

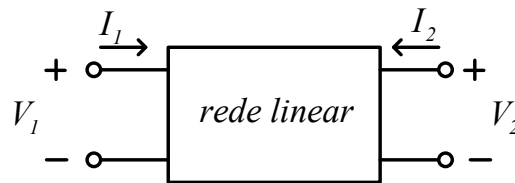
**CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD**

**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:

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

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

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

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

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

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:

- $A = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_2=0}$

- $C = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{I_2=0}$

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

- $B = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{V_2=0}$

- $D = \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{V_2=0}$

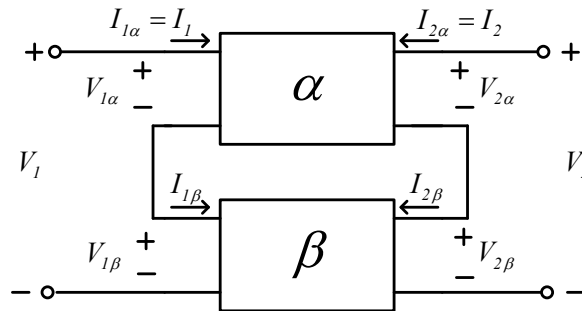
**b. Utilizando a representação de quadripolos, apresente os parâmetros de quadripolos equivalentes de associações de quadripolos.**

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:

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

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

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

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

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

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

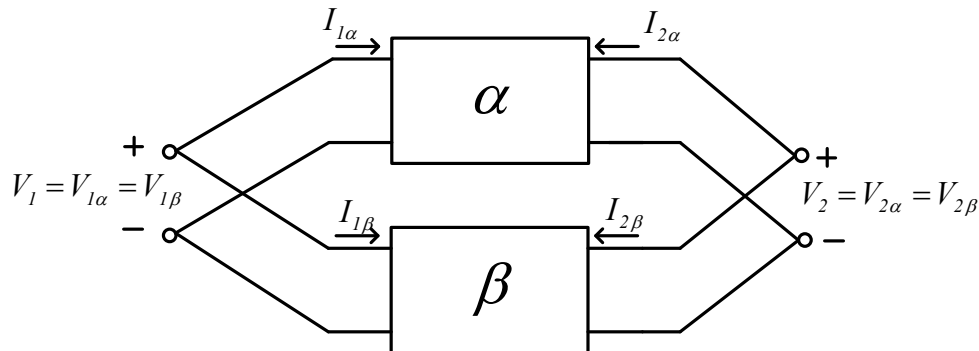
- Portanto, a associação série de dois quadripolos resulta em um quadripolo equivalente cuja matriz de parâmetros de impedância é igual à soma das matrizes de parâmetros de impedância dos quadripolos associados em série

**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:

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

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

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

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

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

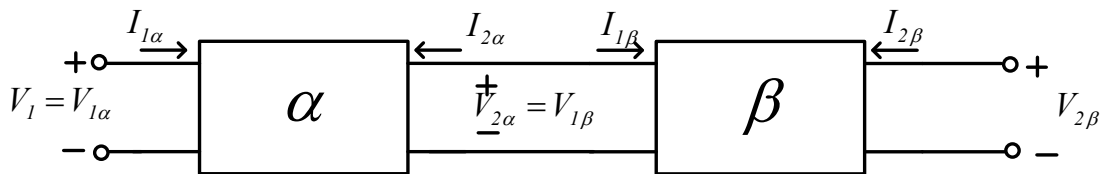
$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11\alpha} + Y_{11\beta} & Y_{12\alpha} + Y_{12\beta} \\ Y_{21\alpha} + Y_{21\beta} & Y_{22\alpha} + Y_{22\beta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

**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)**

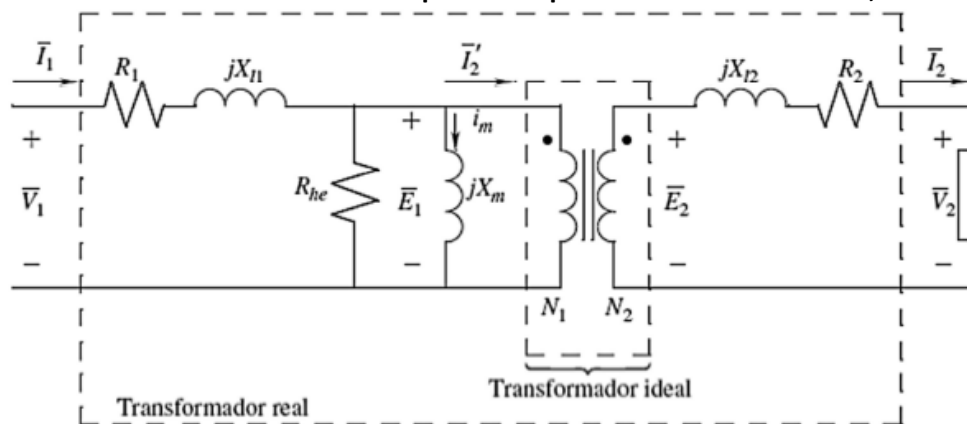
Sobre transformadores de potência:

