

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

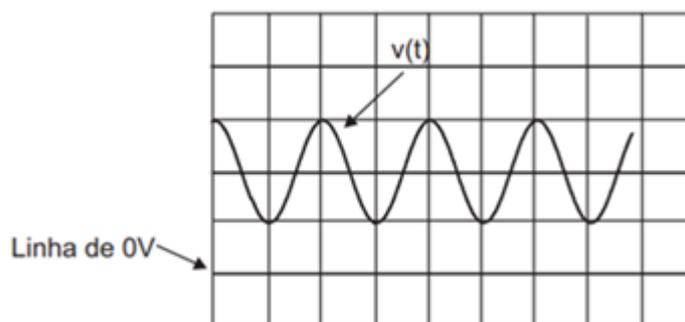
**FOLHA DE QUESTÕES**

Área: 07 – ENGA. ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA Número de C.P.F. \_\_\_\_\_

**OBSERVAÇÃO:** ESTA PROVA CONSISTE DE **10 (DEZ)** QUESTÕES DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS NA ÁREA 07 – ELETROTÉCNICA DE ACORDO COM O CONTEÚDO DEFINIDO PELO ANEXO III DO EDITAL 53/2018 – PROGRAD/UFAC. **CADA QUESTÃO VALE 1,0 (UM) PONTO E A PROVA TEM NOTA MÁXIMA DE 10(DEZ) PONTOS** (VERIFIQUE A PONTUAÇÃO DE CADA SUB-ITEM).

**QUESTÃO 01(1 PONTO):**

A Figura 01 mostra uma tela de osciloscópio que exibe uma forma de onda de tensão alternada com um nível de tensão CC (tensão contínua).



**Figura 01:** Ilustração da “tela de osciloscópio” referente à Questão 01.

Considere que a escala de tensão é de 5V/div (cinco Volts por divisão) e a escala de tempo é de 8,33ms/div (milissegundos por divisão).

- (a)(0,25 PONTOS) Escreva corretamente a expressão de  $v(t)$  que representa a forma de onda de tensão em função do tempo visualizada no osciloscópio (incluindo o nível CC);
- (b)(0,50 PONTOS) Calcule o valor eficaz da tensão ( $V_{ef}$ ) de  $v(t)$ ;
- (c)(0,25 PONTOS) Calcule o valor médio ( $V_m$ ) de  $v(t)$ ;

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

**QUESTÃO 02 (1 PONTO):**

Considere um sistema elétrico trifásico, simétrico e equilibrado. A tensão fase-neutro possui valor eficaz  $V$  e a corrente de linha valor eficaz  $I$ , medidos em unidades do Sistema Internacional (SI). A corrente de linha está atrasada da tensão de fase correspondente de  $\theta$  radianos. A frequência angular da alimentação é de  $\omega$  radianos/segundos.

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

- (b) **(0,2 PONTOS)** Calcule o valor médio da expressão do item anterior em função de  $V$ ,  $I$  e  $\theta$ .
- (c) **(0,2 PONTOS)** Determine o período da potência instantânea calculada no item (a) e compare com o período dos sinais de tensão e corrente.
- (d) **(0,5 PONTOS)** Calcule a potência instantânea total, ou seja, a soma das potências instantâneas das 3 fases do circuito.

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

**QUESTÃO 03 (1.0 PONTO):**

Um transformador monofásico de 60 kVA; 4800/2400 V foi submetido à testes de circuito aberto e curto-circuito e obteve-se os seguintes resultados:

1. No teste de circuito aberto (TCA) foi aplicada a tensão nominal no lado de baixa com os terminais de alta em aberto e foram obtidas as seguintes medições:  $I_{TCA}=2,4A$  (módulo da corrente eficaz que circula nos enrolamentos de baixa tensão no teste de circuito aberto em módulo);  $P_{TCA}=3456 W$  (potência drenada da fonte de alimentação de 2400 V).
  2. No teste de curto-circuito (TCC) uma tensão reduzida de 2400 V foi aplicada no lado de alta do transformador com os terminais de baixa foram “curto-circuitados”. Nestas condições foram obtidas as seguintes medições:  $I_{TCC} = 12,5 A$ ;  $P_{TCC}= 4375W$ .
- (a) **(0,70 PONTOS)** Determine os parâmetros do circuito equivalente do transformador referidos ao lado de baixa tensão; Desenhe o circuito resultante com os parâmetros representados corretamente.
- (b) **(0,30 PONTOS)** Determine a regulação de tensão e a eficiência do transformador quando este opera com plena carga (60kVA) no lado de baixa tensão,  $FP=0,8$  atrasado (indutivo);

**QUESTÃO 04 (1.0 PONTO):**

A Figura 02 apresenta o diagrama unifilar de um sistema elétrico de potência trifásico, simétrico e equilibrado. Considere que a base de potência é de 100 MVA e a de tensão de 22 kV do lado no gerador (G). Os dados de cada equipamento fornecidos pelos fabricantes, do trecho de linha e da carga são apresentados a seguir:

Gerador (G): 90 MVA; 22 kV;  $X = 18\%$ . | Transformador 1 (T1): 50 MVA, 22/220 kV;  $X = 10\%$ .

|Transformador 2 (T2): 40 MVA, 220/11 kV;  $X = 6,0\%$ .| Motor(M): 66,5 MVA; 10,45 kV;  $X=18,5\%$ .|

|Linhas de Transmissão (linha 1):  $X_{L1}=48,4 \Omega$ .| Carga na Barra 4: 57MVA; 10,45 kV; FP (fator de potência)=0,6 atrasado (indutivo)|.

