} = \frac{1}{4} \text{ pu}$$

$$x_{23} = \frac{1}{4} \text{ pu}$$

Considere o sistema elétrico de potência da figura acima, onde são mostradas três barras conectadas entre si. Considerando, ainda, o modelo linearizado para a solução do fluxo de potência, determine:

- a matriz tipo admitância nodal do sistema (matriz B')
- o vetor \underline{P} de injeção de potência líquida das barras
- o vetor $\underline{\theta}$ dos ângulos das tensões nodais
- os fluxos de potência ativas entre as barras (P_{12} , P_{13} e P_{23})



A figura acima apresenta um sistema elétrico composto por uma máquina síncrona de polos lisos conectada a uma barra infinita através de duas linhas de transmissão em paralelo, modeladas apenas por uma reatância longitudinal.

No contexto do problema da estabilidade angular, suponha a ocorrência de um curto-circuito trifásico nos terminais do gerador. Empregando-se o critério de igualdade de áreas para a estabilidade, determine:

- a equação ângulo x potência desse sistema ($P_e = P_{max} \sin \theta$) na condição pré-falta;
- o ângulo crítico para eliminação da falta (δ_{cr}), em função do ângulo δ_0 (ângulo original do rotor da máquina antes da ocorrência do curto).

Dados:

V_t : tensão terminal do gerador (pu)

E : fem do gerador (pu)

V_∞ : tensão na barra infinita (pu)

X_{LT} : reatância de cada linha de transmissão (pu)

X_T : reatância equivalente do transformador (pu)

X_s : reatância equivalente do gerador síncrono (pu)

δ_0 : ângulo original do rotor da máquina antes do curto-circuito

δ_{cr} : ângulo crítico de extinção do curto circuito para manutenção da estabilidade.

θ : abertura angular entre a barra infinita e a fem do gerador.

P_{max} : valor máximo teórico de potência ativa a ser transmitida pelo sistema.

Em uma organização militar (OM), após a verificação das faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária local, o estudo das características de uso das instalações e a disponibilização de dados de um analisador de consumo e de demanda instalado junto ao medidor de energia elétrica, constatou-se:

- modalidade tarifária: Convencional;
- demanda contratada: 150 kW;
- OM recebe em média tensão: 13,8 kV;
- consumo médio mensal: 25.000 kWh, sendo que 80% deste ocorre no horário fora de ponta;
- cobrança média mensal por excedente de consumo e demanda de reativos é de 4% da soma dos valores referentes aos kW e kWh faturados;
- máxima demanda registrada: 143 kW;
- às 17 horas e 10 minutos há um pico de demanda de 88 kW.

O término do horário de ponta, adotado pela concessionária local, é 20 horas. A tabela abaixo traz os valores, em reais, por unidade de medição (kWh e kW), referentes às cobranças nas diversas modalidades tarifárias (considere períodos secos e úmidos com a mesma tarifa):

	Valores em reais		
	Convencional	Horo-sazonal Verde	Horo-sazonal Azul
Consumo Fora de Ponta (kWh)	0,20	0,15	0,15
Consumo na Ponta (kWh)	0,20	1,00	0,30
Demanda Fora de Ponta (kW)	30,00	10,00	10,00
Demanda na Ponta (kW)	30,00	10,00	40,00

No caso de cobrança por ultrapassagem da demanda contratada, o custo é igual a três vezes o valor da tarifa correspondente (da tabela).

O custo da instalação de um banco de capacitores para corrigir o fator de potência é de R\$ 4.300,00 (quatro mil e trezentos reais).

As atividades inerentes à OM não permitem deslocamentos de cargas para horários diferentes daqueles que a caracterizam.

O orçamento do Exército Brasileiro é anual e não há correção monetária ou juros.

Considerando os dados apresentados, analise o Potencial Técnico e o Potencial Econômico no período de gestão orçamentária anual. Justifique sua resposta.

Você é o encarregado de uma reforma em uma subestação (SE) rebaixadora de tensão, com um único transformador, que atende a determinado quartel. No lado primário do transformador, há um relé de sobrecorrente estático que trabalha com uma corrente de acionamento da unidade temporizada (I_{at}) de até 35 A. Ao verificar o antigo projeto da instalação, percebe-se que parte dos dados foram perdidos. Dentre os que estão legíveis, observa-se que:

- o transformador tem a potencia nominal de 204 kVA;
- a tensão no primário é de 12 kV e no secundário é 380 V;
- a corrente de curto-circuito é 1.500 A; e
- a concessionária local, na época do projeto, determinava que a corrente máxima admissível em caso de sobrecarga ou curto-circuito deveria ser igual a 200% da corrente nominal do transformador. Esse foi o valor usado naquele projeto.

