

## **Aula 17**

*Corrente alternada e transformadores.*

Prof. Vinícius Fulconi

## Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>3</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>1- Corrente alternada .....</b>	<b>6</b>
1.1 – <i>Análise da tensão</i> .....	6
1.2 – <i>Corrente elétrica</i> .....	11
1.3 – <i>Potência dissipada</i> .....	13
1.4 – <i>Valores eficazes</i> .....	14
1.5 – <i>Resolução de circuitos alternados</i> .....	15
<b>2 – Transformadores .....</b>	<b>17</b>
2.1 - <i>Introdução</i> .....	17
2.2 - <i>Funcionamento do transformador</i> .....	19
2.3 <i>Eficiência do transformador</i> .....	20
<b>Lista de Questões .....</b>	<b>22</b>
<b>Gabarito .....</b>	<b>34</b>
<b>Lista de Questões Resolvidas e Comentadas .....</b>	<b>35</b>
<b>Considerações Finais .....</b>	<b>59</b>
<b>Referências .....</b>	<b>60</b>



# Apresentação

**Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!**

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e quatro anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principais aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Militares.

No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar no ITA!*** Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiriam! Entretanto, eu preferi negritar e gravar “**Você vai passar no ITA!**”

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!



Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Militares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na



minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei identificar quais são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



***ALERTA!***

Esse curso exige do candidato apenas **dedicação, perseverança e vontade de vencer.**

# Introdução

Nessa aula, veremos sobre a corrente alternada e transformadores. Esses conteúdos não são muito incidentes nos concursos da EEAR e da EsPCeX. Entretanto, não podemos ser surpreendidos na hora da prova. Fornecerei todo o conteúdo necessário para você acertar todas as questões que poderão cair desses temas.

Algumas deduções serão trabalhosas e complicadas, não se importe com elas. O mais importante dessa aula é entender como são resolvidos os exercícios.

Enunciando assim pode parecer um estudo muito teórico mas, veremos muitos exemplos e exercícios práticos!

Então, vamos começar? 😊



# 1- Corrente alternada

FIQUE  
ATENTO!



## 1.1 – Análise da tensão

Considere uma espira condutora se movimentando em um campo magnético. Na aula de eletromagnetismo, vimos que condutores se movendo em campo magnético, geram em si, diferenças de potenciais.

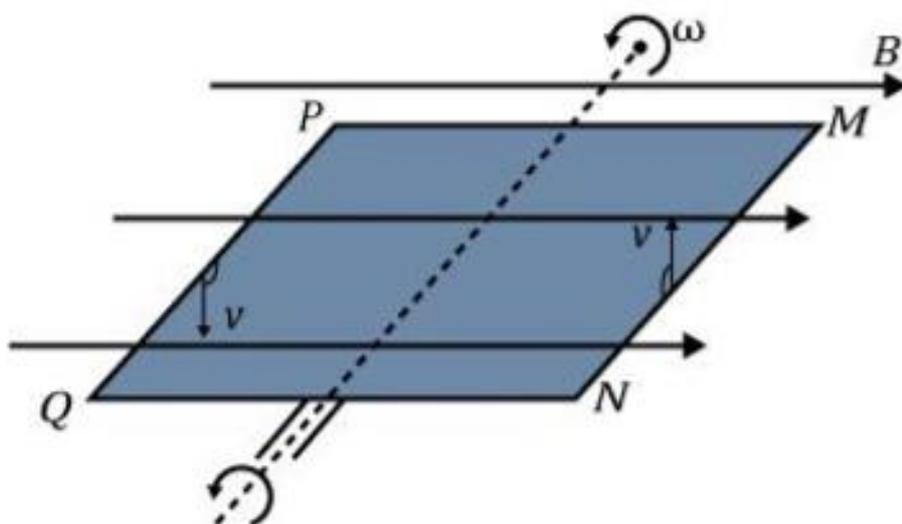


Figura 1: Espira condutora em um campo magnético.

A espira está girando com velocidade angular  $\omega$ .

Quando giramos a espira, os segmentos  $NM$  e  $PQ$  cortam as linhas de indução magnética, induzindo uma  $fem$  em cada um destes segmentos. Note que os segmentos  $QN$  e  $MP$  giram em forma paralela as linhas de indução, não cortam as linhas de indução, então nestes segmentos não se induz  $fem$ .



Desta maneira, surge na espira forças eletromotrizes nos lados PQ e MN.

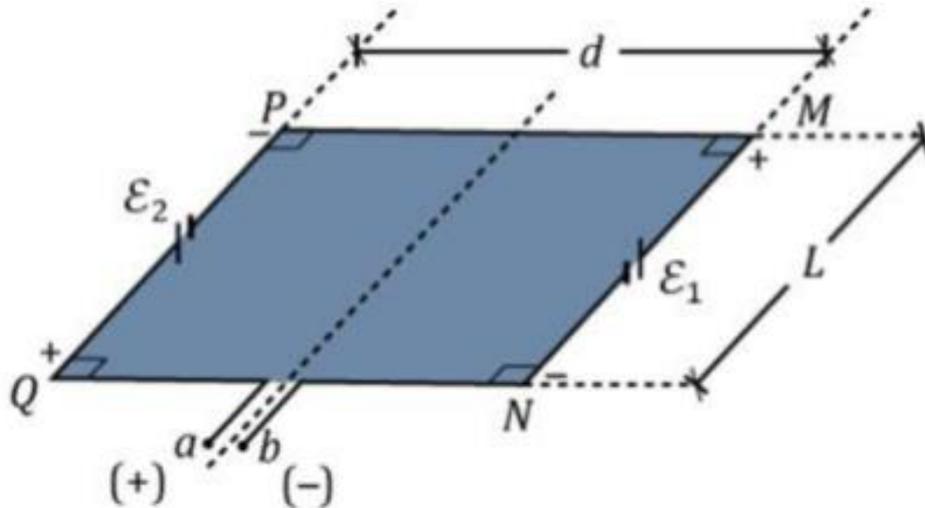


Figura 2: Surgimento de forças eletromotrizes.

$$\epsilon_1 = B \cdot v \cdot L = B \cdot \left(\omega \cdot \frac{d}{2}\right) \cdot L = \frac{B \cdot \omega \cdot L \cdot d}{2}$$

$$\epsilon_2 = B \cdot v \cdot L = B \cdot \left(\omega \cdot \frac{d}{2}\right) \cdot L = \frac{B \cdot \omega \cdot L \cdot d}{2}$$

Note que a diferença de potencial entre os pontos A e B é dada pela soma entre as forças eletromotrizes.

$$\epsilon_{AB} = \epsilon_1 + \epsilon_2 = B \cdot \omega \cdot L \cdot d$$

Agora, iremos a analisar a espira para um instante genérico t.

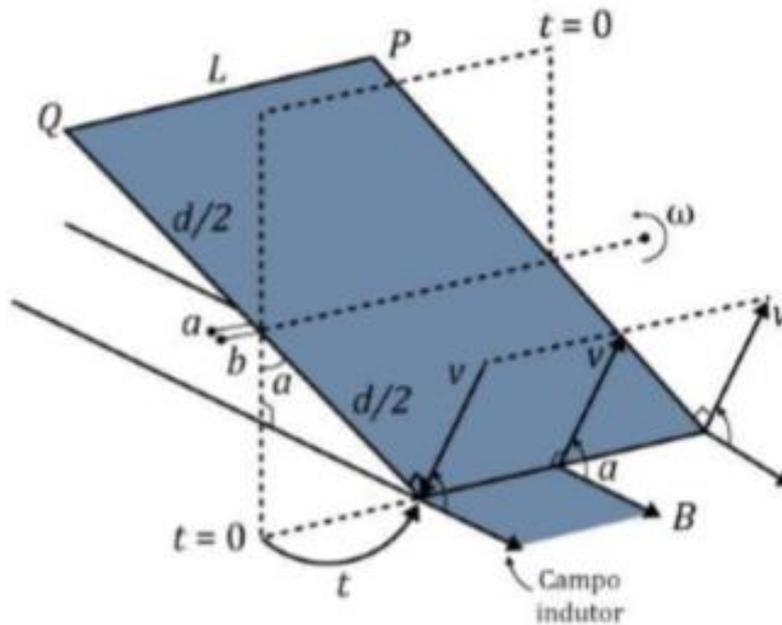


Figura 3: Espira em um instante genérico.

Agora, as forças eletromotrizes nos lados PQ e MN dependem do ângulo  $\alpha$ . Desta maneira, temos:

$$\varepsilon_1 = B \cdot v \cdot L \cdot \text{sen}\alpha = B \cdot \left(\omega \cdot \frac{d}{2}\right) \cdot L \cdot \text{sen}\alpha = \frac{B \cdot \omega \cdot L \cdot d}{2} \cdot \text{sen}\alpha$$

$$\varepsilon_2 = B \cdot v \cdot L \cdot \text{sen}\alpha = B \cdot \left(\omega \cdot \frac{d}{2}\right) \cdot L \cdot \text{sen}\alpha = \frac{B \cdot \omega \cdot L \cdot d}{2} \cdot \text{sen}\alpha$$

A diferença de potencial entre os pontos A e B é:

$$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = B \cdot \omega \cdot L \cdot d \cdot \text{sen}\alpha$$

Como a espira está girando com velocidade angular constante  $\omega$ , temos:

$$\alpha = \omega \cdot t$$

Desta maneira, temos:

$$\varepsilon_{AB} = B \cdot \omega \cdot L \cdot d \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

Note que a  $L \cdot d = \text{Área da espira} = A$ .

$$\boxed{\varepsilon_{AB} = B \cdot \omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)}$$



**Tensão alternada** – é uma tensão que varia com o tempo. No caso estudado, a tensão varia periodicamente com o tempo.

Percebemos que a tensão entre os pontos A e B varia com o tempo periodicamente (função seno). A tensão assume um valor máximo limitado pela função seno. Sabemos que o seno só pode variar entre os valores  $-1$  e  $1$  e, portanto, temos:

$$-1 \leq \text{sen}(\omega \cdot t) \leq 1$$

$$-1 \leq \frac{\varepsilon_{AB}}{B \cdot \omega \cdot A} \leq 1$$

$$-B \cdot \omega \cdot A \leq \varepsilon_{AB} \leq B \cdot \omega \cdot A$$

$$\varepsilon_{AB} \leq |B \cdot \omega \cdot A|$$

Desta maneira, temos:

$$\varepsilon_{\text{máx}} = B \cdot \omega \cdot A$$

$$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$



O gráfico abaixo mostra a variação da tensão em função do tempo. Veja a figura 4.

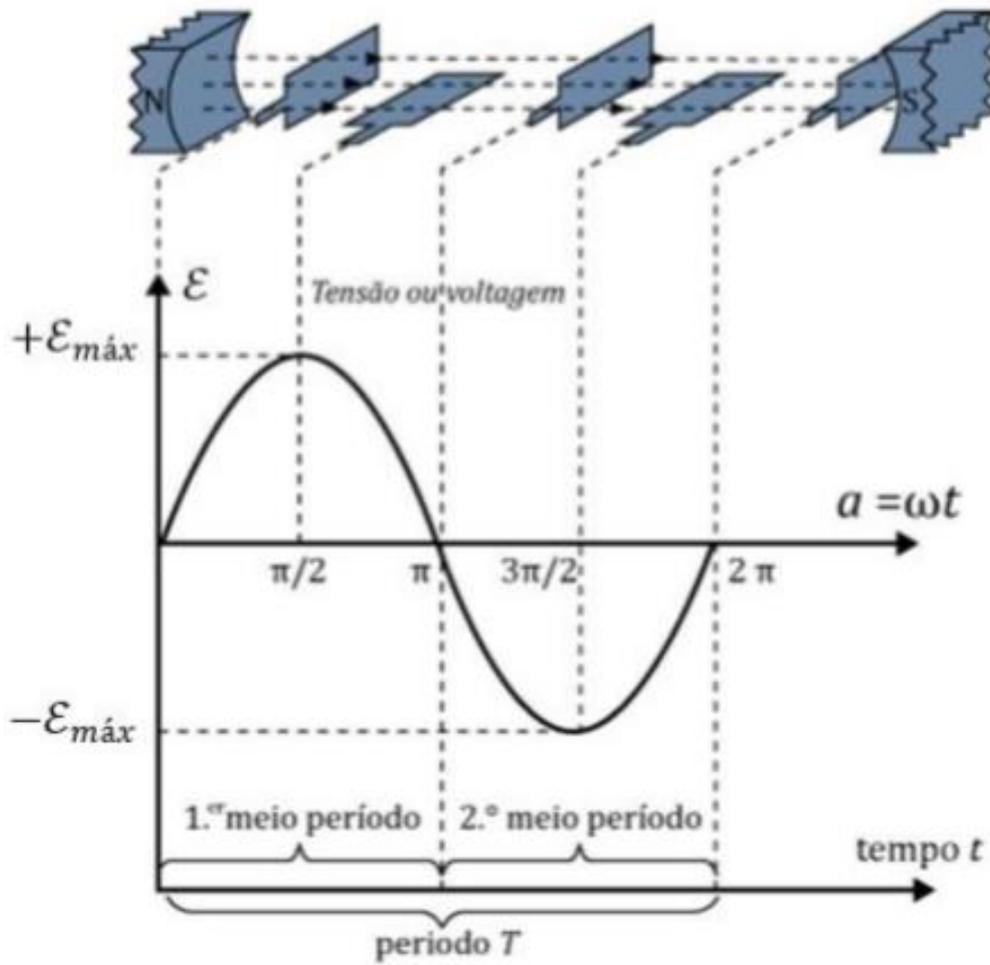


Figura 4: Posições da espira e tensão em função do tempo.

