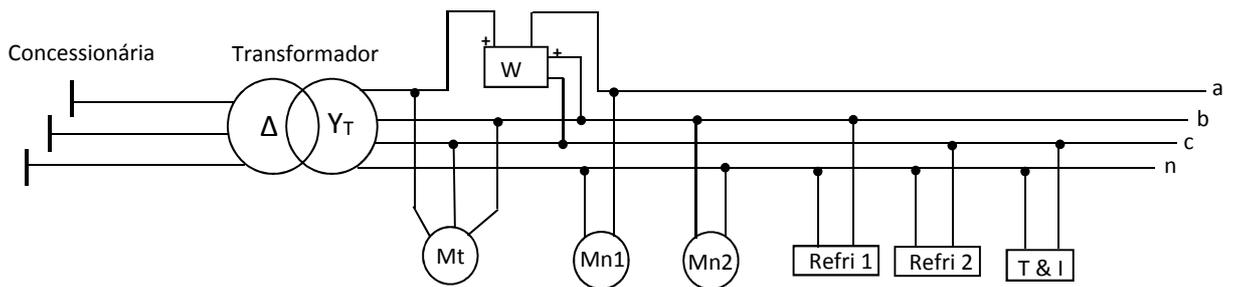


**UFRN/PPg**  
**Centro de Tecnologia**  
**Prova de seleção para o MPEE-2019 (primeira fase)**  
**Edital 002/2018/MPEE**

**GABARITO**

1) Na figura abaixo está representado um sistema de distribuição onde se observa um alimentador de uma concessionária, um transformador  $\Delta$ - $Y_T$ , 13800/380-220 V, cargas e um wattímetro (W).



Dados:

- Carga Mt: 1 motor trifásico, 9 kW com fator potência (fp) 0,90.
- Carga Mn1: 3 motores monofásicos, 2 kW cada um e fator de potência 0,80.
- Carga Mn2: 2 motores monofásicos, 1 kW cada um e fator de potência 0,80.
- Carga Refri 1: 2 aparelhos de refrigeração, 2 kW cada um e fator de potência 0,80.
- Carga Refri 2: 1 aparelho de refrigeração, 3 kW e fator de potência 0,8.
- Carga T&I: Tomadas e iluminação, 3 kW e fator de potência unitário.

Pede-se a potência aparente da instalação, em kVA, e a potência do banco de capacitores trifásico, em kvar, para corrigir o fator de potência da instalação para o valor unitário (fator de potência =1). Considere as tensões equilibradas e sequência direta. (1,5 ponto)

Resolução:

$$fp_1 = 0,9 \rightarrow \varphi_1 = 25,8^\circ ; \cos \varphi_1 = 0,90; \sin \varphi_1 = 0,43$$

$$fp_2 = 0,8 \rightarrow \varphi_2 = 36,9^\circ ; \cos \varphi_2 = 0,80; \sin \varphi_2 = 0,60$$

Fases:

- |               |           |                     |                            |         |
|---------------|-----------|---------------------|----------------------------|---------|
| 1) Carga Mt : | P = 9 kW; | S = 9/0,9 = 10 kVA; | Q = 10 x 0,43 = 4,3 kvar   | (a,b,c) |
| 2) Carga Mn1: | P= 6 kW;  | S= 6/0,8 = 7,5 kVA; | Q = 7,5 x 0,6 = 4,5 kvar   | (a)     |
| 3) Carga Mn2: | P= 4 kW;  | S=4/0,8 = 5 kVA;    | Q = 5 x 0,6 = 3,0 kvar     | (b)     |
| 4) Refri 1:   | P= 2 kW;  | S=2/0,8 = 2,5 kVA;  | Q = 2,5 x 0,6 = 1,5 kvar   | (b)     |
| 5) Refri 2:   | P= 3 kW;  | S=3/0,8 = 3,75 kVA; | Q = 3,75 x 0,6 = 2,25 kvar | (c)     |
| 6) T&I:       | P = 3 kW; | S=3 kVA;            | Q = 0 kvar                 | (c)     |

Potências fase "a":  $P = 3 + 6 = 9 \text{ kW}$ ;  $Q = 1,43 + 4,5 = 5,93 \text{ kvar}$

Potências fase "b":  $P = 3 + 4 + 2 = 9 \text{ kW}$ ;  $Q = 1,43 + 3 + 1,5 = 5,93 \text{ kvar}$

Potências fase "c":  $P = 3 + 3 + 3 = 9 \text{ kW}$ ;  $Q = 1,43 + 2,25 + 0 = 3,68 \text{ kvar}$

$P_{\text{tot}} = 27 \text{ kW}$ ;  $Q_{\text{tot}} = 15,54 \text{ kvar}$ ,  $\varphi_{\text{tot}} = 29,9^\circ$ ;  $\cos \varphi_{\text{tot}} = 0,86$

Respostas:

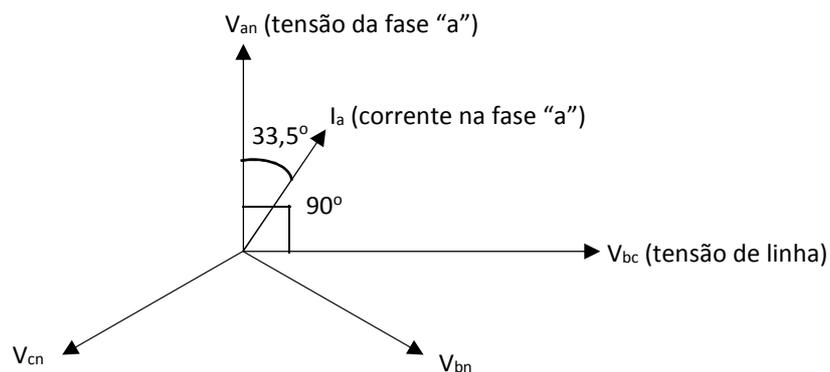
- Potência aparente da instalação =  $27/0,86 = 31,4 \text{ kVA}$
- Potência do banco trifásico de capacitores =  $15,54 \text{ kvar}$ , para  $\text{fp}=1$

2) Como mostrado na figura acima, o circuito de tensão do wattímetro (W) está ligado nas fases "b" e "c" ( $V_{bc}$ ) e o circuito de corrente na fase "a" ( $I_a$ ). Considere as tensões equilibradas e sequência direta (abc). Peça-se marcar a alternativa verdadeira no que tange a indicação do wattímetro e natureza da potência (kW, kvar ou kVA): (0,5 ponto)

- ( ) 10,24 kvar
- ( ) 10,24 kW
- ( ) 5,91 kvar
- ( ) 9 kW
- ( ) Nenhum alternativa é verdadeira

Resolução:

Diagrama fasorial: tensões equilibradas e sequência direta (abc)



Ângulo de fator de potência da fase "a":  $\varphi_a = 33,5^\circ$

De acordo com a ligação do wattímetro e o diagrama fasorial, a sua indicação é dada pela expressão:

$$W = V_{bc} \times I_a \times \cos(90^\circ - \varphi_a) = V_{ab} \times I_a \times \sin(\varphi_a)$$

Na expressão:  $W = V_{ab} \times I_a \times \text{sen}(\varphi_a)$ , o termo  $\text{sen}(\varphi_a)$  indica uma potência reativa (kvar).

Potência aparente da fase "a":  $S_a = \text{sqrt}(9^2 + 5,93^2) = 10,8 \text{ kVA}$ ;

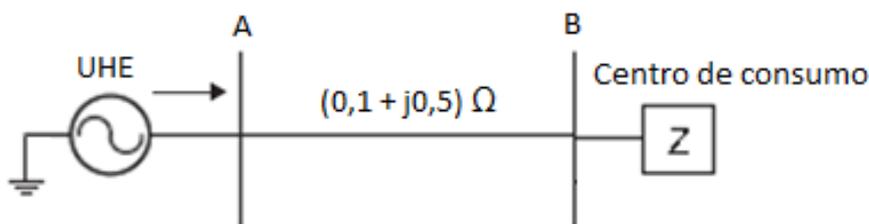
Corrente da fase "a":  $I_a = 10800/220 = 49,9 \text{ A}$ ;

Então:  $W = 380 \times 49,9 \times \text{sen}(33,5^\circ) = 10,24 \text{ kvar}$  (potência reativa indicada pelo wattímetro).

Resposta: a alternativa VERDADEIRA é a opção "a".

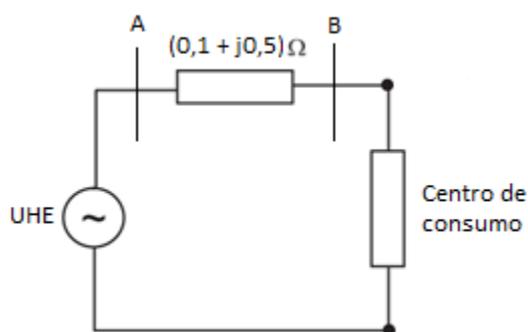
3) Uma comunidade isolada na região amazônica é abastecida por uma Usina Hidrelétrica – UHE, conforme ilustrado através da figura abaixo. Para abastecer essa população, utiliza-se uma linha de distribuição. A tensão na UHE, ponto A, é  $\underline{V}_{AN} = 13,8 \angle 30^\circ \text{ kV}$ . Já a tensão na chegada ao centro de consumo, ponto B, é  $\underline{V}_{BN} = 14 \angle 29^\circ \text{ kV}$ . A partir das informações descritas, faça o que se pede: (1,0 ponto)

- Desenhe um circuito elétrico equivalente para representar o diagrama unifilar;
- Determine a corrente elétrica através da linha de distribuição;
- Qual a potência aparente fornecida pela UHE ao sistema.



RESPOSTAS:

a)



b)

$$\underline{I} = \frac{(\underline{V}_A - \underline{V}_B)}{Z_L} \Rightarrow \underline{I} = \frac{(13.800 \angle 30^\circ - 14.000 \angle 29^\circ)}{(0,1 + j0,5)}$$

$$\underline{I} = 616,48 \angle 80,31^\circ \text{ A}$$

c)

$$S = \underline{V}_A \cdot \underline{I}^*$$

$$S = 13.800 \angle 30^\circ \cdot 616,48 \angle -80,31^\circ$$

$$S = 8,5 \angle -50,31^\circ \text{ MVA}$$

4) Sobre transformadores, julgue os itens a seguir: (0,5 ponto)

I - Em um transformador ideal, todo o fluxo magnético fica confinado ao núcleo do transformador;

II - O ensaio de circuito aberto deve ser realizado com os equipamentos de medição (wattímetro, amperímetro e voltímetro) situados no lado de maior tensão de um transformador;

III - O ensaio de curto-circuito serve para determinar a impedância equivalente do transformador e os equipamentos de medição (wattímetro, amperímetro e voltímetro) são instalados no lado de menor tensão do transformador;

IV - Em um transformador ideal, a permeabilidade magnética do núcleo do transformador é infinita. Desse modo, a relutância do núcleo magnético é nula.

