

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Campus Blumenau

Física Geral III

Aula Teórica 24 (Cap. 36 parte 2/2):

- 1) Potência em circuitos de corrente alternada
- 2) Geração de energia e transmissão
- 3) Transformadores

Prof. Marcio R. Loos

Potência em circuitos de corrente alternada

- “ Não há **perdas de energia** associadas a cargas **capacitivas e indutivas** em um circuito RLC!
- “ Considere o circuito abaixo:

- “ Quando a **corrente começa a crescer** em um sentido no circuito, **carga começa a se acumular** no capacitor.
- “ Quando a **carga é máxima**, a **energia armazenada** será: $U_c = \frac{1}{2} CV^2$
- “ O armazenamento de energia é momentâneo.
- “ O capacitor é **carregado e descarregado duas vezes em cada ciclo**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

- “ Durante 2/4 T (ciclo) carga é **armazenada** no capacitor.
- “ Durante 2/4 T (ciclo) carga é **liberada** pelo capacitor.
- “ **A energia média fornecida pela fonte para o capacitor é nula.**
(não há perda de energia)

Conclusão:
Em um circuito RLC, a **transferência líquida de energia é da fonte para o resistor!**

- “ A fonte deve **realizar trabalho contra a fem auto induzida** (em sentido contrário) no indutor.
- “ Quando a corrente é máxima, a energia armazenada no indutor é $U_B = \frac{1}{2} LI^2$
- “ Quando a **corrente desce**, a **energia retorna** para fonte.
- “ **A energia média fornecida pela fonte para o indutor é nula.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

“ A taxa **INSTANTÂNEA** com que a energia é dissipada no resistor vale:

$$P = Ri^2 \quad \text{mas} \quad i = I \text{sen}(\omega t - \phi)$$

$$P = R[I \text{sen}(\omega t - \phi)]^2 \quad P = RI^2 \text{sen}^2(\omega t - \phi)$$

“ A taxa **MÉDIA** com a qual a energia é dissipada no resistor é a **média no tempo** da eq. acima.

“ Em um ciclo completo, o valor médio de **sen θ** é zero. O espaço cheio acima da reta 1/2 completa o espaço vazio abaixo desta reta.

“ O valor médio de **sen² θ** é 1/2.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

“ Podemos reescrever a eq. $P = RI^2 \text{sen}^2(\omega t - \phi)$ Como:

$$P_{\text{med}} = \frac{RI^2}{2} \quad \therefore \quad P_{\text{med}} = R \left(\frac{I}{\sqrt{2}} \right)^2$$

$\frac{I}{\sqrt{2}} = I_{\text{rms}}$ **Corrente rms**
Valor médio quadrático (rms)

“ A potência média pode ser escrita como:

$$P_{\text{med}} = RI_{\text{rms}}^2 \quad \text{Potência média} \quad P_{\text{med}} = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}$$

“ A eq. acima é similar a $P = RI^2$

Usando I_{rms} podemos calcular a P_{med} em circuitos AC como fizemos para circuitos CC!

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

“ Podemos definir o **valor rms** para **tensão alternada** e **fem alternada**:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V}{\sqrt{2}} \quad \text{Tensão rms}$$

$$\mathcal{E}_{\text{rms}} = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{2}} \quad \text{fem rms}$$

“ Voltímetros e amperímetros usados em CA geralmente fornecem os valores I_{rms} , V_{rms} e \mathcal{E}_{rms} .

“ O valor de 220V obtido ao ligarmos um multímetro na tomada é o valor **rms**.