## 1.2 – Corrente elétrica

NOVIDADE!



A espira apresenta uma certa resistência  $R$  e, portanto, como há uma tensão na espira, haverá uma corrente a percorrendo.

$$\varepsilon = R \cdot i$$

$$\varepsilon_{AB} = R \cdot i$$

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) = R \cdot i$$

$$i = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{R} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

**Corrente alternada** – é uma corrente elétrica que varia com o tempo. No caso estudado, a corrente varia periodicamente com o tempo.

Novamente, sabemos que o seno só pode variar entre os valores  $-1$  e  $1$  e, portanto, temos:

$$-1 \leq \text{sen}(\omega \cdot t) \leq 1$$

$$-1 \leq \frac{R \cdot i}{\varepsilon_{m\acute{a}x}} \leq 1$$

$$-\frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{R} \leq i \leq \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{R}$$

$$i \leq \left| \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{R} \right|$$

Desta maneira, temos:



$$i_{m\acute{a}x} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{R}$$

$$i = i_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

A formula acima mostra a corrente alternada.



### 1.3 – Potência dissipada

INDO MAIS  
FUNDO!



Como vimos anteriormente, podemos associar uma tensão e uma corrente à espira se movimentando em um campo magnético. Notamos que a corrente e a tensão são valores periódicos, variando de acordo com a função periódica seno.

Podemos calcular a potência dissipada pela espira:

$$P = R \cdot i^2$$

$$P = R \cdot (i_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t))^2$$

$$P = R \cdot i_{\text{máx}}^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t)$$

$$P = P_{\text{máx}} \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t)$$

## 1.4 – Valores eficazes

ATENÇÃO  
DECORE!



Percebemos que todas as grandezas eletrodinâmicas (corrente, tensão e potência) variam com tempo periodicamente. A medição das grandezas alternadas não é feita em função do tempo e, nem muito menos, utilizando os valores máximos e mínimos. Se utilizarmos um amperímetro para medir as correntes alternadas ou um voltímetro para medir as tensões alternadas, veremos que o valor medido é uma constante e é um valor diferente de  $i_{máx}$  e  $\varepsilon_{máx}$ . Esses valores constantes medidos, diferentes de  $i_{máx}$  e  $\varepsilon_{máx}$ , são chamados de **valores eficazes**  $i_{ef}$  e  $\varepsilon_{ef}$ .

Montaremos uma tabela para mostrar os valores eficazes:

Grandeza	Valor	Valor eficaz
Corrente	$i = i_{máx} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$	$i_{ef} = \frac{i_{máx}}{\sqrt{2}}$
Tensão	$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_{máx} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$	$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{máx}}{\sqrt{2}}$
Potência	$P = P_{máx} \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t)$	$P_{ef} = \frac{P_{máx}}{2}$

## 1.5 – Resolução de circuitos alternados

### CURIOSIDADE



Para a resolução de circuitos alternados, podemos utilizar as leis de Ohm e as leis de Kirchhoff com os valores eficazes.

Na aula de eletrodinâmica, fornecemos um passo-a-passo para a resolução de circuitos elétricos. Para resolver os circuitos alternados, acrescentamos apenas um passo introdutório. Veja abaixo:

- **Passo acrescentado:**

**Passo (0)** – Transformar os valores alternados de correntes, tensões e potências para seus valores eficazes. Utilize a tabela construída acima.

- **Passos já construídos na eletrodinâmica (Se mantém inalterados).**

**Passo (1):** Nomear todos os vértices e nós do circuito. Lembre-se que vértices (ou nós) que estão entre um fio liso recebem o mesmo nome.

**Passo (2):** Numerar todas as malhas do circuito.

**Passo (3):** Adotar um sentido para corrente em cada ramo de cada malha.

**Passo (4):** Aplicar a primeira lei de Kirchhoff para cada nó. A aplicação gerará uma quantidade de equações igual a quantidade de nós existentes.

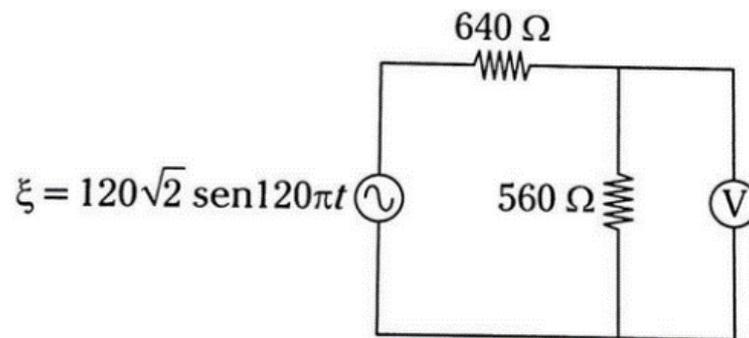
**Passo (5):** Em cada malha, aplicar a segunda lei de Kirchhoff. Resultará em um número de equações igual a quantidade de malhas.

**Passo (6):** Resolva o sistema de equações encontrado.

**Passo (7):** Se ao resolver o sistema, alguma das correntes for negativa, fique tranquilo! Você apenas errou o sentido adotado. O sentido contrário é o correto.

**Exemplo 1.**

No circuito mostrado, quanto indica o voltímetro ideal?

**Comentário:**

Primeiramente, devemos transformar os valores alternados em valores eficazes:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120 \text{ V}$$

Assim, pela primeira lei de Ohm, temos:

$$\varepsilon_{ef} = R_{eq} \cdot i$$

$$120 = 1200 \cdot i$$

$$i = 0,1 \text{ A}$$

A tensão no voltímetro é dada por:

$$V = R \cdot i$$

$$V = 560 \cdot 0,1$$

$$\boxed{V = 56 \text{ V}}$$

## 2 – Transformadores

### 2.1 - Introdução

Um transformador é um instrumento eletromagnético que tem por objetivo principal alterar a voltagem alternada que recebe, em outros valores de tensão. O transformador pode reduzir ou aumentar a tensão original.