**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:

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

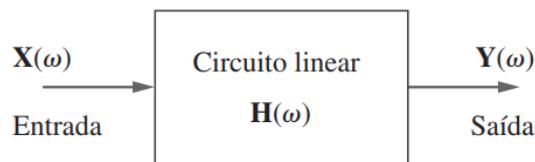


Figura 1. Representação em diagrama de blocos de um circuito linear.

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  $\omega$ , com  $\omega$  variando de 0 até  $\infty$ .

**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  $\omega_c$ .

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

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  $\omega_1 < \omega < \omega_2$ .

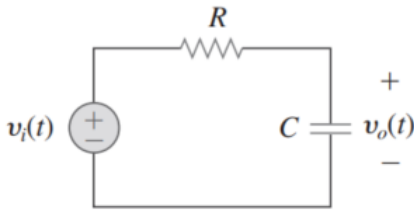
**CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD**

**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).

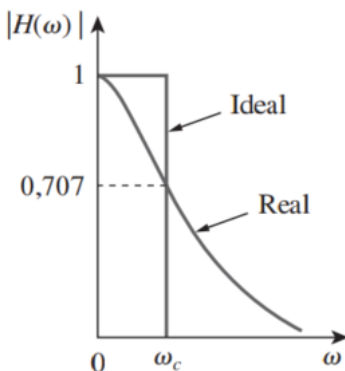


Função de transferência:

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

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

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:

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

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

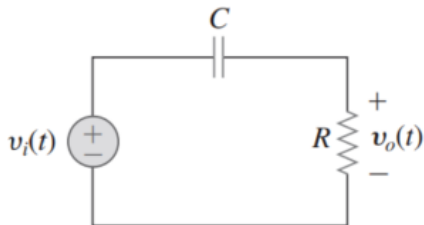
**FILTRO PASSA-ALTA:**

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**

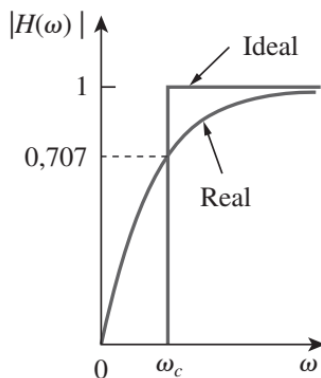


Função de transferência:

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

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

Resposta ideal e real em frequência:

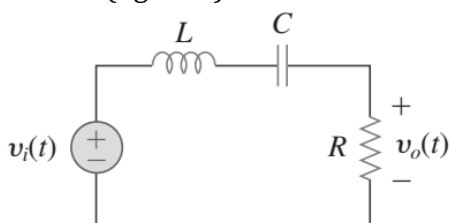


Frequência de corte:

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

**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)



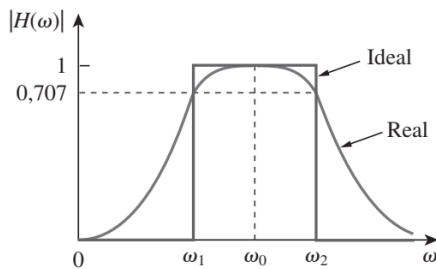
**CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR -º 42/2021 – PROGRAD**

**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  $|H(\omega)|$ ):



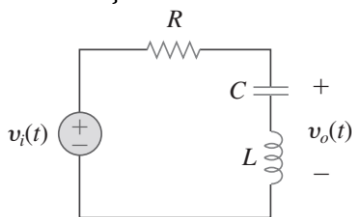
O filtro passa-faixa passa uma banda de frequências ( $\omega_1 < \omega < \omega_2$ ) centrada em  $\omega_0$ , a frequência de corte, que é dada por:

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

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

**FILTRO REJEITA-FAIXA:**

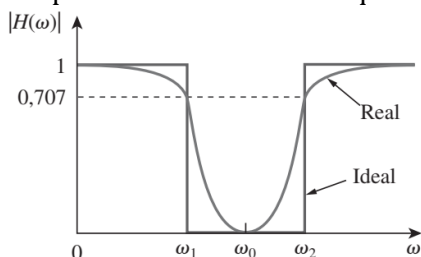
Um filtro rejeita-faixa é formado quando a saída de um circuito ressonante RLC em série é tomada da combinação em serie LC conforme mostrado na figura abaixo.