Há necessidade de substituição do atual transformador por outro com potência nominal de 500 kVA, com os mesmos valores de tensões primárias e secundárias. Atualmente, em caso de falta, a concessionária local determina que a corrente máxima admissível seja 150% da corrente nominal do transformador. Com base nessas informações, responda:

- a) Qual foi a potência simétrica de curto-circuito no ponto de entrega de energia elétrica utilizado no antigo projeto?
- b) Para $K_r = 2$, constante de multiplicação do relé (ajustada no potenciômetro), qual é a corrente nominal com a qual o relé funciona?
- c) O atual relé pode fazer parte do sistema de proteção do novo transformador considerando a atual corrente máxima admissível? Justifique sua resposta.

Dado:

- $I_{at} = K_r \times I_{nr}$, sendo I_{nr} a corrente nominal do relé.

Observação:

- considere $\sqrt{3} = 1,7$.

Deseja-se utilizar uma lei de controle do tipo realimentação estática de saída para estabilizar um sistema dinâmico, conforme ilustrado no diagrama em blocos da Figura 1 abaixo.

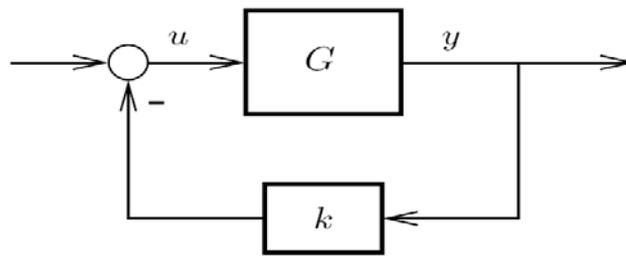


Figura 1

O sistema G admite a seguinte representação em espaço de estado:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 5 & -2 & 7 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

- Determine a função de transferência em malha aberta $G(s)$ de u para y .
- Indique a faixa de valores de ganho k que estabilizam o sistema em malha fechada.
- Determine o valor de k que estabiliza o sistema e que garante uma margem de fase de 45° .

8ª QUESTÃO**Valor: 1,00**

Um transformador de distribuição trifásico (TD), 13,8 kV – 220/127 V, alimenta um conjunto de consumidores que, em virtude de suas características, foram agrupados por tipo. Os tipos de consumidores, suas quantidades e demais características necessárias ao dimensionamento do TD, são apresentados na tabela a seguir:

Consumidor	Quantidade	Potência Instalada [kVA]	Fator de potência	Fator de demanda	Fator de diversidade
Tipo I	6	8,0	0,92	0,56	2,0
Tipo II	9	6,0	0,92	0,60	1,6
Tipo III	3	12,0	0,92	0,70	1,4

Tabela – Consumidores atendidos pelo transformador de distribuição

Diante do exposto, pede-se determinar:

- a demanda diversificada (D_{div}) a que estará sujeita o TD;
- a potência nominal (valor comercial) desse TD;
- o percentual de sobrecarga ou reserva de carga do TD para o atendimento dos consumidores listados na tabela;
- o módulo da parcela de corrente que essas cargas deverão contribuir na corrente do Alimentador Primário (AP) que supre esse TD. Despreze as perdas no TD e considere que o sistema seja trifásico equilibrado.

Dados:

- valores comerciais de transformadores de potência [kVA]: 30; 45; 75; 112,5 e 225.