Estão CORRETOS os itens.

a) I, III e IV

b) II, III e IV

c) I, II e III

d) I e IV

e) I e II

RESPOSTA:

I- CORRETO;

II- ERRADO: No ensaio de circuito aberto, os equipamentos de medição devem estar situados no lado de menor tensão;

III- ERRADO: Embora o ensaio de curto-circuito sirva para determinar a impedância equivalente do transformador, os equipamentos deste ensaio devem ser postos no lado de maior tensão;

IV- CORRETO

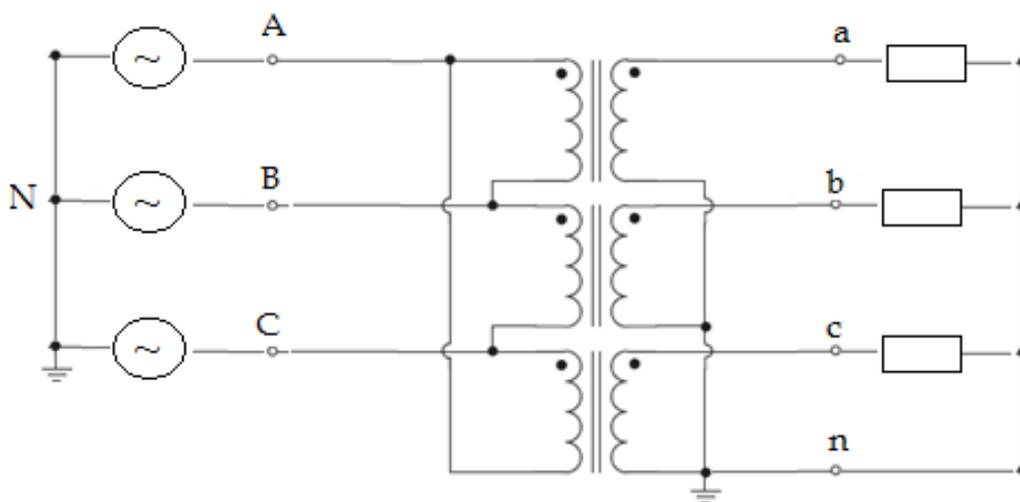
Então a resposta é o item “d”

5) A figura abaixo apresenta 3 **transformadores monofásicos ideais**, onde cada um possui relação de transformação 13.800 V / 220 V. Esses transformadores devem ser ligados a um sistema trifásico e seus enrolamentos primário e secundário são ligados, respectivamente, na configuração  $\Delta/Y$ . A impedância de linha entre gerador e o transformador é nula. Para uma **fonte simétrica**, sequência de fases **ABC**,  $\underline{V}_{AN} = 8\angle 10^\circ \text{ kV}$ , sistema desequilibrado cujas impedâncias por fase são  $Z_a = 1,5\angle 53,13^\circ \Omega$ ,  $Z_b = 1,5\angle -53,13^\circ \Omega$  e  $Z_c = 2 \Omega$ , determine: (1,5 ponto)

a) As tensões de fase na carga;

b) As correntes de linha no primário;

c) Seria possível medir a potência ativa no secundário utilizando 2 wattímetros? E no primário? Justifique.



RESPOSTAS:

a)

Relação de transformação de cada transformação:  $\alpha = 13.800/220 \rightarrow \alpha = 62,73$

$$\text{Tensões de fase na fonte: } \begin{cases} \underline{V}_{AN} = 8,0\angle 10^\circ \text{ kV} \\ \underline{V}_{BN} = 8,0\angle -110^\circ \text{ kV} \\ \underline{V}_{CN} = 8,0\angle 130^\circ \text{ kV} \end{cases}$$

Para sequência de fases positiva, sabe-se que:  $\underline{V}_L = \sqrt{3}\underline{V}_F\angle 30^\circ$

$$\text{Então, as tensões de linha na fonte serão: } \begin{cases} \underline{V}_{AB} = 8,0 \cdot \sqrt{3}\angle 40^\circ \text{ kV} \\ \underline{V}_{BC} = 8,0 \cdot \sqrt{3}\angle -80^\circ \text{ kV} \\ \underline{V}_{CA} = 8,0 \cdot \sqrt{3}\angle 160^\circ \text{ kV} \end{cases}$$

Usando a relação de transformação, tem-se as tensões de fase no secundário do transformador

$$\begin{cases} \underline{V}_{an} = \underline{V}_{AB}/\alpha \rightarrow \underline{V}_{an} = 220,88\angle 40^\circ \text{ V} \\ \underline{V}_{bn} = \underline{V}_{BC}/\alpha \rightarrow \underline{V}_{bn} = 220,88\angle -80^\circ \text{ V} \\ \underline{V}_{cn} = \underline{V}_{CA}/\alpha \rightarrow \underline{V}_{cn} = 220,88\angle 160^\circ \text{ V} \end{cases}$$

Não há impedância entre o secundário do transformador e a carga e a configuração desta é estrela, então a tensão de fase do secundário do transformador é a própria tensão de fase na carga.

