

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 01(1 PONTO):

(a)(0,25 PONTOS)

Resposta:

$$v(t) = 10 + 5 \cos(2\pi 60t) \text{ (V)}$$

(b)(0,50 PONTOS)

Resposta:

O valor eficaz é dado pelo valor quadrático médio em período do sinal:

$$V_{eficaz} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} \rightarrow V_{eficaz} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [100 + 100 \cos(2\pi 60t) + 25 \cos^2(2\pi 60t)] dt}$$

$$\rightarrow V_{eficaz} = \sqrt{[100 + 0 + 25 \int_0^T (\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(4\pi 60t))] dt} \rightarrow V_{eficaz} = \sqrt{[100 + 0 + \frac{25}{2} + 0]}$$

$$V_{eficaz} = \sqrt{112,5} \rightarrow \text{Resposta: } V_{eficaz} = 10,61 \text{ V}$$

Dica: $\cos^2(a) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2a)$

(c)(0,25 PONTOS)

Resposta:

Cálculo do valor médio:

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \rightarrow V_m = \frac{1}{T} \int_0^T [10 + 5 \cos(2\pi 60t)] dt \rightarrow V_m = \frac{1}{T} \int_0^T 10 dt + 5 \int_0^T \cos(2\pi 60t) dt$$

$$\rightarrow V_m = 10 \text{ V}$$

QUESTÃO 02 (1 PONTO):

(a)(0,1 PONTOS) Escreva a expressão matemática da potência instantânea de uma das fases deste circuito trifásico.

Resposta:

Expressões da tensão $v(t)$ e $i(t)$ por fase em função do tempo:

$$v(t) = V \cos(\omega t) \rightarrow i(t) = I \cos(\omega t - \theta) \quad \text{:: corrente atrasada em relação a tensão}$$

Expressão matemática da potência instantânea por fase em função do tempo:

$$p(t) = v(t)i(t) = \sqrt{2} V \cos(\omega t) \sqrt{2} I \cos(\omega t - \theta)$$

$$\rightarrow p(t) = v(t)i(t) = 2 V \cos(\omega t) I \cos(\omega t - \theta)$$

(b)(0,2 PONTOS)

Valor médio da potência Instantânea por fase:

$$P_m = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

$$\rightarrow p(t) = VI[\cos(2\omega t - \theta) + \cos(\theta)] \rightarrow P_m = VI \cos(2\omega t - \theta) + VI \cos(\theta)$$

$$\rightarrow P_m = VI \cos(\theta) \quad \text{:: Potência Ativa por fase}$$

(c)(0,2 PONTOS)

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

Resposta:

$\rightarrow T = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\omega}$:: Metade do período do sinal de tensão e corrente

(d)(0,5 PONTOS)

Resposta:

$$p(t)_a = VI[\cos(2\omega t - \theta) + \cos(\theta)]$$

$$p(t)_b = VI \left[\cos \left(2\omega t - \theta - \frac{2\pi}{3} \right) + \cos(\theta) \right]$$

$$p(t)_c = VI \left[\cos \left(2\omega t - \theta + \frac{2\pi}{3} \right) + \cos(\theta) \right]$$

$p(t)^{3F} = p(t)_a + p(t)_b + p(t)_c = 3VI\cos(\theta)$:: A potência instantânea total é a soma vetorial das potências das fases a, b e c. A soma vetorial das parcelas de potência que variam no tempo é igual a zero. O que soma é a soma das parcelas constantes. Essa é a principal vantagem dos sistemas trifásicos.

Dica: $(\cos a \cdot \cos b) = \frac{1}{2} [\cos (a+b) + \cos (a-b)]$

QUESTÃO 03 (1,0 PONTO):

(a) (0,70 PONTOS)

Resposta:

No teste de circuito aberto a corrente que circula pelo transformador é a soma vetorial da corrente de magnetização mais a soma das correntes parasitas (perdas no cobre).