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:  $\omega_c$  é a frequência de corte para os filtros passa-baixa e passa-alta;  $\omega_0$  é a frequência central para os filtros passa-faixa e rejeita-faixa.

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

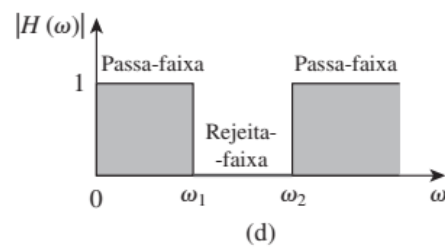
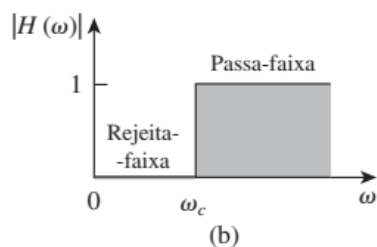
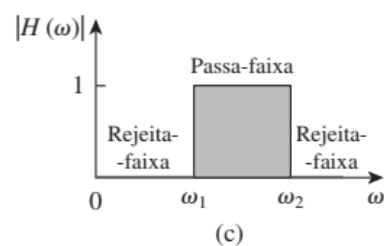
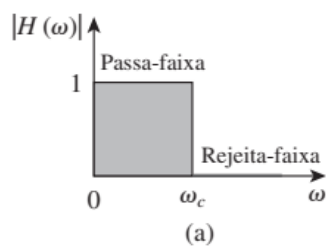
Filtro passa baixa passa baixas frequências e retém altas frequências.

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  $45^\circ$ . Com isso, o fator de potência é  $\cos(45^\circ) = 0,71$  indutivo.

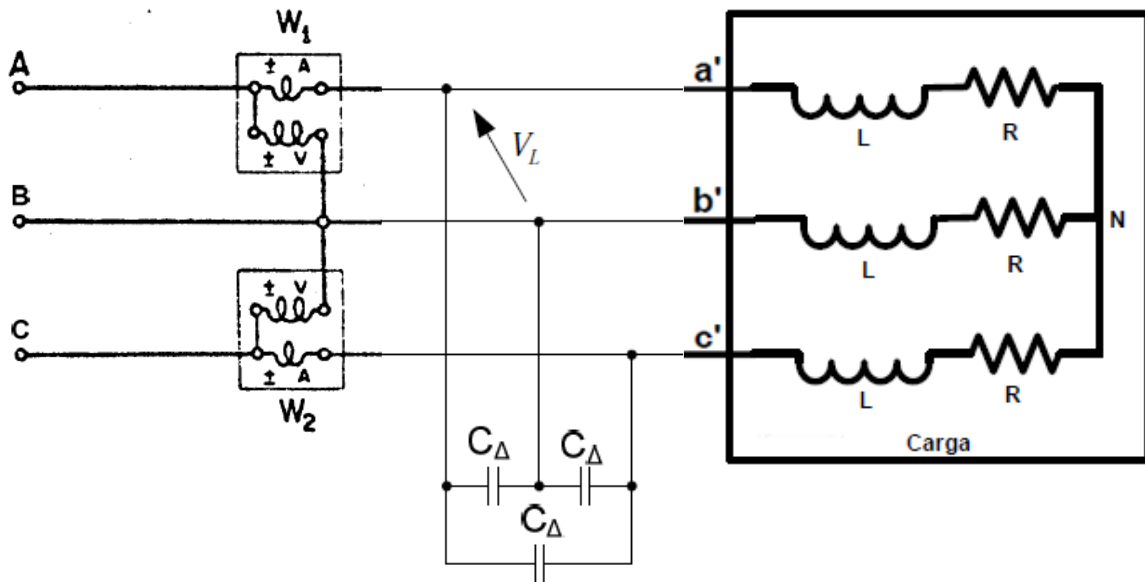
**b. Qual a configuração do banco de capacitores que promove maior compensação para a carga?**

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)