Além disso, um transformador mantém inalterada a frequência da tensão alternada. Considere a tensão alternada deduzida nos tópicos acima:

$$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

A frequência é dada por:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \text{constante}$$

Um transformador é constituído das seguintes partes:

- 1-** Um núcleo ferromagnético fechado formado por um conjunto de chapas de aço silicioso isolado entre si por verniz ou por um tratamento metalúrgico especial de suas superfícies.
- 2-** Uma bobina, que envolve o núcleo ferromagnético, definida por um conjunto de voltas ou espiras em que se recebe corrente ou tensão alternada. Esta bobina é denominada **lado primário** do transformador.
- 3-** Outra bobina, que envolve o mesmo núcleo ferromagnético, composto por outro número de voltas ou espiras pelas quais saem outras correntes ou tensões alternadas. Esta bobina é denominada **lado secundário** do transformador.



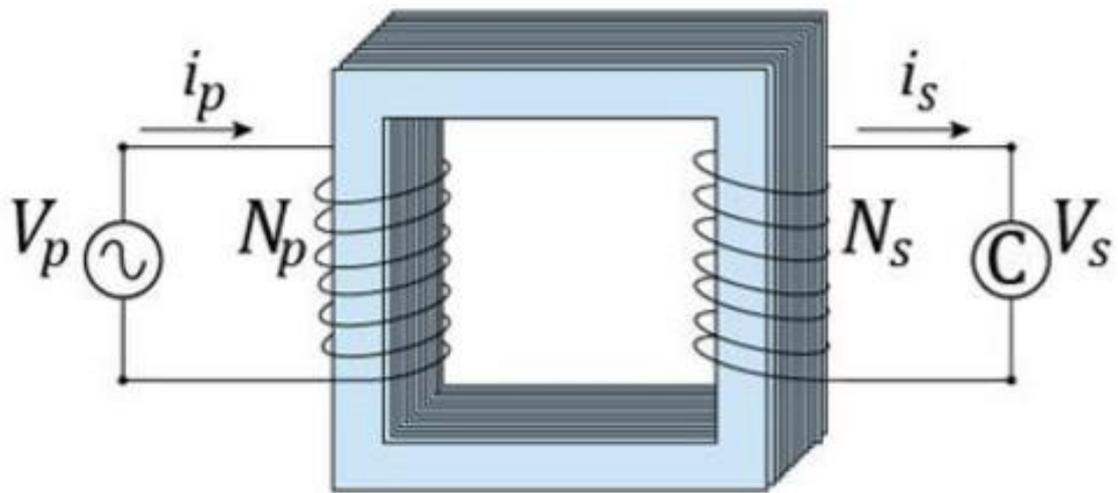


Figura 5: Representação de um transformador.

Grandeza	Descrição
$V_P$	Tensão alternada no primário.
$V_S$	Tensão alternada no secundário.
$N_P$	Número de voltas do primário.
$N_S$	Número de voltas do primário.

De acordo com a relação entre  $V_S$  e  $V_P$ , temos um redutor ou um elevador.

- $V_P > V_S$  – Redutor de tensão.
- $V_S > V_P$  – Elevador de tensão.

## 2.2 - Funcionamento do transformador

O transformador funciona a partir da variação do fluxo magnético. O fluxo magnético circula pelo núcleo do transformador. O fluxo magnético se assemelha a uma corrente elétrica. Veja a figura abaixo:

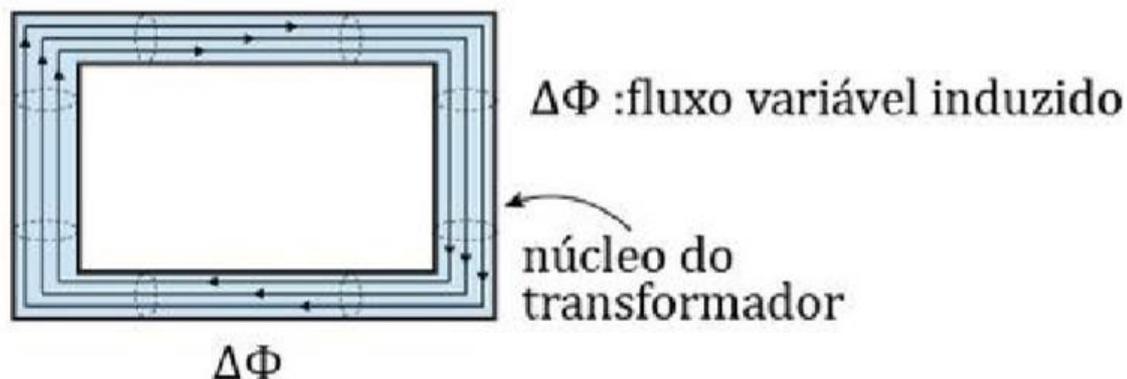


Figura 6: Fluxo magnético circulando pelo núcleo.

Percebemos que o fluxo no lado primário é o mesmo que no lado secundário. Lembre-se da lei de Faraday.

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\Delta\Phi = -\frac{\varepsilon \cdot \Delta t}{N}$$

O fluxo no primário é igual ao fluxo no secundário:

$$\Delta\Phi_P = -\frac{\varepsilon_P \cdot \Delta t}{N_P}$$

$$\Delta\Phi_S = -\frac{\varepsilon_S \cdot \Delta t}{N_S}$$

$$\Delta\Phi_P = \Delta\Phi_S$$

$$-\frac{\varepsilon_P \cdot \Delta t}{N_P} = -\frac{\varepsilon_S \cdot \Delta t}{N_S}$$

$$\frac{\varepsilon_P}{N_P} = \frac{\varepsilon_S}{N_S}$$

ATENÇÃO  
DECORE!



A relação acima é muito importante para os transformadores. Chamaremos de **relação do transformador**.

## 2.3 Eficiência do transformador

A eficiência de um transformador é medida através da seguinte razão:

$$\eta = \frac{P_{saida}}{P_{entrada}}$$

A potência pode ser dada por:

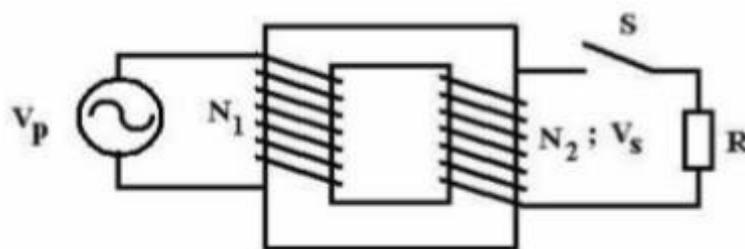
$$P = U \cdot i$$

Desta maneira, temos:

$$\eta = \frac{\varepsilon_S \cdot i_S}{\varepsilon_P \cdot i_P}$$

**Exemplo 2. (ITA – 2008)**

Considere o transformador da figura, onde  $V_p$  é a tensão no primário,  $V_s$  é a tensão no secundário,  $R$  um resistor,  $N_1$  e  $N_2$  são o número de espiras no primário e secundário, respectivamente, e  $S$  uma chave. Quando a chave é fechada, qual deve ser a corrente  $I_p$  no primário?