b)

Como o secundário do transformador está em estrela, bem como a carga também, então a corrente de linha é igual a corrente de fase da carga que, por sua vez, também é igual a corrente de fase do secundário do transformador. Então, tem-se:

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{I}_{an} = \underline{I}_a = \frac{\underline{V}_{an}}{Z_a} \rightarrow \underline{I}_{an} = \underline{I}_a = \frac{220,88 \angle 40^\circ}{1,5 \angle 53,13^\circ} \rightarrow \underline{I}_{an} = \underline{I}_a = 147,25 \angle -13,13^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_{bn} = \underline{I}_b = \frac{\underline{V}_{bn}}{Z_b} \rightarrow \underline{I}_{bn} = \underline{I}_b = \frac{220,88 \angle -80^\circ}{1,5 \angle -53,13^\circ} \rightarrow \underline{I}_{bn} = \underline{I}_b = 147,25 \angle -26,87^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_{cn} = \underline{I}_c = \frac{\underline{V}_{cn}}{Z_c} \rightarrow \underline{I}_{cn} = \underline{I}_c = \frac{220,88 \angle 160^\circ}{2} \rightarrow \underline{I}_{cn} = \underline{I}_c = 110,44 \angle 160^\circ \text{ A} \end{array} \right.$$

Aplicando a relação de transformação, tem-se as correntes de fase no primário:

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{I}_{AB} = \underline{I}_{an} / \alpha \rightarrow \underline{I}_{AB} = 2,35 \angle -13,13^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_{BC} = \underline{I}_{bn} / \alpha \rightarrow \underline{I}_{BC} = 2,35 \angle -26,87^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_{CA} = \underline{I}_{cn} / \alpha \rightarrow \underline{I}_{CA} = 1,76 \angle 160^\circ \text{ A} \end{array} \right.$$

Como as correntes dentro do delta do transformador estão assimétricas, então o cálculo das correntes de linha será:

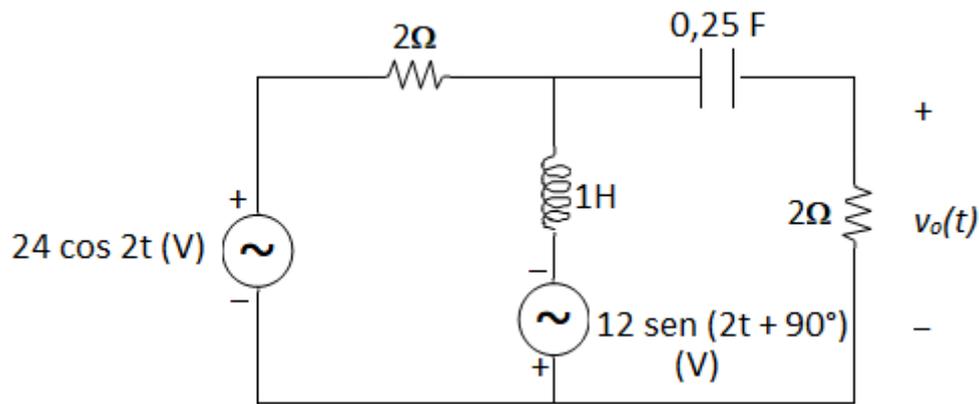
$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA} \rightarrow \underline{I}_A = 2,35 \angle -13,13^\circ - 1,76 \angle 160^\circ \rightarrow \underline{I}_A = 4,10 \angle -16,07^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_B = \underline{I}_{BC} - \underline{I}_{AB} \rightarrow \underline{I}_B = 2,35 \angle -26,87^\circ - 2,35 \angle -13,13^\circ \rightarrow \underline{I}_B = 0,56 \angle -110^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_C = \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{BC} \rightarrow \underline{I}_C = 1,76 \angle 160^\circ - 2,35 \angle -26,87^\circ \rightarrow \underline{I}_C = 4,10 \angle 156,07^\circ \text{ A} \end{array} \right.$$

c)

Em sistemas desequilibrados com 4 fios, não é possível utilizar 2 wattímetros para se medir potência ativa (Teorema de Blondell). Então, não é possível esse arranjo no secundário.

Para um sistema com 3 fios, mesmo este sendo desequilibrado, é possível medir a potência ativa com apenas 2 wattímetros (Teorema de Blondell).

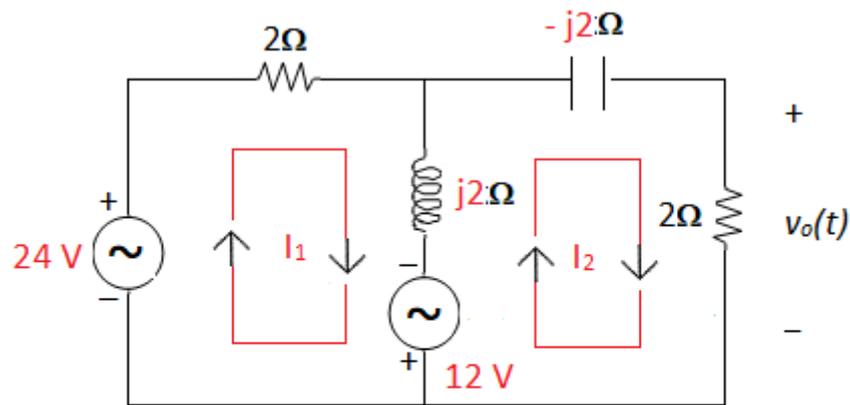
6) Determine  $v_o(t)$  em regime permanente no circuito abaixo: (1,0 ponto)