A partir da ativa drenada da fonte calcula-se a Resistência representa as perdas no núcleo (R_c) visto pelo lado de baixa:

$$R_c = \frac{V^2}{P} = \frac{2400^2}{3456} = 1666,67 \Omega$$

Cálculo do módulo da corrente que circula por R_c :

$$I_c = \frac{V}{R_c} = \frac{2400}{1666,67} = 1,44 \text{ A}$$

Cálculo da corrente que circula pelo ramo magnetização (I_m) sabendo que a corrente medida no teste é a soma vetorial de I_c e I_m têm:

$$I_m = \sqrt{I_{TCA}^2 - I_c^2} = \sqrt{(2,4)^2 - (1,44)^2} = 1,92 \text{ A}$$

Cálculo da reatância de magnetização:

$$X_m = \frac{V}{I_m} = \frac{2400}{1,92} = 1250 \Omega$$

No teste de curto circuito a corrente que circula pelo transformador é muito maior que a corrente do ramo de magnetização que pode ser desprezado. Com isso calcula-se as perdas no cobre e por dispersão R_e e X_e respectivamente, vistas pelo lado de alta (lado de aplicação da tensão):

A partir da ativa drenada da fonte calcula-se a resistência representa as perdas no cobre (R_e) visto pelo lado de alta:

$$R_e = \frac{P_{TCC}}{I_{TCC}^2} = \frac{4375}{12,5^2} = 28 \Omega$$

Cálculo do módulo da Impedância total vista pela fonte no momento do teste (soma vetorial de R_e com a reatância série X_e):

$$Z_e(\text{alta}) = \frac{V_{TCC}}{I_{TCC}} = \frac{2400}{12,5} = 192 \Omega$$

Cálculo do módulo da reatância série X_e a partir do conhecimento de Z_e e R_e :

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

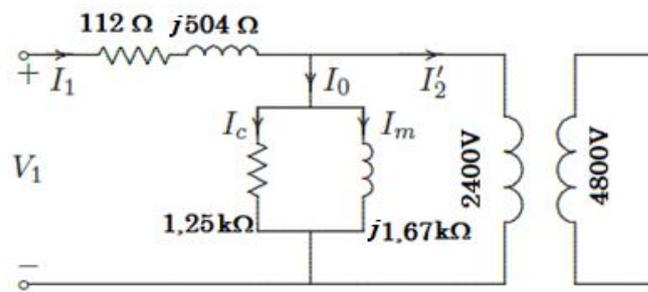
$$X_e(\text{alta}) = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2} = \sqrt{(192)^2 - (28)^2} = 125,925\Omega$$

Z_e e R_e vistos pelo lado de baixa tensão:

$$R_e(\text{baixa}) = R_e(\text{alta}) \left(\frac{4800}{2400}\right)^2 = 112\Omega$$

$$Z_e(\text{baixa}) = Z_e(\text{alta}) \left(\frac{4800}{2400}\right)^2 = 503,7\Omega$$

Desenho do modelo completo:



(b) (0,30 PONTOS)

Resposta:

Cálculo do módulo da corrente que circula em plena carga:

$$I_c = \frac{S}{V} = \frac{60000}{2400} = 25 \angle -36,87^\circ \text{ A} = 20 - j15 \text{ A}$$

Cálculo do módulo da tensão nas espiras do transformador do lado de baixa e a Regulação:

$$V_1 = ZI + 2400 = (112 + j504)(25 \angle -36,87^\circ) + 2400 = 14812,16 \angle 34,55^\circ \text{ V}$$

$$Reg = \frac{14812 - 2400}{2400} \times 100\% = 517,8\%$$

Cálculo das perdas no cobre e no núcleo do transformador:

$$P_c = \frac{V^2}{R_c} = \frac{2400^2}{1250} = 4608 \text{ W}$$

$$P_e = I^2 R_e = 25^2 \times 112 = 70000 \text{ W}$$

Cálculo do rendimento:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{60000 \times 0,8}{4608 + 70000 + 60000 \times 0,8} \times 100\% \rightarrow \eta = 39,15\%$$

QUESTÃO 04 (1,0 PONTO):

(a) (0,50 PONTOS) Obtenha o diagrama de impedâncias em p.u., com todos os componentes e cargas representadas corretamente;

Resposta:

Para o cálculo do diagrama de impedâncias é necessário conhecer as bases de tensão em todos os barramentos com exceção do Barramento 1 que é conhecido e igual a 22 kV.