- (a) **(0,50 PONTOS)** Obtenha o diagrama de impedâncias em p.u., com todos os componentes e cargas representadas corretamente;
- (b) **(0,25 PONTOS)** Considere que a condição em que o Motor (M) esteja operando em com plena carga, com  $FP=0,8$  adiantado com tensão terminal em 10,45 kV. Nestas condições, calcule a tensão em p.u. no barramento do Gerador (Barra 1);
- (c) **(0,25 PONTOS)** Nas mesmas condições em (b), calcule a força eletromotriz do gerador (G) e a força eletromotriz no motor (M);

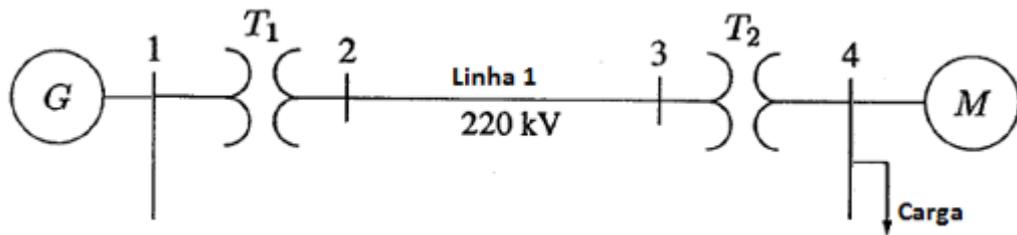


Figura 02: Diagrama unifilar referente à Questão 04.

**QUESTÃO 05 (1,0 PONTO):**

Uma linha de transmissão trifásica e idealmente transposta tem a sua configuração composta por feixes de cabos condutores conforme ilustrada na Figura 03. Os cabos das fases são do tipo ASCR/LAPWING onde o raio médio geométrico (RMG) é de 1,52 cm. O espaçamento entre condutores do feixe (*bundle spacing*) é de 40 cm e o espaçamento entre as fases (em relação ao centro de cada feixe) é mostrado na Figura 03.

- (a)(0,5 PONTOS) Determine a indutância (**L**) por unidade de comprimento da linha (H/km).  
 (b)(0,5 PONTOS) Determine a capacitância (**C**) por unidade de comprimento da linha(F/km).

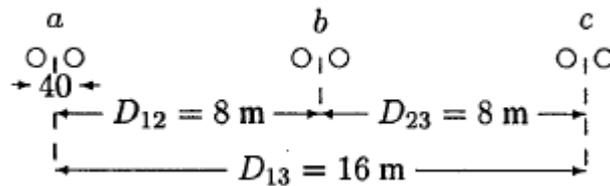


Figura 03: Ilustração da configuração da linha de transmissão referente à Questão 05.

**QUESTÃO 06: (1 PONTO):**

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

- (a)(0,1 PONTOS) Escreva a equação diferencial que relaciona a tensão sobre o capacitor ( $v_c$ ) com a tensão de alimentação ( $v$ ), em função dos parâmetros R, L e C do circuito.  
 (b)(0,2 PONTOS) Tomando como variáveis de estado a corrente ( $i$ ) e a tensão sobre o capacitor ( $v_c$ ), apresente o modelo deste circuito descrito por equações de estado. Considere a tensão de alimentação ( $v$ ) como variável de entrada e a tensão sobre o capacitor ( $v_c$ ) como variável de saída.  
 (c)(0,2 PONTOS) Determine a função de transferência relacionando a tensão de saída sobre o capacitor ( $v_c$ ), com a tensão de alimentação ( $v$ ).  
 (d)(0,3 PONTOS) Admitindo que  $v(t) = A \cos(\omega.t)$ , deduza o valor da frequência angular que produz o máximo valor de tensão sobre o capacitor para operação em regime permanente.  
 (e)(0,2 PONTOS) Explique o fenômeno de ressonância, explorado no item (d), com base em diagramas de Bode, parametrizados pela resistência R.

**QUESTÃO 07(1 PONTO):**

Considere um gerador síncrono de pólos lisos, resistência de armadura desprezível e reatância  $X_s$ , conectado a um sistema de potência suficientemente forte para ser considerado como uma barra infinita, ou seja, a tensão deste ponto de conexão tem amplitude, frequência e fase constantes.