RESOLUÇÃO:

Cálculo das impedâncias do capacitor e indutor  $\rightarrow Z_c = -j/(\omega C) = -j/(2 \times 0,25) = -j2 \Omega$ ;  $Z_L = j\omega L = j2\Omega$

Resolvendo por Análise de Malhas:



$$12 \text{ sen } (2t + 90^\circ) = 12 \text{ cos } 2t = 12 \text{ V}$$

$$24 \text{ cos } 2t = 24 \text{ V}$$

Malha 1:  $24 - (2 + j2) I_1 + j2 I_2 + 12 = 0 \Rightarrow (2 + j2) I_1 - j2 I_2 = 36$ , dividindo por 2,  $\Rightarrow (1 + j) I_1 - j I_2 = 18$  (1)

Malha 2:  $-12 - (j2 - j2 + 2) I_2 + j2 I_1 = 0 \Rightarrow j2 I_1 - 2 I_2 = 12$ , dividindo por 2,  $\Rightarrow j I_1 - I_2 = 6$  (2)

De (2):  $j I_1 = 6 + I_2 \Rightarrow I_1 = (6 + I_2)/j \Rightarrow I_1 = -j6 - j I_2$  (3)

(3) em (1):

$$(1 + j)(-j6 - j I_2) - j I_2 = 18 \Rightarrow -j6 - j I_2 + 6 + I_2 - j I_2 = 18 \Rightarrow (1 - j2) I_2 = 12 + j6 \Rightarrow I_2 = \frac{6 + (2+j)}{(1-j2)} \cdot \frac{(1+j2)}{(1+j2)}$$

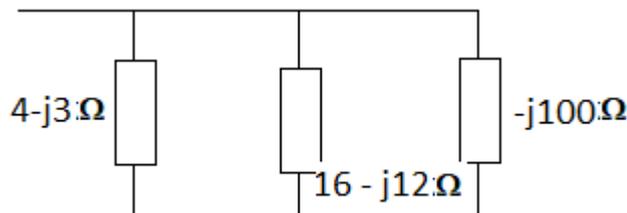
$$\Rightarrow I_2 = \frac{6(2+j4+j-2)}{1+4} = \frac{6(j5)}{5} = j6 \text{ A}$$

Logo,  $v_o = 2 \times j6 = j12 \text{ V} \therefore v_o(t) = 12 \text{ cos } (2t + 90^\circ) \text{ V}$ .

7) Três ramos com impedâncias de  $4 - j3 \Omega$ ,  $16 + j12 \Omega$  e  $-j100 \Omega$ , respectivamente, estão ligados em paralelo. Determine: (1,0 ponto)

- A admitância equivalente (na forma polar e retangular).
- A corrente, no domínio do tempo ( $i(t)$ ), no ramo puramente capacitivo se os ramos em paralelo forem excitados por uma fonte de corrente senoidal em que  $i = 50 \cos 377t$  A.

RESOLUÇÃO:



a)  $Y_{eq}$ ?

$$Y_{eq} = \frac{1}{4-j3} + \frac{1}{16+j12} + \frac{1}{-j100} = \frac{1}{4-j3} \cdot \frac{(4+j3)}{(4+j3)} + \frac{1}{16+j12} \cdot \frac{(16-j12)}{(16-j12)} + \frac{j}{100}$$

$$Z_{eq} = 0,16 + j0,12 + 0,04 + j0,01 = \underline{0,2 + j0,1 S = 0,223 < 26,57^\circ S}$$

b)  $I_{max}$ ?

$$I_{tot} = 50 < 0^\circ \rightarrow V_{tot} = \frac{I_{tot}}{Y_{eq}} = \frac{50 < 0^\circ}{0,223 < 26,57^\circ} = 224,21 < -26,57^\circ V$$

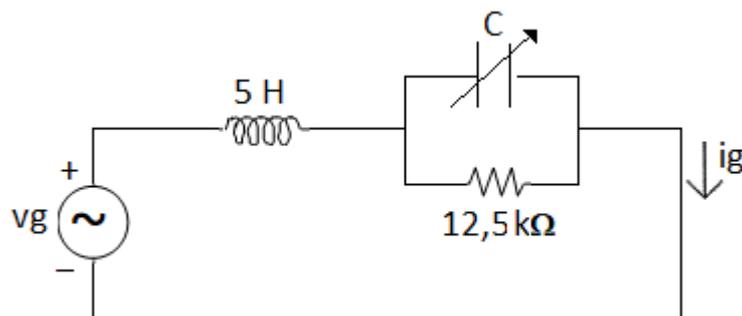
Logo,

$$I_{cap} = \frac{V_{tot}}{Z_{cap}} = \frac{224,21 < -26,57^\circ}{100 < -90^\circ} = 2,24 < 63,43^\circ A$$

Assim,

$$\underline{I_{cap}(t) = 2,24 \cos(377t + 63,43^\circ) A}$$

8) O circuito da figura abaixo está em regime permanente senoidal. O capacitor é ajustado até que a corrente  $i_g$  fique em fase com a tensão  $v_g$ . Qual é a especificação da capacitância (em microfarads) se  $v_g = 250 \cos 1000t$  V? (0,5 ponto)