**Comentário:**

De acordo com a equação de relações dos transformadores, sabemos que:

$$\frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$$

Supondo que o transformador é ideal, temos:

$$P_S = P_P$$

$$\varepsilon_S \cdot i_S = \varepsilon_P \cdot i_P$$

Pela primeira lei de Ohm:

$$\frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_P} \cdot i_S = i_P$$

$$\varepsilon_S = R \cdot i_S$$

Portanto, temos:

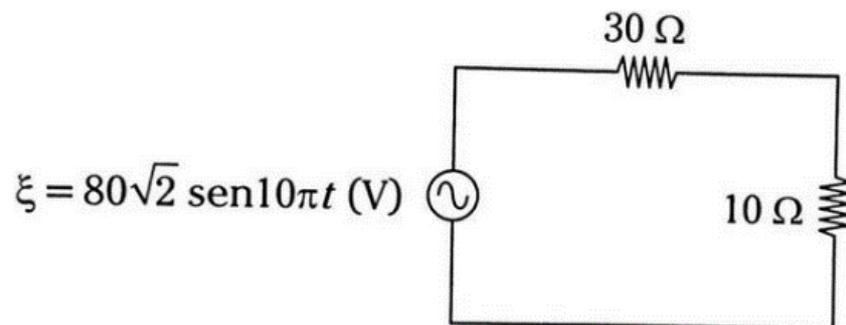
$$i_P = \frac{N_S}{N_P} \cdot \frac{V_S}{R}$$

## Lista de Questões



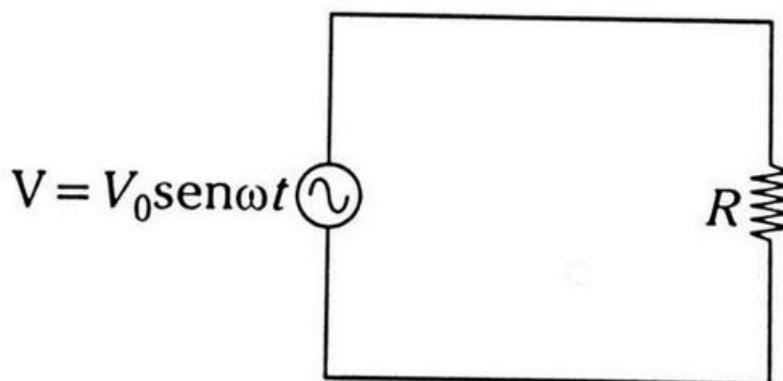
01.

No circuito mostrado, determine a potência média (em W) consumida na resistência de  $10 \Omega$ .



02.

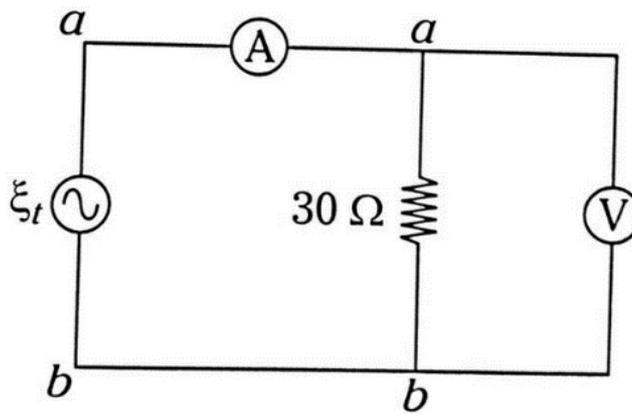
No instante  $t = 7 \text{ ms}$ , a voltagem através do resistor é  $36 \text{ V}$ , que é  $60\%$  da voltagem máxima. Qual é a menor frequência (em Hz) do gerador? Dado:  $\cos 37^\circ = 0,8$ .



03.

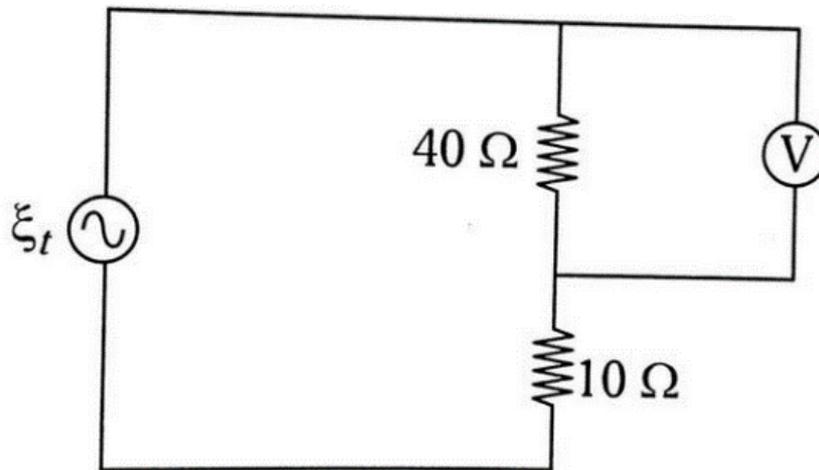
Determine a leitura do voltímetro e amperímetro no circuito com corrente alternada, no qual a fem é  $\varepsilon(t) = 120 \text{ sen}(60\pi \cdot t)$  em volts e  $t$  está em segundos. Instrumentos ideais.





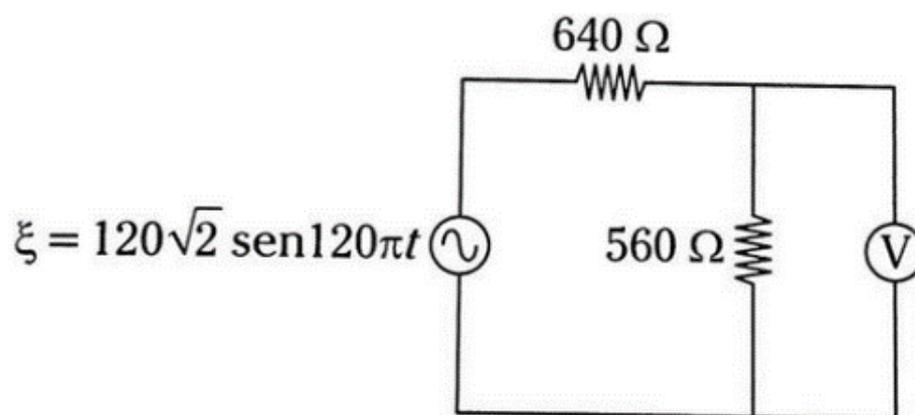
04.

No circuito mostrado a corrente oscila com uma frequência de 60 Hz e o voltímetro ideal indica 10 V. Determine a tensão da fonte se esta varia segundo  $\varepsilon(t) = \varepsilon_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t)$  (V).



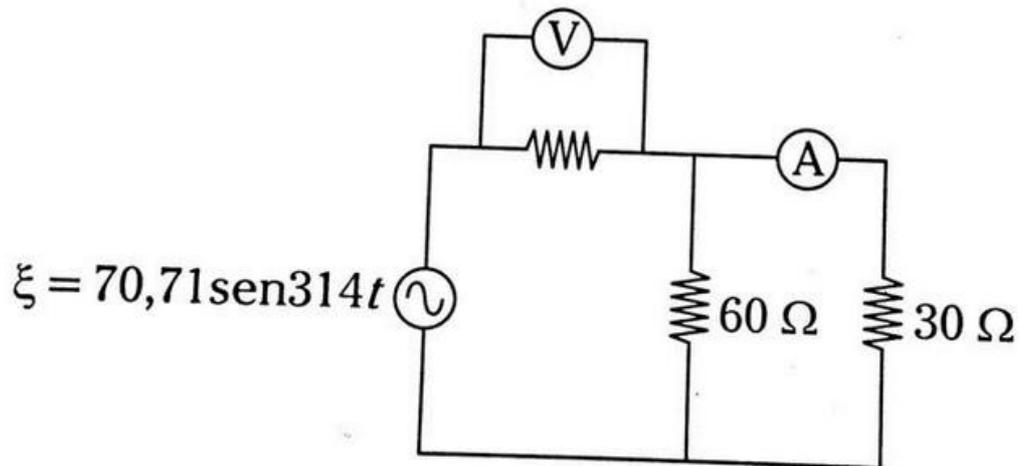
05.

No circuito mostrado, quanto indica o voltímetro ideal?



06.

No circuito mostrado, indique do voltímetro (em V). Considere instrumentos ideais. A resistência medida pelo voltímetro vale  $30 \Omega$ .

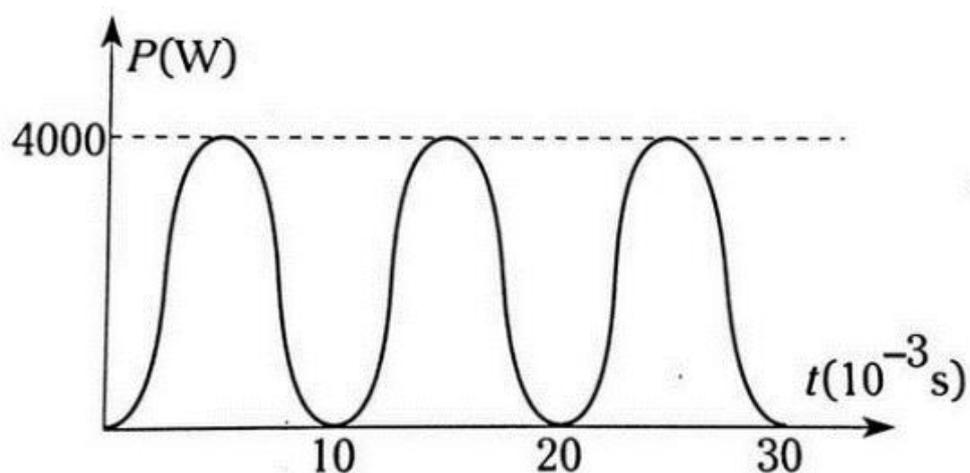


07.

Em um circuito de corrente alternada, quando  $t = T/8 \text{ s}$  e ( $T$  é o período) a potência instantânea é  $800 \text{ W}$  e a corrente instantânea é  $40 \text{ A}$ . Determine a voltagem eficaz.

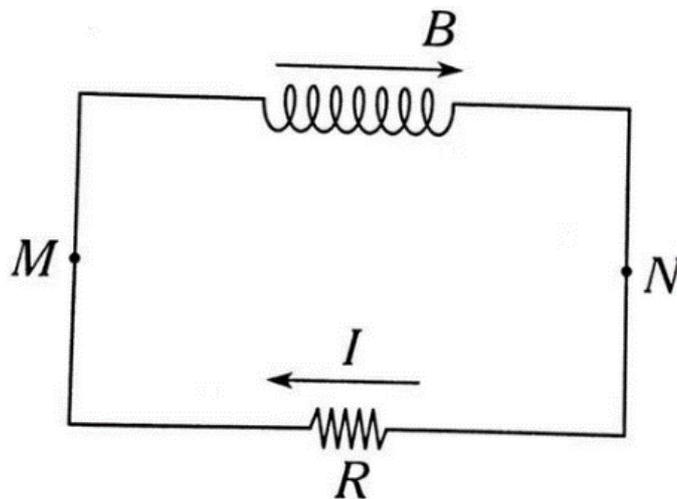
08.

A potência que dissipa uma resistência de  $40 \Omega$  varia com o tempo segundo o gráfico abaixo. Determine o valor eficaz da corrente alternada na resistência mencionada.