Cálculo da tensão de base no barramento 2:

$$V_{B2} = V_{B3} = 22 \frac{220}{22} = 220 \text{ kV};$$

Cálculo da tensão de base no barramento 4:

$$V_{B4} = 220 \frac{11}{220} = 11 \text{ kV};$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

O Gerador (G), os transformadores T1 e T2 estão nas mesmas bases calculadas, não há necessidade de mudanças de base:

$$X_G = 0,18 \left(\frac{100}{90} \right) = 0,20 \text{ p.u. ;}$$

$$X_{T1} = 0,10 \left(\frac{100}{50} \right) = 0,20 \text{ p.u. ;}$$

$$X_{T2} = 0,06 \left(\frac{100}{40} \right) = 0,15 \text{ p.u. ;}$$

Para linha de transmissão é necessário calcular a impedância base:

$$Z_{B2} = \left(\frac{220^2}{100} \right) = 484 \Omega$$

$$X_{LT1} = \left(\frac{48,4}{484} \right) = 0,10 \text{ p.u. ;}$$

O Motor está numa base de tensão (10,45 kV) diferente da base de tensão do Barramento 4. Sendo necessária a mudança de base:

$$X_M = 0,185 \left(\frac{100}{66,5} \right) \left(\frac{10,45}{11} \right)^2 = 0,25 \text{ p.u. ;}$$

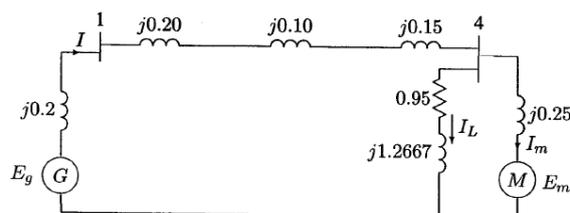
Cálculo impedância da carga em p.u.:

$$S = 57 \angle 53,13^\circ \rightarrow Z_{carga} = \frac{V^2}{S^*} = \frac{10,45^2}{57 \angle -53,13} = 1,1495 + j1,5327 \Omega$$

$$Z_{B2} = \left(\frac{11^2}{100} \right) = 1,21 \Omega$$

$$X_{carga} = \left(\frac{1,1495 + j1,5327}{1,21} \right) = 0,95 + j1,27 \text{ p.u. ;}$$

Desenho do diagrama unifilar em p.u.:



(b) (0,25 PONTOS)

Resposta:

Cálculo da tensão e corrente do Motor em p.u da Barra 4:

$$V_4 = \left(\frac{10,45}{11} \right) = 0,95 \angle 0^\circ \text{ p.u}$$

$$S_M = \left(\frac{66,5}{100} \right) \angle -36,87^\circ = 0,665 \angle -36,87 \text{ p.u}$$

$$I_M = \left(\frac{S_M^*}{V_4} \right) = 0,7 \angle 36,87 \text{ p.u} = 0,56 + j0,42 \text{ p.u}$$

Cálculo da corrente da carga em p.u da Barra 4:

$$I_L = \left(\frac{V_4}{Z_L} \right) = \left(\frac{0,95 \angle 0^\circ}{1,1495 + j1,5327} \right) = 0,36 - j0,48 \text{ p.u}$$

Cálculo da corrente Total em p.u :

$$I_T = I_M + I_L = 0,92 - j0,06 \text{ p.u}$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

Cálculo da Tensão na BARRA 1 em p.u :

$$V_{B1} = V_{B1} + I_T(Z_{T1} + Z_{LT} + Z_{T2}) = 0,95 \angle 0^\circ + (0,92 - j0,06) (j0,45) = 1,012 \angle 24,16^\circ \text{ p.u}$$

$$V_{B1} = 1,012 \angle 24,16^\circ \text{ p.u} = 0,92 + j0,41 \text{ p.u.}$$

(c) (0,25 PONTOS)

Resposta:

$$V_G = 1,012 \angle 24,16^\circ \text{ p.u} - (0,92 - j0,06) j0,2 = 0,96 \angle 13,82^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_M = 0,95 \angle 0^\circ \text{ p.u} - (0,56 + j0,42) j0,25 = 1,06 \angle -7,56^\circ \text{ p.u.}$$

QUESTÃO 05 (1,0 PONTO):

(a)(0,5 PONTOS)

Resposta:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{DMG-P}{DMG-M} \right) = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{cb}D_{ca}}}{\sqrt[2]{RMG.d}} \right) = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{\sqrt[3]{1024}}{\sqrt[2]{0,0152 \cdot 0,4}} \right) = 0,9723 \text{ mH/km}$$

(No cálculo da indutância deve-se leva em consideração a raio médio geométrico)

(b)(0,5 PONTOS)

Resposta:

$$C = \frac{0,0556}{\ln \left(\frac{DMG-P}{DMG-M} \right)} = \frac{0,0556}{\ln \left(\frac{\sqrt[3]{1024}}{\sqrt[2]{0,0152 \times \frac{1}{0,7788} \times 0,4}} \right)} \mu\text{F/km} = 0,0117377 \mu\text{F/km} \text{ ou } 0,011,7377 \text{ nF/km}$$

(No cálculo da indutância deve-se leva em consideração a raio físico)

QUESTÃO 06: (1 PONTO):

Considere um circuito RLC série, alimentado por uma fonte de tensão, dada por $v(t)$.