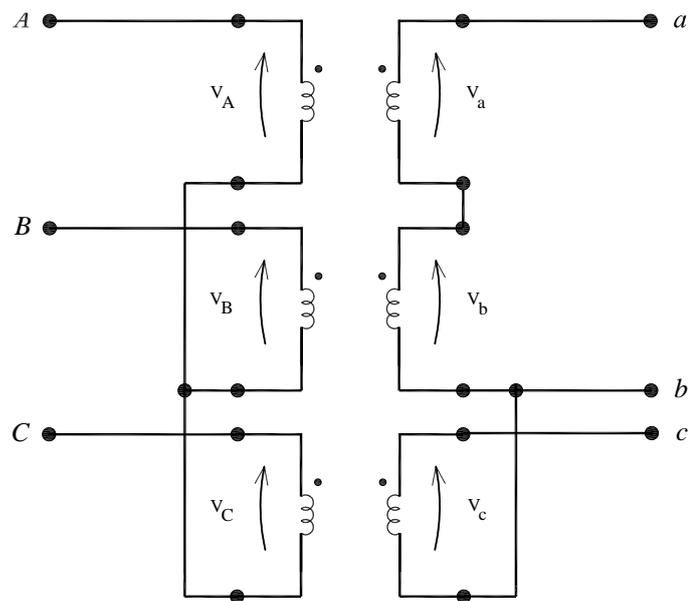


Figura 1

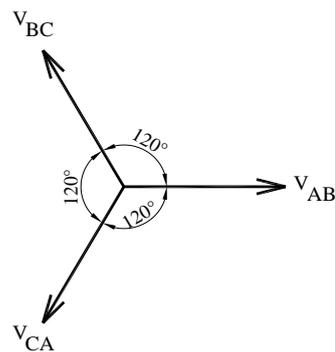
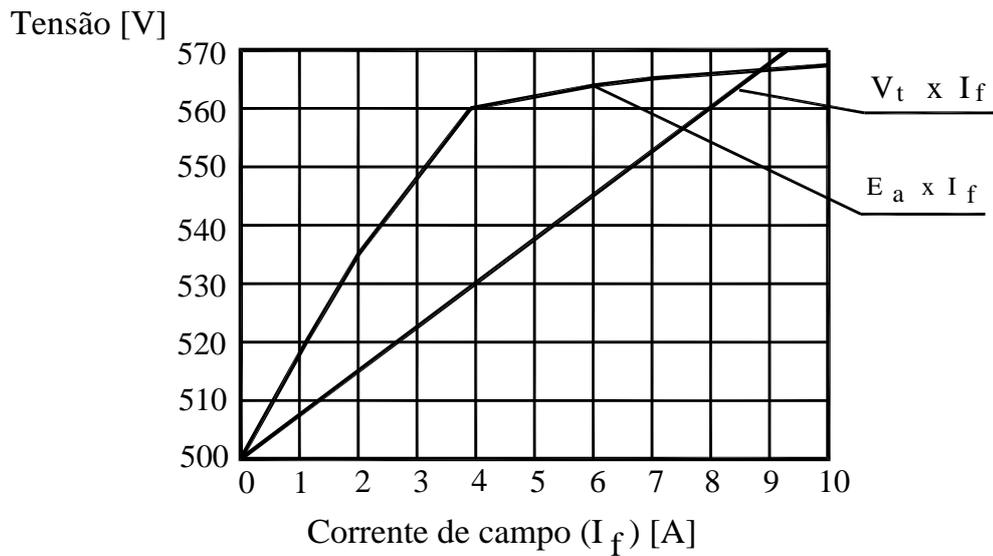


Figura 2

Um transformador trifásico é constituído por um banco de transformadores monofásicos 13200/440 V conectados conforme apresentado na Figura 1. As tensões de linha V_{AB} , V_{BC} e V_{CA} aplicadas no lado de alta do transformador, possuem módulo igual a 13200 V, e estão defasadas conforme apresentado na Figura 2. Pede-se esboçar, indicando módulo e fase, os diagramas fasoriais:

- das tensões de fase (V_A, V_B e V_C) do lado de alta do transformador
- das tensões de fase (V_a, V_b e V_c) do lado de baixa do transformador
- das tensões de linha (V_{ab}, V_{bc} e V_{ca}) do lado de baixa do transformador



A figura acima apresenta o resultado do levantamento das curvas de tensão de armadura (E_A) e de tensão terminal (V_T) de um motor shunt DC que possui as seguintes características:

- resistência de armadura: $R_a = 0,25 \Omega$
- resistência de ajuste: $R_{ajuste} = 0$ a 200Ω
- resistência de campo: $R_f = 20 \Omega$

O gerador em questão atende uma carga que demanda uma corrente de 120 A. Nessas condições, pede-se:

- a) a tensão terminal do gerador;
- b) a tensão induzida na armadura;
- c) o valor da resistência de ajuste;
- d) o rendimento do gerador, desprezando as perdas mecânicas.

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO