

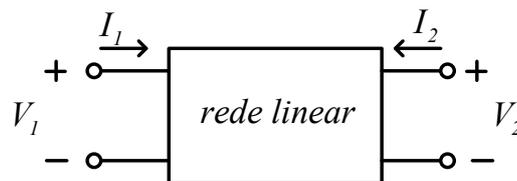
CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 01: (2 PONTOS)

a. Disserte sobre a determinação de parâmetros de quadripolos para representação de redes elétricas;

Considerando a seguinte representação de uma rede linear com duas portas elétricas, tem-se:



Parâmetros de admitância: $\begin{cases} I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 \\ I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 \end{cases}$ onde Y_{11} , Y_{12} , Y_{21} e Y_{22} são os parâmetros de admitância do quadripolo.

- Para se determinar os parâmetros Y_{11} e Y_{21} faz-se $V_2 = 0$, e assim:

- $Y_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{V_2=0}$
- $Y_{21} = \left. \frac{I_2}{V_1} \right|_{V_2=0}$

- Para se determinar os parâmetros Y_{12} e Y_{22} faz-se $V_1 = 0$, e assim:

- $Y_{12} = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{V_1=0}$
- $Y_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{V_1=0}$

Parâmetros de impedância: $\begin{cases} V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\ V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \end{cases}$, onde Z_{11} , Z_{12} , Z_{21} e Z_{22} são os parâmetros de impedância do quadripolo.

- Para se determinar os parâmetros Z_{11} e Z_{21} faz-se $I_2 = 0$, e assim:

- $Z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$
- $Z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0}$

- Para se determinar os parâmetros Z_{12} e Z_{22} faz-se $I_1 = 0$, e assim:

- $Z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0}$
- $Z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0}$

Parâmetros híbridos "h": $\begin{cases} V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \end{cases}$, onde h_{11} , h_{12} , h_{21} e h_{22} são os parâmetros híbridos "h" do quadripolo.

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

- Para se determinar os parâmetros h_{11} e h_{21} faz-se $V_2 = 0$, e assim:

- $h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{V_2=0}$

- $h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0}$

- Para se determinar os parâmetros h_{12} e h_{22} faz-se $I_1 = 0$, e assim:

- $h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_1=0}$

- $h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{I_1=0}$

Parâmetros de transmissão: $\begin{cases} V_1 = AV_2 + BI_2 \\ I_1 = CV_2 + DI_2 \end{cases}$ onde A, B, C e D são os parâmetros de transmissão do quadripolo.

- Para se determinar os parâmetros A e C faz-se $I_2 = 0$, e assim:

- $A = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_2=0}$

- $C = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{I_2=0}$

- Para se determinar os parâmetros B e D faz-se $V_2 = 0$, e assim:

- $B = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{V_2=0}$

- $D = \frac{I_1}{I_2} \Big|_{V_2=0}$

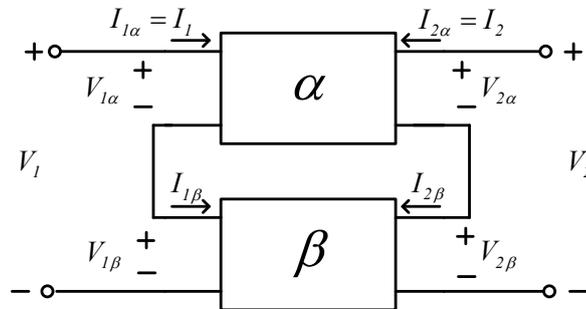
b. Utilizando a representação de quadripolos, apresente os parâmetros de quadripolos equivalentes de associações de quadripolos.

Associação série de quadripolos:

- Dois quadripolos encontram-se em série quando as correntes nas portas elétricas são idênticas:

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA



$$\begin{pmatrix} V_{1\beta} \\ V_{2\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11\beta} & Z_{12\beta} \\ Z_{21\beta} & Z_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{1\beta} \\ I_{2\beta} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{2\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11\alpha} & Z_{12\alpha} \\ Z_{21\alpha} & Z_{22\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{1\alpha} \\ I_{2\alpha} \end{pmatrix}$$

Representando os quadripolos por parâmetros de impedância tem-se:

Dado que:

$$V_1 = V_{1\alpha} + V_{1\beta}$$

$$V_2 = V_{2\alpha} + V_{2\beta}$$

$$I_1 = I_{1\alpha} = I_{1\beta}$$

$$I_2 = I_{2\alpha} = I_{2\beta}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11\alpha} & Z_{12\alpha} \\ Z_{21\alpha} & Z_{22\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_{11\beta} & Z_{12\beta} \\ Z_{21\beta} & Z_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11\alpha} + Z_{11\beta} & Z_{12\alpha} + Z_{12\beta} \\ Z_{21\alpha} + Z_{21\beta} & Z_{22\alpha} + Z_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

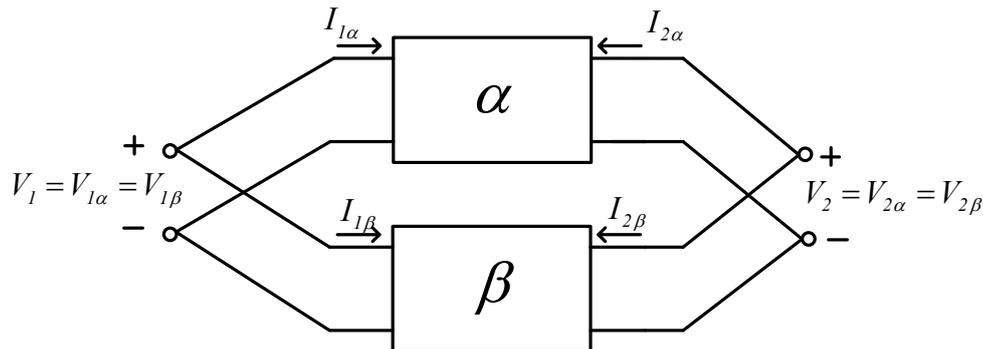
- Portanto, a associação série de dois quadripolos resulta em um quadripolo equivalente cuja matriz de parâmetros de impedância é igual à soma das matrizes de parâmetros de impedância dos quadripolos associados em série

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

Associação em paralelo de quadripolos:

Dois quadripolos encontram-se em paralelo quando as tensões nas portas elétricas são idênticas:



Representando os quadripolos por parâmetros de admitância tem-se:

$$\begin{pmatrix} I_{1\alpha} \\ I_{2\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11\alpha} & Y_{12\alpha} \\ Y_{21\alpha} & Y_{22\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{2\alpha} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} I_{1\beta} \\ I_{2\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11\beta} & Y_{12\beta} \\ Y_{21\beta} & Y_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{1\beta} \\ V_{2\beta} \end{pmatrix}$$

Dado que:

$$I_1 = I_{1\alpha} + I_{1\beta}$$

$$I_2 = I_{2\alpha} + I_{2\beta}$$

$$V_1 = V_{1\alpha} = V_{1\beta}$$

$$V_2 = V_{2\alpha} = V_{2\beta}$$

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11\alpha} & Y_{12\alpha} \\ Y_{21\alpha} & Y_{22\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_{11\beta} & Y_{12\beta} \\ Y_{21\beta} & Y_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

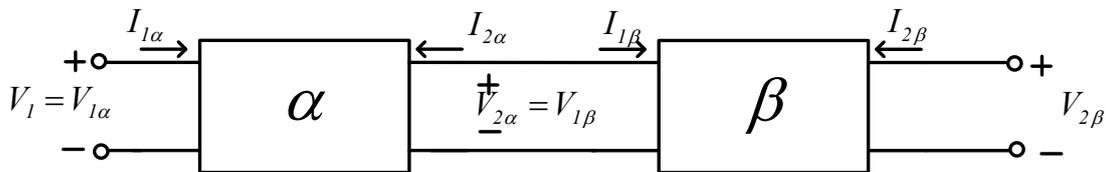
$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11\alpha} + Y_{11\beta} & Y_{12\alpha} + Y_{12\beta} \\ Y_{21\alpha} + Y_{21\beta} & Y_{22\alpha} + Y_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

- Portanto, a associação em paralelo de dois quadripolos resulta em um quadripolo equivalente cuja matriz de parâmetros de admitância é igual à soma das matrizes de parâmetros de admitância dos quadripolos associados em paralelo

Associação em cascata: Dois quadripolos encontram-se em cascata quando a porta elétrica “2” de um dos quadripólos se conecta na porta elétrica “1” do segundo quadripolo.



Considerando-se as condições de contorno da associação e considerando-se os quadripolos representados por meio de seus parâmetros de transmissão, tem-se:

Representando os quadripolos por parâmetros de transmissão tem-se:

$$\begin{pmatrix} V_{1\alpha} \\ I_{1\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_\alpha & B_\alpha \\ C_\alpha & D_\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{2\alpha} \\ I_{2\alpha} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_{1\beta} \\ I_{1\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_\beta & B_\beta \\ C_\beta & D_\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{2\beta} \\ I_{2\beta} \end{pmatrix}$$

Tem-se que:

$$\begin{pmatrix} V_{1\alpha} \\ I_{1\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_\alpha & B_\alpha \\ C_\alpha & D_\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_\beta & B_\beta \\ C_\beta & D_\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{2\beta} \\ I_{2\beta} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_\alpha & B_\alpha \\ C_\alpha & D_\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_\beta & B_\beta \\ C_\beta & D_\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

- Portanto, a associação em cascata de dois quadripolos resulta em um quadripolo equivalente cuja matriz de parâmetros de transmissão é igual ao produto das matrizes de parâmetros de transmissão dos quadripolos associados em cascata.

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 02: (2 PONTOS)

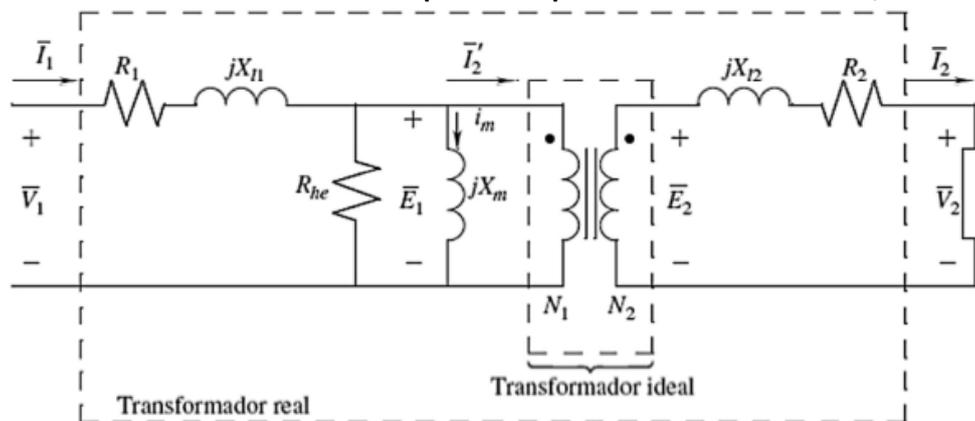
Sobre transformadores de potência:

a. Discorra sobre os ensaios a vazio e sob curto-circuito;

Resposta: O ensaio à vazio é realizado, em geral, deixando os terminais do enrolamento de mais alta-tensão em aberto, ou seja, sem carga. O enrolamento de mais baixa tensão é então alimentado até a tensão nominal. Nesse ensaio se registra a corrente que flui pelo enrolamento de baixa tensão e a potência ativa. A corrente observada será a corrente de magnetização, expressa geralmente em termos percentuais em relação à corrente nominal, e a potência ativa mensurada será uma aproximação das perdas no ferro do transformador.

O ensaio sob curto-circuito é realizado, em geral, curto-circuitando os terminais do enrolamento de baixa-tensão. O lado de alta-tensão é alimentado de forma a gradualmente elevar a tensão até que se observe uma corrente igual à nominal do enrolamento. Nesse ensaio registra-se a tensão e a potência associada. Por meio desse ensaio determina-se a impedância percentual do transformador, bem como, as perdas no cobre.

b. A partir dos resultados dos ensaios tratados no Item a), represente esquematicamente e discorra sobre o circuito elétrico equivalente possível de ser sintetizado;



Onde R_1 e R_2 representam as resistências associadas às perdas no cobre dos enrolamentos 1 e 2, correspondentemente. X_{11} e X_{12} representam as reatância indutivas dos enrolamentos 1 e 2, respectivamente, as quais estão associadas às indutâncias de dispersão dos enrolamentos. R_{FE} e X_m modelam o ramo de magnetização sendo que R_{FE} está associado às perdas no ferro.

c. Considerando o circuito elétrico do Item b), aponte as simplificações frente ao elemento real, bem como, as limitações de uso em estudos envolvendo sistemas elétricos de potência.

Não são modeladas as características não lineares de saturação de núcleo magnético. Não são modeladas as capacitâncias intrínsecas dos enrolamentos e entre os enrolamentos. O modelo em questão não é adequado para estudos envolvendo a região de operação sob saturação. Também não é adequado para estudos envolvendo transitórios decorrentes de descargas atmosféricas.

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR –º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 03 (2 PONTOS)

Sobre os filtros ativos e passivos:

a. Discorra a respeito da utilidade da função de transferência na análise de filtros;

De forma geral, a função de transferência é a relação dependente da frequência entre a saída e a entrada. Se um circuito linear (filtro) pode ser representado pelo diagrama de blocos na figura 1, a sua função de transferência é:

$$H(\omega) = Y(\omega)/X(\omega)$$

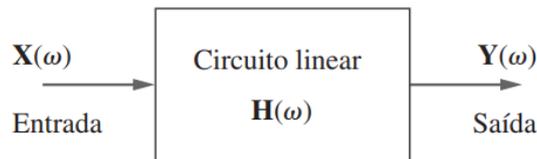


Figura 1. Representação em diagrama de blocos de um circuito linear.

Na análise de filtros, a função de transferência é uma ferramenta analítica útil para encontrar a resposta em frequência de um circuito/filtro. De forma prática, a resposta em frequência de um circuito/filtro é o gráfico da função de transferência do circuito $H(\omega)$ versus ω , com ω variando de 0 até ∞ .

b. No que se refere aos filtros: passa-baixa, passa-alta, passa-faixa, rejeita-faixa, responda os seguintes questionamentos:

- Definir cada um dos filtros.
- Definir os parâmetros característicos de cada filtro.
- Fazer uma tabela comparativa das características dos filtros.
- Descrever as respostas ideais em frequências para os quatro tipos de filtros.

- Definir cada um dos filtros.

De forma geral, um filtro é um circuito elétrico projetado para passar sinais com uma desejada frequência e rejeitar (atenuar) outros ou rejeitar (atenuar) sinais com frequências indesejadas e permitir que outras passem.

Filtro passa-baixa: Projetado para passar somente frequências de zero até a frequência de corte ω_c .

Filtro passa-alta: Projetado para passar todas as frequências acima de sua frequência de corte ω_c .

Filtro passa-faixa: Filtro projetado para passar todas as frequências dentro da banda de frequências $\omega_1 < \omega < \omega_2$.

Filtro rejeita-faixa: Projetado para reter ou eliminar todas as frequências dentro da banda de frequências $\omega_1 < \omega < \omega_2$.

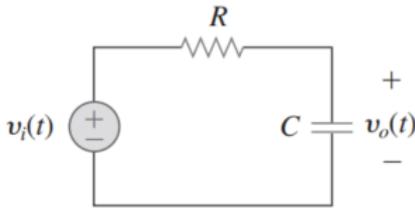
CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

- Definir os parâmetros característicos de cada filtro.

FILTRO PASSA-BAIXA:

Um típico filtro passa baixa é formado quando a saída de um circuito RC em série é tomada dos terminais do capacitor (figura abaixo).

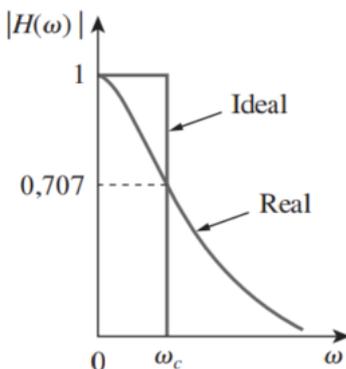


Função de transferência:

$$\mathbf{H}(\omega) = \mathbf{V}_o/\mathbf{V}_i = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C}$$

$$\mathbf{H}(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

Resposta ideal e real em frequência (gráfico de $|H(\omega)|$):



Frequência de corte é a frequência de meia potência e é obtida fazendo a magnitude de $H(\omega)$ igual a $1/\sqrt{2}$, assim:

$$H(\omega_c) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega_c^2 R^2 C^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

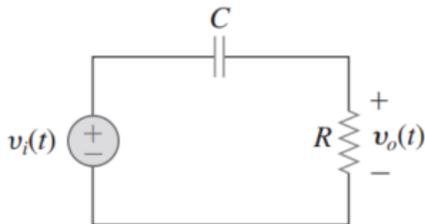
$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$

FILTRO PASSA-ALTA:

Um típico filtro passa alta é formado quando a saída de um circuito RC em série é tomada dos terminais do resistor (figura abaixo).

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

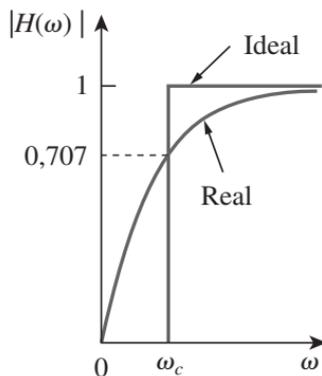


Função de transferência:

$$\mathbf{H}(\omega) = \mathbf{V}_o/\mathbf{V}_i = \frac{R}{R + 1/j\omega C}$$

$$\mathbf{H}(\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

Resposta ideal e real em frequência:

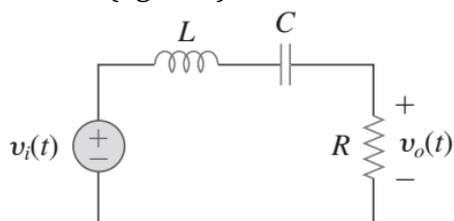


Frequência de corte:

$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$

FILTRO PASSA-FAIXA:

Um circuito RLC ressonante em serie fornece um filtro passa-faixa quando a saída é tomada dos terminais do resistor (figura 4)



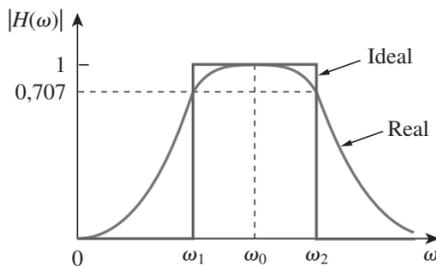
CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

Função de transferência:

$$\mathbf{H}(\omega) = \mathbf{V}_o/\mathbf{V}_i = \frac{R}{R + j(\omega L - 1/\omega C)}$$

Resposta ideal e real em frequência (gráfico de $|H(\omega)|$):



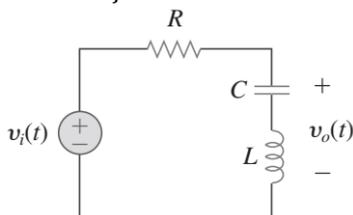
O filtro passa-faixa passa uma banda de frequências ($\omega_1 < \omega < \omega_2$) centrada em ω_0 , a frequência de corte, que é dada por:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Um filtro passa-faixa pode também ser formado por um filtro passa-baixa em cascata com um filtro passa alta.

FILTRO REJEITA-FAIXA:

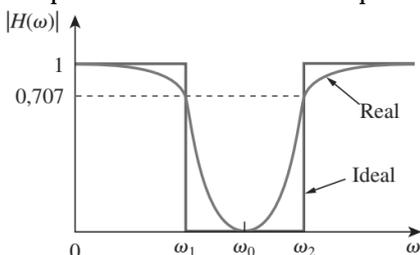
Um filtro rejeita-faixa é formado quando a saída de um circuito ressonante RLC em série é tomada da combinação em serie LC conforme mostrado na figura abaixo.



Função de transferência:

$$\mathbf{H}(\omega) = \mathbf{V}_o/\mathbf{V}_i = \frac{j(\omega L - 1/\omega C)}{R + j(\omega L - 1/\omega C)}$$

Resposta ideal e real em frequência:



CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

Frequência de centro também chamado frequência de rejeição:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

A largura de banda correspondente é $LB = \omega_2 - \omega_1$ e é também conhecida como largura da banda de rejeição.

- **Fazer uma tabela comparativa das características dos filtros.**

Tipo de filtro	$H(0)$	$H(\infty)$	$H(\omega_c)$ ou $H(\omega_0)$
Passa-baixa	1	0	$1/\sqrt{2}$
Passa-alta	0	1	$1/\sqrt{2}$
Passa-faixa	0	0	1
Rejeita-faixa	1	1	0

Nota: ω_c é a frequência de corte para os filtros passa-baixa e passa-alta; ω_0 é a frequência central para os filtros passa-faixa e rejeita-faixa.

- **Descrever as respostas ideais em frequências para os quatro tipos de filtros.**

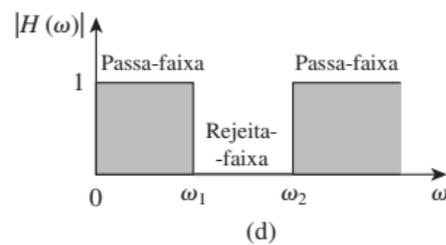
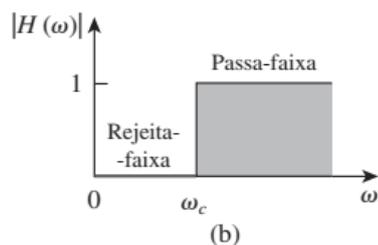
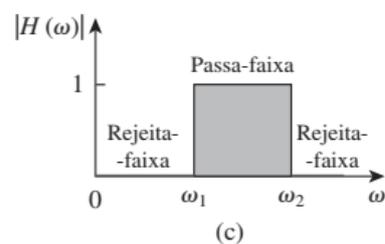
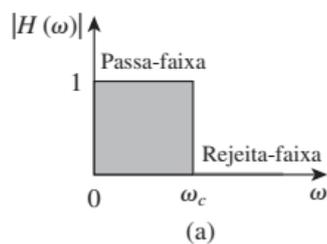
Filtro passa baixa passa baixas frequências e retém altas frequências.

Filtro passa alta passa altas frequências e rejeita baixas frequências.

Filtro passa faixa passa frequências dentro de uma banda e bloqueia frequências fora dessa banda.

Filtro rejeita faixa passa frequências fora de uma banda e bloqueia

Graficamente (filtros a) Passa baixa b) Passa alta c) Passa faixa d) Rejeita faixa):



CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR –º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 04 (2 PONTOS)

Uma indústria possui uma carga trifásica com impedâncias iguais por fase, conectada em estrela (Y), sendo que a reatância indutiva e a resistência têm o mesmo valor por fase. Está sendo estudada a correção de fator de potência da carga com a utilização de um banco de capacitores. Para compensação, estão disponíveis três capacitores com capacitância genérica C e três capacitores com capacitância genérica 2C. Sabendo que os valores dos capacitores não são suficientes para tornar o fator de potência corrigido capacitivo:

- Qual é o fator de potência da carga antes da compensação?
- Qual a configuração do banco de capacitores que promove maior compensação para a carga?
- Utilizando o Teorema de Blondel para medir a potência ativa trifásica da carga, apresente o diagrama de conexão dos wattímetros à carga com fator de potência já corrigido (considerar sequência positiva).
- Cite pelo menos duas vantagens e duas desvantagens para a compensação de reativos diretamente sobre a carga, sob o aspecto de eficiência energética na indústria?

Justificar cada uma das respostas. Utilizar diagramas esquemáticos.

a. Qual é o fator de potência da carga antes da compensação?