(a)(0,1 PONTOS)

Resposta:

$$v(t) = v_c(t) + RC \frac{dv_c(t)}{dt} + LC \frac{d^2v_c(t)}{dt^2} \quad (1)$$

(b)(0,2 PONTOS)

Resposta:

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = \frac{1}{C} i_c(t)$$

$$\frac{di_c(t)}{dt} = \frac{1}{L} [v(t) - Ri_c - v_c(t)]$$

Equações de estados $\dot{x} = [A][x] + [B][u]$; $\dot{y} = [C][x] + [D][u]$:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \frac{dv_c(t)}{dt} \\ \frac{di_c(t)}{dt} \end{bmatrix} \quad [A] = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C} \\ -\frac{1}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix}; \quad [B] = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix}; \quad [C]^T = [1 \quad 0]$$

(c)(0,2 PONTOS)

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

Resposta:

$$F(s) = \frac{v_c(s)}{v(s)} = \frac{1}{1 + RCs + LCs^2}$$

(d)(0,3 PONTOS)

Resposta:

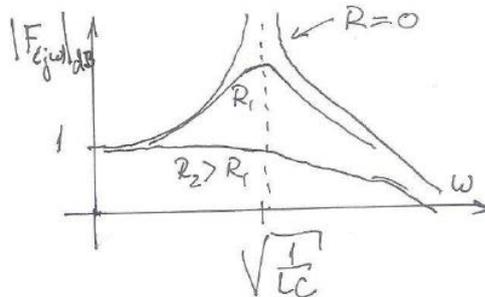
$$|Fj\omega|^2 = \frac{1}{[(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2]}$$

Derivando o denominador em relação a ω e igualando a zero:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right) - \frac{R^2}{2L^2}}}$$

(e)(0,2 PONTOS)

Resposta:



QUESTÃO 07(1 PONTO):

(a)(0,2 PONTOS)

Resposta:

$$S = P + jQ = VI^* \quad I = \frac{Ee^{j\delta} - V}{jX_s} \quad P = \frac{EV}{X_s} \sin\delta \quad Q = \frac{(E^2 - VE\cos\delta)}{X_s}$$

(b)(0,2 PONTOS)

Resposta:

Existe um limite para P dado por (EV/X_s) , correspondente a $\delta = \frac{\pi}{2}$. Este limite independe da capacidade de condução de corrente dos condutores.

(c)(0,1 PONTOS)

Resposta:

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

A expressão de Q , para um dado valor fixo de V , mostra que, dependendo de E , o valor de Q pode se tornar positivo ou negativo. O gerador síncrono estará Excitado (E elevado) fornece potência reativa. Quando está sub-excitado (E baixo) absorve potência reativa.

(d)(0,5 PONTOS) Considerando as amplitudes das tensões V e E unitárias, trace o gráfico de Q em função de P , conhecido como curva de capacidade da máquina síncrona.

Resposta:

$$P = \frac{1}{X_s} \text{sen}\delta \quad Q = \frac{(1-\text{cos}\delta)}{X_s}$$

Separando seno e cosseno e valendo da igualdade $\text{sen}(x)+\text{cos}(x) = 1$:

$$P^2 + \left(Q - \frac{1}{X_s}\right)^2 = \left(\frac{1}{X_s}\right)^2$$

Que corresponde a um círculo de raio $1/X_s$, com centro em $(P=0, Q= 1/X_s)$. As curvas de capacidade de uma máquina síncrona são círculos, delimitados pelas imposições de máxima corrente no estator, máxima corrente de campo e limite de estabilidade definido no item (b).

QUESTÃO 08 (1 PONTO):

(a)(0,5 PONTOS)

Resposta:

- Controle da magnitude de tensão em barra (local ou remota) através de injeção de reativos;
- Controle da magnitude de tensão em barra (local ou remota) por ajuste da posição de taps de transformadores em fase;
- Controle de fluxo de potência ativa em transformadores defasadores;
- Controle de intercâmbio de potência entre áreas.

(b)(0,5 PONTOS) Qual a função objetivo e as restrições modeladas do problema de despacho econômico de unidades de geração?