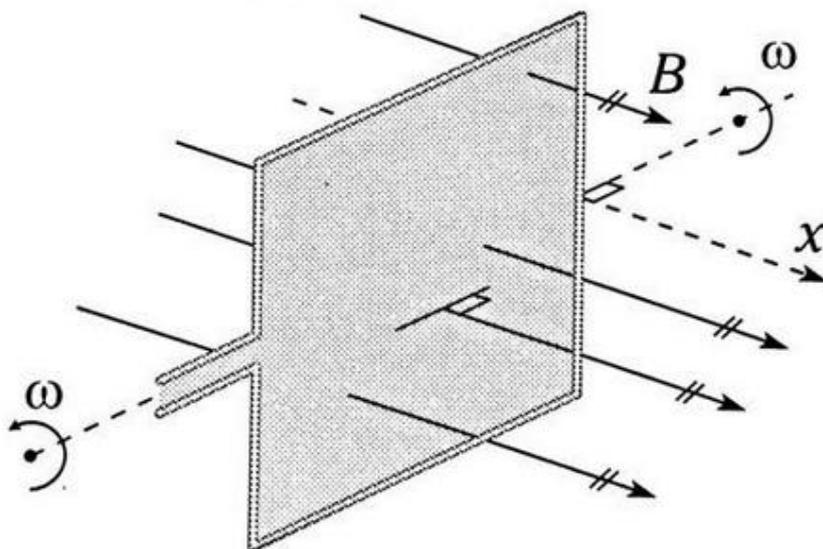


**09. (Teoria Extra- Avançado)**

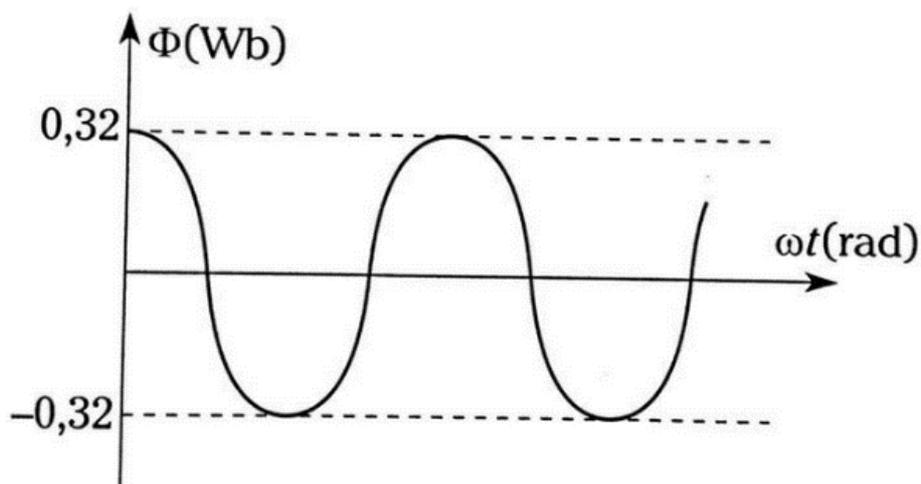
Um solenoide que tem  $N$  espiras e raio  $r$  é conectado em série a uma resistência ôhmica  $R$ ; o campo magnético dentro do solenoide é homogêneo e a indução do mesmo varia com o tempo segundo a lei  $B = B_0 \cos(\omega T)$ . Determine a voltagem entre os pontos  $M$  e  $N$ .

**10.**

Determine a tensão induzida, aplicando a lei de Faraday, em uma espira fechada de área  $A$  e que gira com uma velocidade angular ( $\omega$ ) constante em um campo magnético homogêneo  $B$ .

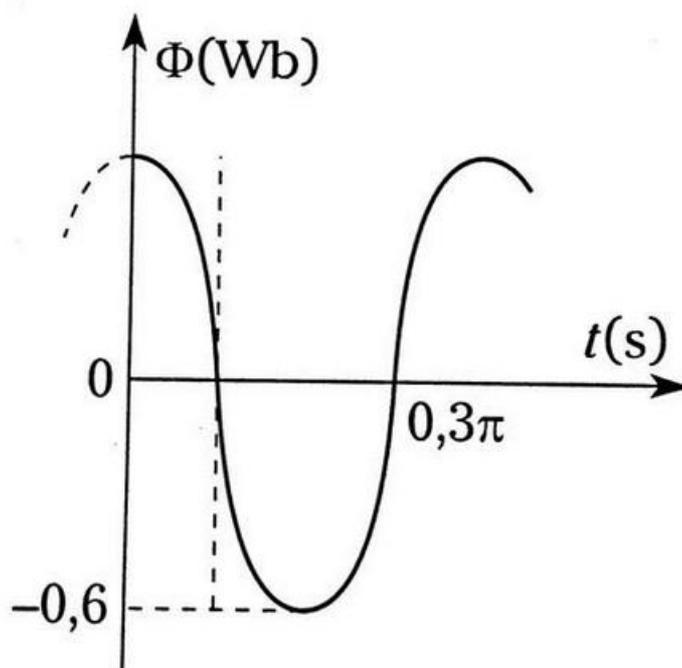
**11.**

Um gerador de corrente alternada de 1000 espiras está imerso dentro de um fluxo magnético cuja dependência com  $\omega t$  se mostra no gráfico abaixo ( $t$  é o tempo em segundos). Qual é a fem induzida pelo gerador.



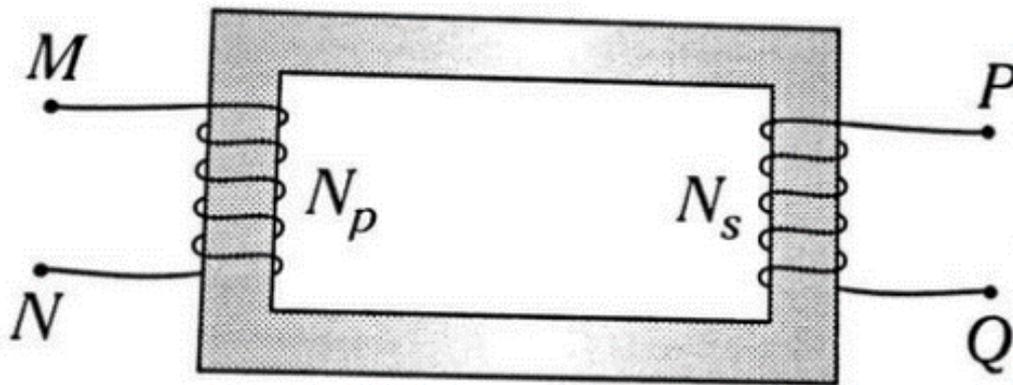
12.

O fluxo magnético que atravessa perpendicularmente a área fechada por uma bobina de 10 espiras varia com o tempo segundo o gráfico abaixo. Determine a intensidade da corrente elétrica induzida na bobina de  $30 \Omega$  no instante  $t = \frac{\pi}{30}$  segundos.



13.

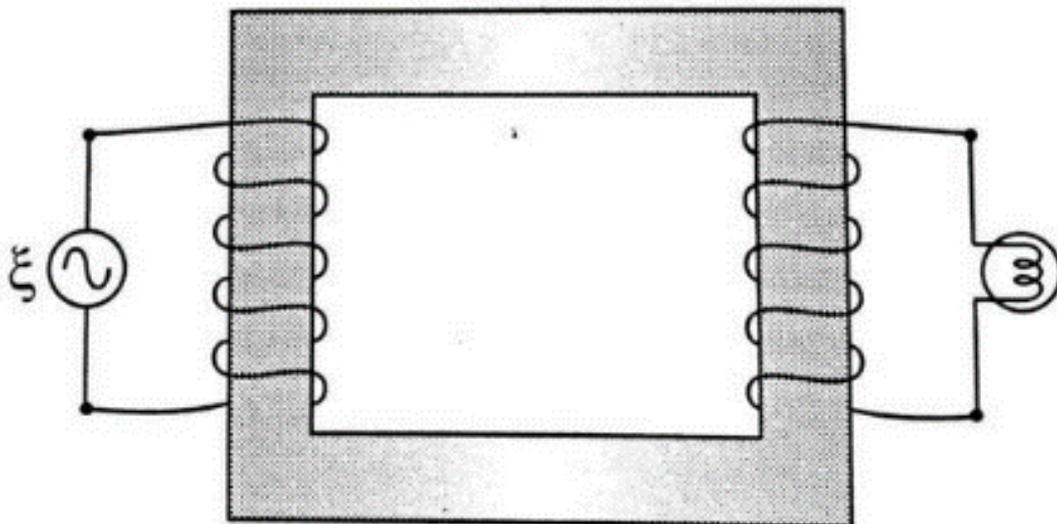
Quando se conecta uma voltagem alternada de 110 V entre os terminais M e N, obtendo-se 5,5 V entre os terminais P e Q. Qual seria a voltagem entre M e N, se conectamos 220 (alternada) entre os terminais P e Q?