- (a) 40  $\mu\text{F}$  ou 160  $\mu\text{F}$
- (b) 4  $\mu\text{F}$  ou 16  $\mu\text{F}$
- (c) 0,04  $\mu\text{F}$  ou 0,16  $\mu\text{F}$
- (d) 0,4  $\mu\text{F}$  ou 1,6  $\mu\text{F}$
- (e) Nenhuma das opções anteriores

**Resposta: ( LETRA C )**

**RESOLUÇÃO:**

$$Z_{\text{paralelo}} = \frac{R \cdot 1/j\omega}{R + 1/j\omega} = \frac{R/j\omega}{j\omega RC + 1} = \frac{R}{j\omega RC + 1} = \frac{12500}{j1000 \cdot 12500 \cdot C + 1} = \frac{12500}{1 + j12,5 \cdot 10^6 C} \cdot \frac{(1 - j12,5 \cdot 10^6 C)}{(1 - j12,5 \cdot 10^6 C)}$$

$$Z_{\text{paralelo}} = \frac{12500 - j156,25 \cdot 10^9 C}{1 + 156,25 \cdot 10^{12} C^2} = \frac{12500}{1 + 156,25 \cdot 10^{12} C^2} - j \frac{156,25 \cdot 10^9 C}{1 + 156,25 \cdot 10^{12} C^2} \Omega$$

$$Z_{\text{indutor}} = j\omega L = j5000 \Omega$$

Para  $ig$  está em fase com  $vg$ :

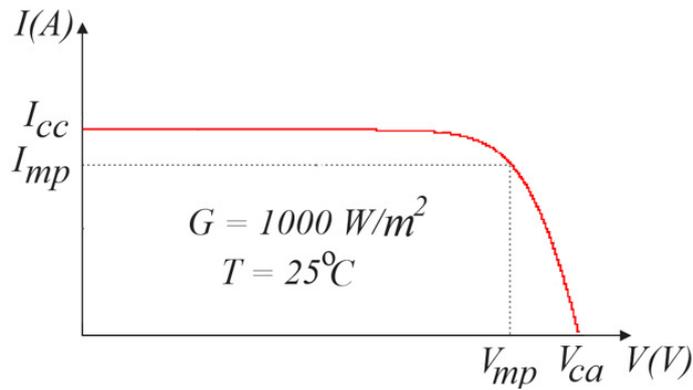
$$5000 = \frac{156,25 \cdot 10^9 C}{1 + 156,25 \cdot 10^{12} C^2} \rightarrow 781,25 \cdot 10^{15} C^2 - 156,25 \cdot 10^9 C^2 + 5000 = 0, \quad \text{dividindo por } 781,25 \cdot 10^{15}:$$

$$\rightarrow C^2 - 20 \cdot 10^{-8} C + 64 \cdot 10^{-16} = 0$$

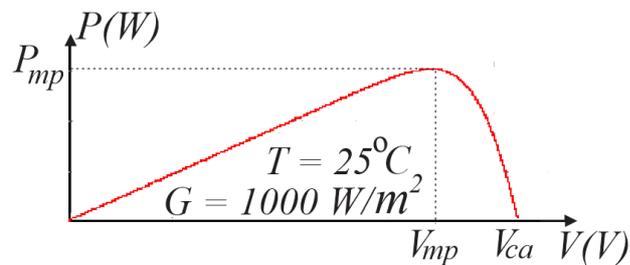
$$C_{1,2} = \frac{20 \cdot 10^{-8} \pm \sqrt{(400 \cdot 10^{-16} - 256 \cdot 10^{-16})}}{2} \rightarrow C_1 = 0,16 \mu\text{F} \text{ e } C_2 = 0,04 \mu\text{F}$$

9) Um módulo fotovoltaico não possui comportamento similar ao das fontes convencionais de tensão e corrente. A corrente e tensão fornecida pelo módulo depende do ponto de operação do funcionamento do mesmo. Os módulos fotovoltaicos são caracterizados pelas curvas  $I \times V$  (corrente-tensão) e  $P \times V$  (potência-tensão) que são influenciadas pela temperatura e pela irradiância sobre o módulo. Dessa forma, explique as curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  que caracterizam os módulos fotovoltaicos comentando sobre a influência da temperatura e irradiância sobre as mesmas. (1.0 ponto)