De acordo com o enunciado do problema, a reatância indutiva e a resistência da carga têm o mesmo valor por fase. Assim, a relação de impedância é unitária. O ângulo da carga é, portanto, de 45° . Com isso, o fator de potência é $\cos(45^\circ) = 0,71$ indutivo.

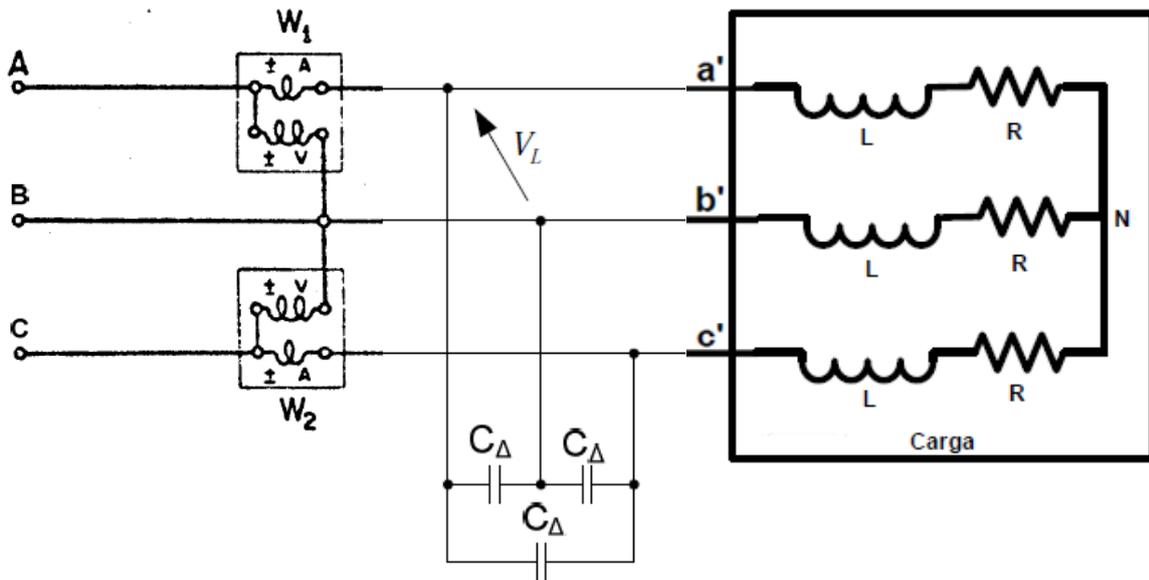
b. Qual a configuração do banco de capacitores que promove maior compensação para a carga?

Para a compensação da carga trifásica, o banco de capacitores deve ter configuração trifásica equilibrada. Considerando a disponibilidade de capacitores, a associação que resulta em maior capacitância, e iguais para as três fases, é o paralelo entre um capacitor de valor 1C com um capacitor de valor 2C, resultando em uma capacitância igual a 3C. Para maior disponibilidade de potência reativa, os capacitores devem ser ligados e conexão Delta, uma vez que $Q_c = (V_c)^2 / X_c$ e a tensão entre fases (de linha) é $\sqrt{3}$ maior que a tensão entre fase e neutro.

c. Utilizando o Teorema de Blondel para medir a potência ativa trifásica da carga, apresente o diagrama de conexão dos wattímetros à carga com fator de potência já corrigido (considerar sequência positiva).

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA



- d. Cite pelo menos duas vantagens e duas desvantagens para a compensação de reativos diretamente sobre a carga, sob o aspecto de eficiência energética na indústria?

Vantagens:

- Redução no valor rms da corrente devido a redução da parcela reativa da corrente, reduzindo as perdas ôhmicas no alimentador da carga;
- Melhoria no perfil de tensão no ponto de acoplamento da carga;
- Banco de capacitores de menor dimensão quando comparado com a compensação global, reduzindo custos de implantação e custos operacionais;
- O banco pode ser conectado e desconectado conforme acionamento da carga, evitando compensação desnecessária;
- Não exige proteção específica do banco de capacitores;

Desvantagens:

- Não impacta significativamente o fator de potência global da indústria, reduzindo a sua importância na tarifação de reativos;
- Não tem impacto importante no perfil da tensão de entrada da indústria;
- Aumenta a quantidade de capacitores distribuídos pelo sistema industrial, aumentando o risco de pontos de ressonância;
- Tem efeito localizado de compensação, o que acaba demandando bancos adicionais para as demais cargas indutivas importantes.