“ O valor máximo da ddp numa tomada será $\sqrt{2}V_{\text{rms}} = \sqrt{2} 220V = 311V$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

O fator de proporcionalidade nas eq. $I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}}$ $V_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}}$ $\mathcal{E}_{rms} = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{2}}$

é $1/\sqrt{2}$

Podemos escrever $I = \frac{\mathcal{E}_m}{Z}$ $I = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

Como $I_{rms} = \frac{\mathcal{E}_{rms}}{Z}$ $I_{rms} = \frac{\mathcal{E}_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

A potência média pode ser reescrita como:

$$P_{méd} = RI_{rms}^2 = RI_{rms} \left(\frac{\mathcal{E}_{rms}}{Z} \right) = \mathcal{E}_{rms} I_{rms} \frac{R}{Z}$$

Da fig. ao lado temos:

$$\cos \phi = \frac{V_R}{\mathcal{E}_m} = \frac{RI}{Z} = \frac{R}{Z}$$

logo $P_{méd} = \mathcal{E}_{rms} I_{rms} \cos \phi$ **Potência média**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em circuitos de corrente alternada

$P_{méd} = \mathcal{E}_{rms} I_{rms} \cos \phi$ **Potência média** $\cos \phi$: fator de potência

Quando $\cos \phi = 1$ ($\phi=0$), a taxa com a qual a energia é fornecida a uma carga resistiva é máxima.

Busca-se sempre a potência máxima ($\phi=0$).

Se o circuito RLC for **muito indutivo** ($\phi \rightarrow +90^\circ$), basta **ligar um capacitor adicional em série** para este se tornar menos indutivo.

A **capacitância diminuirá** e a **reatância capacitiva aumentará**.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega_j C}$$

Este artifício é usado por empresas de energia elétrica em linhas de transmissão.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Potência em altofalantes: PMPO vs. rms

Potência rms: no Brasil, obedece a ABNT. É REAL!

Potência PMPO: Power Music Pic Output. Difere entre os fabricantes... quanto maior, mais vende!

Trio 15 1600 W PMPO, 350 W RMS - Arlen | Código do Produto: 387423 (628063)



Preço grátis

De: R\$ 339,00 (Economize R\$ 30,00)

Por: R\$ 309,00

12x de R\$ 25,75 sem juros

ou

R\$ 293,55 no Boleto ou Bankline (5% desconto)

Consulte o prazo de entrega do seu produto

Digite seu CEP:

PMPO: "Potência Máxima Para Otário"

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Exercício 1/2

Um secador de cabelos elétrico consome uma potência de 1500 W para 120 V. A potência especificada por esse secador é a potência média consumida pelo dispositivo e a voltagem especificada é o valor médio quadrático da voltagem. Suponha que o secador de cabelo seja uma resistência pura. Calcule:

(a) A resistência. **[9,60 Ω]**
 (b) O valor médio quadrático da corrente. **[12,5 A]**

Resolução

(a) $P_{méd} = RI_{rms}^2 = R \left(\frac{V_{rms}}{R} \right)^2 = \frac{V_{rms}^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V_{rms}^2}{P_{méd}}$

(b) $P_{méd} = V_{rms} I_{rms} \Rightarrow I_{rms} = \frac{P_{méd}}{V_{rms}}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 10

Exercício 2/2

Num circuito RLC, $R = 300 \Omega$, $L = 60 \text{ mH}$, $C = 0,50 \mu\text{F}$, $V = 50\text{V}$ (valor médio) e $\omega = 10000 \text{ rad/s}$. Calcule:

(a) O fator de potência. **[0,60]**
 (b) A potência média fornecida pelo circuito todo e para cada elemento do circuito. **[1,5 W]**

Resolução

(a) $\cos \phi$

(b) $P_{méd} = \epsilon_{rms} I_{rms} \cos \phi$

$I = \frac{\epsilon_m}{Z} \quad I = \frac{\epsilon_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad X_L = \omega L \quad I = 0,10 \text{ A}$

$\epsilon_{rms} = \frac{\epsilon_m}{\sqrt{2}} \quad I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad P_{méd} = RI_{rms}^2$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 11

Transformadores

Geração de energia e transmissão

P=I²R
P=VI

É necessário aumentar/diminuir a voltagem...