- (a)(0,2 PONTOS) Determine a expressão da potência ativa (P) e da potência reativa (Q), que fluem do gerador para o sistema de potência, em função do valor eficaz da tensão da barra infinita (V), do valor eficaz da força eletromotriz do gerador (E) e da diferença de ângulos de fase ( $\delta$ ) entre os fasores representativos destas duas tensões.
- (b)(0,2 PONTOS) Admitindo que o gerador emprega supercondutores nos seus enrolamentos de armadura, com capacidade de corrente muitíssimo elevada, explique se, mesmo nestas condições ideais, existe um limite para P, definido no item (a). Se existir, qual é este limite?
- (c)(0,1 PONTOS) Demonstre que a direção do fluxo de potência reativa (Q) pode ser controlada pelo valor da força eletromotriz do gerador (E). Ou seja, a corrente fornecida pelo gerador pode estar adiantada ou atrasada em relação à tensão, dependendo do valor de E.
- (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.

**QUESTÃO 08 (1 PONTO):**

- (a)(0,5 PONTOS) Quais são as variáveis controladas e quais os respectivos controles e limites que devem ser modelados em estudos de fluxo de potência?
- (b)(0,5 PONTOS) Qual a função objetivo e as restrições modeladas do problema de despacho econômico de unidades de geração?

**QUESTÃO 09 (1 PONTO):**

- (a)(0,3 PONTOS) De acordo com a legislação vigente para do setor elétrico brasileiro (Resoluções 482/2012 e 687/2015 da ANEEL), o que é definido como microgeração geração distribuída e minigeração distribuída?
- (b)(0,3 PONTOS) Considerando a microgeração fotovoltaica para interligação com a rede elétrica de distribuição secundária de energia (baixa tensão), cite e descreva a principal proteção elétrica de segurança que deve ser atendida (incorporadas) pelo inversor de interface entre o painel fotovoltaico e a rede elétrica.
- (c) (0,4 PONTOS) Considere um consumidor de baixa tensão com consumo médio igual 500 kWh por mês. Esse consumidor deseja instalar um sistema microgerador fotovoltaico com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica adquirido da concessionária para no máximo 100 kWh por mês (redução aproximada de 80% na conta de energia elétrica por mês). *Sabendo-se que a radiação média mensal, obtida do mapa solarimétrico disponível, é de  $4,92$  (kWh/m<sup>2</sup>)/dia, determine o número aproximado de módulos fotovoltaicos, cujos dados técnicos são mostrados na Tabela 1, para que a pretensão do consumidor seja alcançada. Considere a radiação local igual a 1000 W/m<sup>2</sup> e desconsidere os efeitos da temperatura, das coordenadas geométricas do local, do tempo de uso do painel e despreze as perdas no sistema de conversão CC-CA. Considere*

também que o conversor (inversor) opera com MPPT mantendo a operação do painel no MPP (ponto de máxima potência para cada radiação solar disponível).

**Tabela 1** – Dados do módulo fotovoltaico a serem utilizados

Potência nominal máxima (Pmax)	330	W
Tensão operacional máxima (Vmp)	37,2	V
Corrente operacional máxima (Imp)	8,88	A
Tensão de circuito aberto (Voc)	45,6	V
Corrente de curto-circuito (Isc)	9,45	A
Eficiência do módulo	16,97	%
Coefficiente de temperatura (Pmáx), acima de 25 °C	-0,41	%/°C
<b>Observação:</b> Ensaios realizados sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1.000 W/m <sup>2</sup> , espectro AM de 1,5 e temperatura de célula de 25 °C.		

**QUESTÃO 10: (1 PONTO):**

A partir do final do século XX, a eletrônica de potência impactou os sistemas elétricos de forma irreversível. Sistemas HVDC, dispositivos FACTS, conversores CA-CC, CC-CC, CC-CA são empregados corriqueiramente tanto na geração tradicional, quanto na geração distribuída, na transmissão e nos setores industriais, comerciais e residenciais. A eletrônica de potência trabalha com circuitos chaveados, o que introduz harmônicos, antes desconhecidos dos sistemas de potência. Uma das técnicas de chaveamento mais empregada é o chaveamento PWM (Pulse Width Modulation).

(a)(0,2 PONTOS) Discorra sobre a característica positiva da modulação PWM que a faz tão popular, especialmente no que diz respeito à filtragem de harmônicos.

(b) (0,2 PONTOS) Discorra sobre o aspecto crítico da modulação PWM em termos de perdas Joule.

(c)(0,3 PONTOS) Explique porque para condicionar sinais de potência, como nos conversores CA-CC, CC-CC e CC-CA, são necessários circuitos chaveados. Não seria melhor empregar circuitos lineares, sem chaveamento, evitando assim a geração de harmônicos?

(d) (0,3 PONTOS) Discorra sobre as características desejáveis dos dispositivos semicondutores empregados em circuitos de eletrônica de potência. Tome como referência as características dos SCR's, MOSFET's de potência e IGBT's.