Resposta:

- Função objetivo: minimização dos custos de produção das unidades de geração.
- Restrições: de igualdade e de desigualdade :
- ✓ Igualdade: equações de balanço de potências ativa e reativa nas barras.
- ✓ Desigualdade: limites de geração de potências ativa e reativa, intervalos nas magnitudes das tensões, limites de carregamento dos circuitos.

QUESTÃO 09 (1 PONTO):

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

(a)(0,3 PONTOS)

Resposta:

- Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.
- Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

(b)(0,3 PONTOS)

Resposta:

A principal proteção visando a segurança da rede e da própria instalação do consumidor é a PROTEÇÃO CONTRA ILHAMENTO, ou seja, em caso de falta da rede da concessionária (por defeito, por desligamento programado, etc.), o inversor deverá imediatamente se AUTO DESLIGAR, para evitar que a rede seja energizada pelo sistema do microgerador.

(d) (0,4 PONTOS)

Resposta:

O consumidor compra da concessionária 500 kWh por mês e essa aquisição deverá cair para 100 kWh como consequência da instalação de um sistema de geração fotovoltaica. Logo, o gerador fotovoltaico deverá produzir no mês 400 kWh.

Considerando uma média de 30 dias por mês, tem-se que a produção diária de energia pelo gerador fotovoltaico deverá ser pelo menos:

$$kWh_{dia} \frac{400 kWh}{30 dias} = 13,33 kWh/dia$$

Numericamente, a radiação em $(kWh/m^2)/dia$, com radiação solar de 1000 W/m², é igual ao número equivalente de sol pleno por dia no local da instalação. Assim, o número de horas de sol pleno por dia, no local da instalação, é 4,92 h/dia. Dessa forma, o gerador fotovoltaico (painel solar) deverá ter a seguinte potência de pico:

$$kWp = \frac{13,33 kWh/dia}{4,92 h/d} = 2,71 kWp$$

Considerando que cada módulo fotovoltaico, conforme Tabela 1, tem potência máxima igual a 330 Wp, o número de módulos necessário ao projeto é:

$$\text{número de módulos} \geq \frac{2,71 kWp \times 1000}{330 Wp} = 8,21 \text{ modulos} \cong 9 \text{ modulos}$$

Considerando que o número de módulos terá que ser um número inteiro, esse número deverá ser pelo menos igual a 9 módulos de 330 Wp (arredonda-se para o inteiro imediatamente seguinte).

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

GABARITO DA PROVA ESCRITA

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

(a)(0,2 PONTOS)

Resposta:

A característica mais marcante da modulação PWM é a capacidade de produzir harmônicas de frequência muito elevada do que a frequência fundamental, facilitando a filtragem dos sinais.

(b)(0,2 PONTOS)

Resposta:

O ponto negativo é que o número de chaveamentos é bem maior do que em outros tipos de modulação. Como as perdas ocorrem principalmente nos instantes de chaveamento, o PWM terá muitas perdas.

(c)(0,3 PONTOS)

Resposta:

Nos circuitos chaveados, as perdas se concentram nos instantes de chaveamento. Quando a chave está aberta ou fechada, a corrente ou a tensão sobre a chave são praticamente nulas e as perdas muito baixas. Nos circuitos lineares, nos instantes de condução, existe tensão e corrente sobre a chave semicondutora. Tal situação pode ser aceitável para níveis de potência residenciais, mas jamais para um circuito de potência.

(d)(0,3 PONTOS)

Resposta:

Uma chave ideal, além de perdas nulas quando aberta ou fechada, deve comutar no menor tempo possível, diminuindo assim as perdas de comutação. O sinal de comando, para condução e bloqueio, deve consumir o mínimo de potência possível. Estas características são percebidas nos SCRs, MOSFETs e IGBTs, que são dispositivos característicos de (três) gerações de semicondutores. Na primeira (SCR), os tempos de comutação são elevados e os sinais de comando só permitem informar o início da condução. Já com os MOSFETs foi possível diminuir o tempo de comutação e garantir o comando de abertura e fechamento da chave, mas a capacidade de potência ainda é baixa. Na terceira geração, que tem como ícone o IGBT, foi possível aliar baixos tempos de comutação, consumo de potência para comando similar aos dos MOSFETs, com boa capacidade de condicionar sinais de potência. O dispositivo ideal continua a ser perseguido. Na prática cada dispositivo tem seu nicho de aplicação.