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 12



Transformadores

- O transformador ideal consiste em **duas bobinas com números diferentes de espiras** enroladas em torno do **núcleo**.
- O enrolamento primário com N_p espiras está ligado a um gerador de CA:
 $\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t$
- O enrolamento secundário (N_s espiras) é ligado a uma carga resistiva.
- Chave S aberta:** o enrolamento primário se comporta como

Primário Secundário

Transformadores

- A corrente no primário I_{mag} (corrente de magnetização) está atrasada 90° em relação à V_p do primário.
- O fator de potência do primário é $\cos \phi = 0 \rightarrow$ **Nenhuma potência é transferida do gerador para o transformador** (só para R, quando houver um)
- A I_{mag} do primário irá produzir um fluxo alternado Φ_B no núcleo de ferro.
- O núcleo reforça Φ_B** e o transfere para o secundário do transformador

Primário Secundário

Transformadores

- “ A corrente no primário I_{mag} (corrente de magnetização) está atrasada 90° em relação à V_p do primário.
- “ O fator de potência do primário é $\cos \phi = 0 \rightarrow$ **Nenhuma potência é transferida do gerador para o transformador** (só para R, quando houver um)
- “ A I_{mag} do primário irá produzir um fluxo alternado Φ_B no núcleo de ferro.
- “ **O núcleo reforça Φ_B** e o transfere para o secundário do transformador

Lembre do eletroímã + prego

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 16

Transformadores

- “ Φ_B varia com o tempo e induz uma fem ϵ_{espira} em cada espira do secundário.
- “ ϵ_{espira} é a mesma em cada espira do primário e do secundário:

$$V_p = \epsilon_{espira} N_p \quad V_s = \epsilon_{espira} N_s$$

Logo:

$$\epsilon_{espiras} = \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \quad \text{ou} \quad V_s = V_p \frac{N_s}{N_p}$$

Transformação de tensão
 V_s e V_p são rms

$N_s > N_p$ Transformador **elevador de tensão**
 $N_s < N_p$ Transformador **abaixador de tensão**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 17

Transformadores

- “ A **potência elétrica transferida do gerador para o primário** vale $V_p I_p$.
- “ A **potência recebida pelo secundário** (através do B que enlaça os dois rolamentos) é $V_s I_s$.
- “ Para um transformador ideal $I_p V_p = I_s V_s$ mas $V_s = V_p \frac{N_s}{N_p}$

$$I_s = I_p \frac{N_p}{N_s}$$

Transformação de corrente

Chave S fechada

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 18

Exercício

Uma amiga trouxe da Europa um aparelho que ela afirma ser a melhor cafeteira elétrica do mundo. Infelizmente, o aparelho só funciona com uma fonte de alimentação de 240 V para fornecer a potência de 960 W necessária para seu funcionamento. O valor da voltagem é o valor médio quadrático.

(a) O que ela deve fazer para ligar o aparelho em uma fonte de 120 V?
 (b) Qual deve ser a corrente que a cafeteira consome de uma linha de 120 V?

Resolução

(a) $V_s = V_p \frac{N_s}{N_p}$ $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{240V}{120V} = 2$ O secundário deverá ter o dobro de espiras que o primário (ligado a 120 V)

(b) A corrente é consumida no primário.

$$P_{med} = I_p V_p \therefore I_p = \frac{P_{med}}{V_p} = 8,0 A$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 39

Trasformador durante explosão



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 40

Trasformador depois da explosão



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 41

Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 33: 1, 5, 6, 8, 9, 13, 18, 19, 22, 29, 30, 33, 35, 37, 38 e 42.

Capítulo 35: 1,4, 5, 6, 9, 11, 14, 18, 21, 24, 27, 28, 33 e 37.

Capítulo 36: 13,14, 15, 19, 20, 24, 25, **30, 44, 45, 47.**

Capítulo 37: 1, 6, 10, 12 e 16.

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.

Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):

web: loos.prof.ufsc.br e-mail: marcio.loos@ufsc.br