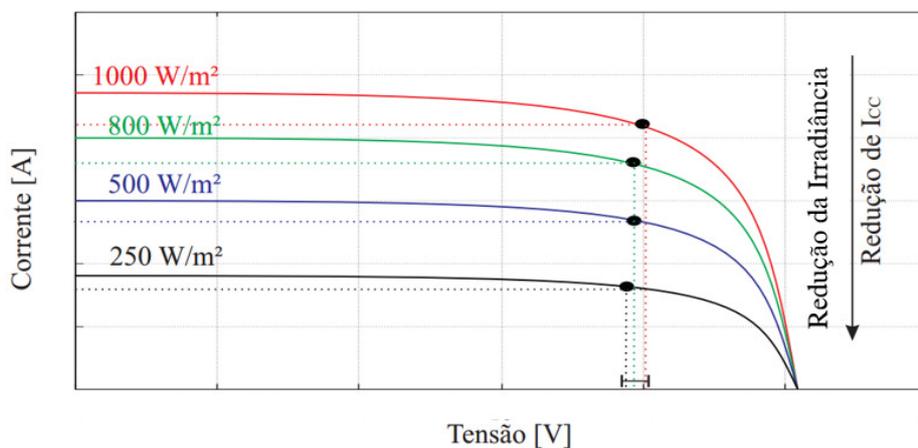
A curva  $I \times V$  de um módulo fotovoltaico geralmente é obtida para a condição padrão STC (do inglês, *Standard Testing Conditions*) com uma irradiância de  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  e uma temperatura de  $T = 25^{\circ} \text{ C}$ . Ela relaciona a corrente fornecida pelo módulo  $I$  (Amperes) em função da tensão em seus terminais  $V$  (Volts). A curva  $I \times V$  é caracterizada pela corrente de curto circuito  $I_{cc}$ , corrente de máxima potência  $I_{mp}$ , tensão de circuito aberto  $V_{ca}$  e a tensão de máxima potência  $V_{mp}$ . A máxima potência do módulo ( $W_p$ ) é fornecida apenas para o ponto de operação com a corrente e tensão de máxima potência. Abaixo é apresentada a curva  $I \times V$  típica de um módulo fotovoltaico.



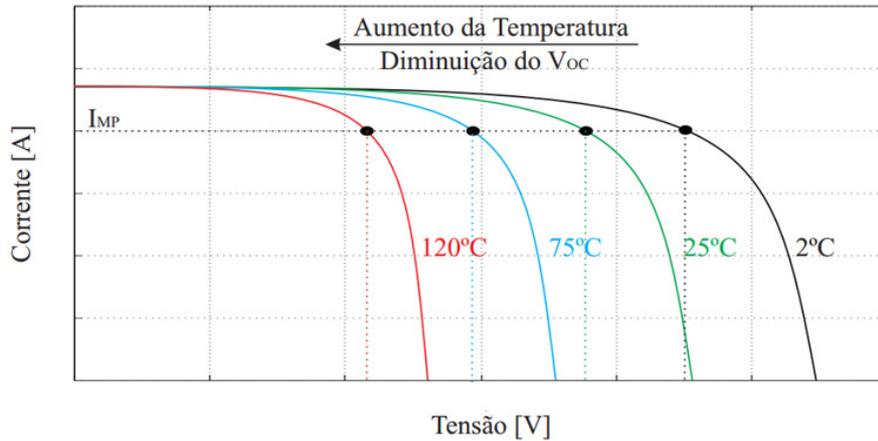
A curva  $P \times V$  de um módulo fotovoltaico também é obtida para a condição padrão STC. Ela relaciona a potência  $P$  (Watts) fornecida pelo módulo em função da tensão em seus terminais  $V$  (Volts). Tal curva é caracterizada pela tensão de circuito aberto  $V_{ca}$ , tensão de máxima potência  $V_{mp}$  e a potência de máxima potência  $P_{mp}$  (Wp). Abaixo é apresentada a curva  $P \times V$  típica de um módulo fotovoltaico.



As grandezas que mais influenciam nas curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  de um módulo fotovoltaico são a temperatura e a irradiância. A elevação da irradiância eleva o nível da corrente de curto circuito  $I_{cc}$  e corrente de máxima potência  $I_{mp}$  do módulo, modificando pouco a tensão de circuito aberto  $V_{ca}$  e a tensão de máxima potência  $V_{mp}$ . Tal característica é apresentada na Figura abaixo.



Com a elevação da temperatura a tensão de circuito aberto  $V_{ca}$  e a tensão de máxima potência  $V_{mp}$  se elevam. A corrente de curto circuito  $I_{cc}$  e corrente de máxima potência  $I_{mp}$  pouco são alteradas com a variação da temperatura.



10) Atualmente há uma proliferação da geração de energia elétrica a partir de sistemas eólicos. Tais sistemas podem ser utilizados isolados da rede elétrica, onde o gerador tem a responsabilidade de fornecer a potência necessária para cargas locais com o auxílio de baterias, ou conectados à rede elétrica, podendo fornecer a potência gerada para cargas locais como também para a rede elétrica. Em relação aos sistemas eólicos conectados à rede elétrica, quais são as principais classificações dos aerogeradores e os tipos de geradores e conversores mais utilizados? (0,5 ponto)

- A) Aerogerador: velocidade fixa e variável, Geradores: geradores assíncronos, geradores de indução duplamente alimentados e geradores síncronos. Conversor: Conversores tiristorizados, inversores e retificadores.
- B) Aerogerador: De eixo horizontal e vertical, Geradores: gerador de indução duplamente alimentado, gerador de corrente contínua e gerador síncrono de polos salientes. Conversor: Retificadores, *boost* e *sepic*.
- C) Aerogerador: Darrieus e Savonius, Geradores: Gerador de indução, gerador de corrente contínua e gerador síncrono de excitação independente. Conversor: Retificadores, *boost* e *sepic*.
- D) Aerogerador: Darrieus e Savonius, Geradores: Gerador de indução, gerador de corrente contínua e gerador síncrono de excitação independente. Conversor: Retificadores, *boost* e *sepic*.
- E) Nenhuma das alternativas anteriores.