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR –º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita
Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

QUESTÃO 05 (1 PONTO)

Considerando uma instalação elétrica industrial de baixa tensão:

a. Discorra sobre os critérios de dimensionamento dos condutores de alimentadores;

A norma NBR 5410 indica que a seção dos condutores deve ser determinada de forma que sejam atendidos, no mínimo, todos os seguintes critérios:

- Seção mínima
- Capacidade de condução de corrente
- Queda de tensão
- Curto-circuito
- Sobrecarga

b. Sobre o alimentador do Item a) discorra sobre a suportabilidade térmica dos condutores e sobre a proteção contracorrentes de curto-circuito.

A suportabilidade térmica de um condutor segue a integral de Joule, ou seja, $I^2t = \text{constante}$. Para proteger os condutores do alimentador a curva característica do elo fusível ou disjuntor deve ter tempo de atuação mais ágil do que a suportabilidade do cabo.

QUESTÃO 06 (1 PONTO)

- a. Explique o conceito de geração distribuída;
- b. Identifique fontes de energia elétrica características de operação em geração distribuída para conexão em redes secundárias, primárias e de alta tensão de distribuição de energia elétrica.
- c. No que a Lei 14.300, de 06 de janeiro de 2022 impacta na implantação de geração distribuída?

a. Explique o conceito de geração distribuída.

- A geração de energia elétrica é obtida localmente, próximo aos centros de consumo. É conectada aos sistemas de distribuição, na alta, média ou baixa tensão. Dispensa o uso do sistema de transmissão de energia, reduzindo os custos com transporte e as perdas na transmissão. É normalmente associada a geradores de pequeno porte, classificados como micro (menor ou igual a 75 kW) ou mini (maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW). Não há limite específico para geração distribuída, mas deve ser alocada próximo ao centro de consumo.

b. Identifique fontes de energia elétrica características de operação em geração distribuída para conexão em redes secundárias, primárias e de alta tensão de distribuição de energia elétrica.

- Fontes para conexão em redes secundárias: microgeração. fotovoltaicas isoladas ou conectadas diretamente a rede de distribuição secundária através de inversores de potência.
- Fontes para conexão em redes primárias: minigeração. Fotovoltaicas, cgh, térmicas.
- Fontes para conexão em alta tensão de distribuição: parque solares e eólicos, térmicas maiores de 5MW, pch

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR –º 42/2021 – PROGRAD

Gabarito Prova Escrita

Área: 07 - ENGENHARIA ELÉTRICA: ELETROTÉCNICA

c. No que a Lei 14.300, de 06 de janeiro de 2022 impacta na implantação de geração distribuída?

A Lei 14.300/2022 é considerada o Marco Legal da geração distribuída. Uma vez que a regulamentação da GD era estabelecida por resolução da Aneel, a lei dá maior segurança jurídica aos geradores de energia e às concessionárias.

Entre os principais aspectos da lei, destaca-se:

- Inovações institucionais como o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (“SCEE”) e o Programa de Energia Renovável Social (“PERS”);
- Limite de 3 MW para mini-geração não despachada;
- Reconhecimento da reunião de consumidores por meio de condomínio civil voluntário e edifício (artigos 1.314 e 1.331 do Código Civil) ou qualquer espécie de associação civil, composta por pessoas físicas ou jurídicas, desde que sejam instituídas especificamente para geração compartilhada e que todas suas unidades consumidoras sejam atendidas pela mesma distribuidora;
- Não incidência das bandeiras tarifárias sobre os excedentes;
- Instalações de iluminação pública no SCEE;
- Criação do Programa de Energia Renovável Social (PERS)

(espera-se que na resposta o candidato, além de reconhecer a segurança jurídica para a GD, cite algumas das inovações da Lei)