Resposta: Letra a)

Os sistemas eólicos geralmente são classificados em sistemas de velocidade constante e velocidade variável. Os aerogeradores de velocidade constante possuem velocidade fixa determinada pela frequência elétrica das tensões do ponto de acoplamento onde o gerador é conectado. Como a velocidade das turbinas eólicas geralmente é baixa e a velocidade dos geradores elétricos é alta (para máquinas de poucos polos) há uma necessidade da utilização de uma caixa multiplicadora de velocidade. Nessa topologia máquinas assíncronas são utilizadas e a conexão com a rede é feita de forma direta, onde o estator do gerador é conectado diretamente na rede elétrica. Conversores tiristorizados podem ser utilizados para diminuir a corrente de partida do gerador. Outra topologia utilizada em sistemas eólicos é a de velocidade variável. Nessa topologia a velocidade é variável e geradores de indução duplamente alimentados e geradores síncronos podem ser utilizados. A ideia básica do aerogerador com velocidade variável é o desacoplamento da velocidade de rotação em relação a frequência da

rede elétrica. Conversores de potência são utilizados, com uma ação de retificação CA/CC e uma ação de inversão para realizar a conversão CC/CA.

11) Os aerogeradores Darrieus e Savonius são turbinas eólicas de que tipo: (0,5 ponto)

- a) Eixo horizontal;
- b) Híbrida;
- c) Eixo vertical;
- d) Lenz.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Resposta: Letra c)

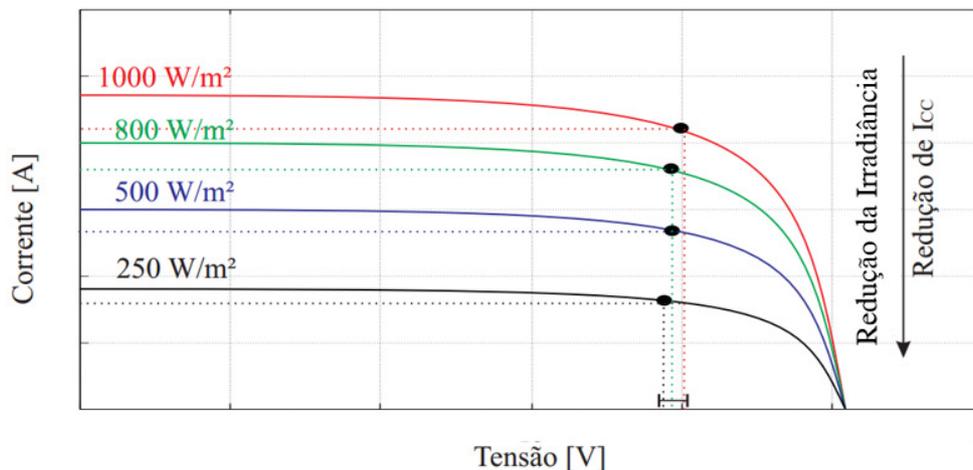
Os aerogeradores Darrieus e Savonius são turbinas eólicas de eixo vertical.

12) Em relação a possibilidade da produção de energia elétrica a partir de módulos fotovoltaicos, o melhor cenário de geração se dá em qual condição: (0,5 ponto)

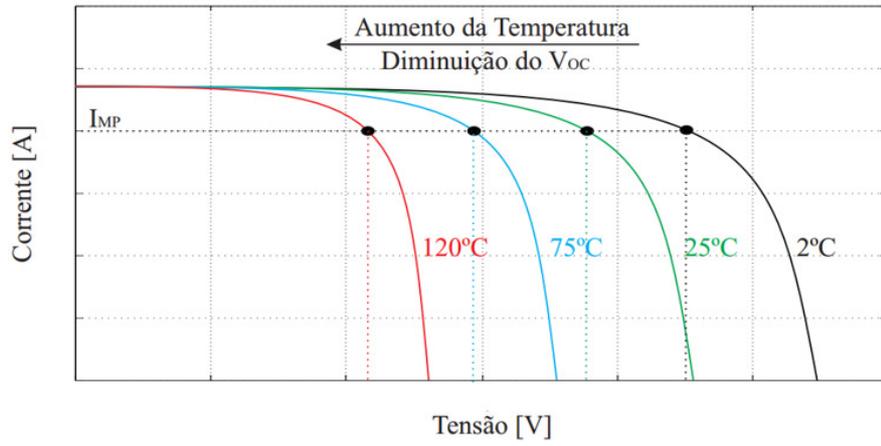
- a) Maior temperatura e maior irradiância;
- b) Maior temperatura e menor irradiância;
- c) Menor temperatura e maior irradiância;
- d) Menor temperatura e menor irradiância.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Resposta: Letra c)

As grandezas que mais influenciam nas curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  de um módulo fotovoltaico são a temperatura e a irradiância. A elevação da irradiância eleva o nível da corrente de curto circuito  $I_{cc}$  e corrente de máxima potência  $I_{mp}$  do módulo, modificando pouco a tensão de circuito aberto  $V_{ca}$  e a tensão de máxima potência  $V_{mp}$ . Tal característica é apresentada na Figura abaixo.



Com a elevação da temperatura a tensão de circuito aberto  $V_{ca}$  e a tensão de máxima potência  $V_{mp}$  se elevam. A corrente de curto circuito  $I_{cc}$  e corrente de máxima potência  $I_{mp}$  pouco são alteradas com a variação da temperatura.



Dessa forma para que haja a possibilidade de uma maior produção de energia elétrica por parte dos módulos fotovoltaicos é necessário que haja uma maior irradiância e uma menor temperatura sobre os módulos.