14.

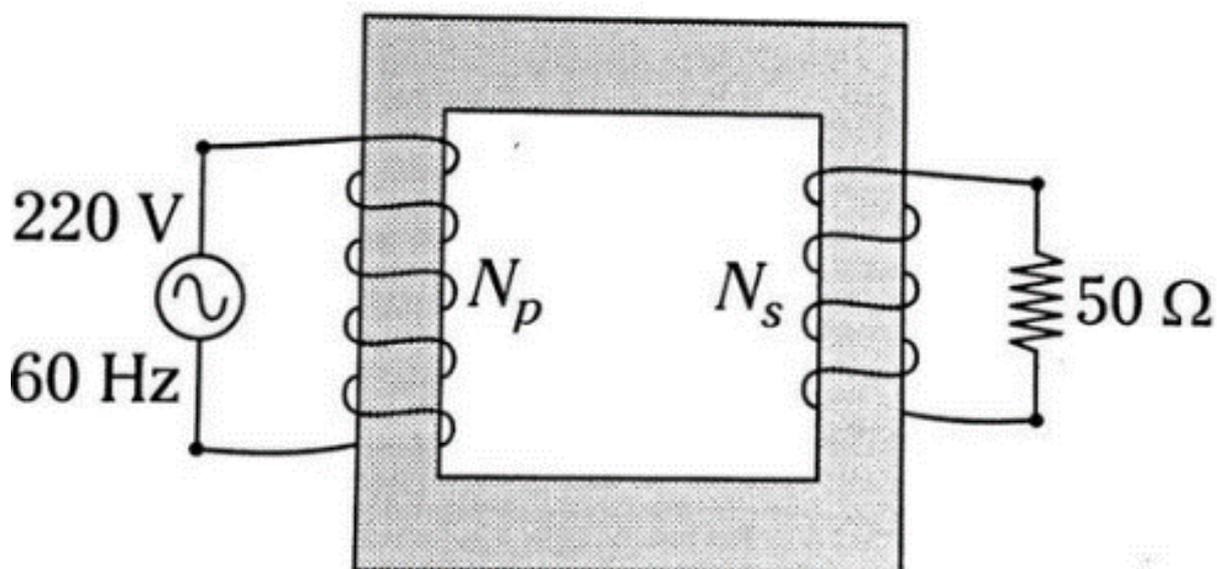
O transformador tem em seu enrolamento primário 1000 voltas e em seu enrolamento secundário 250 voltas. Determine a intensidade da corrente eficaz que circula pela lâmpada cuja resistência elétrica é  $100 \Omega$ .

$$\xi = 120 \operatorname{sen} \left( \frac{\pi}{30} t \right) \text{V}$$



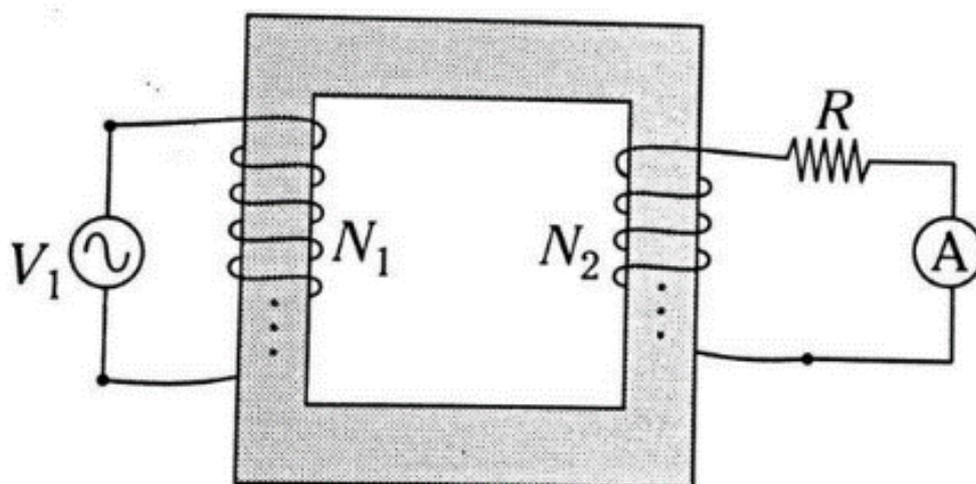
14.

O primário de um transformador é conectado a voltagem de linha (220 V; 60 Hz) e se observa que a corrente na resistência de  $50 \Omega$  é  $i_T = 0,1\sqrt{2}\operatorname{sen}(120\pi t)$  A. Determine a relação  $N_p/N_s$ .



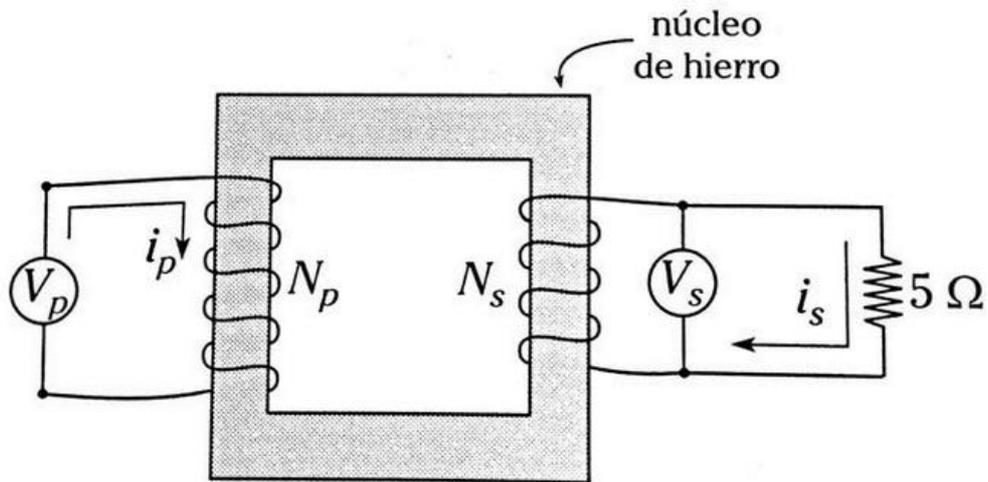
15.

A figura mostra um transformador ideal de enrolamentos em que a relação do número de espiras é  $N_1/N_2 = a$ . Se a voltagem no primeiro enrolamento é  $V_1 = V_0 \text{sen}(\omega t)$ , determine a leitura do amperímetro ideal.



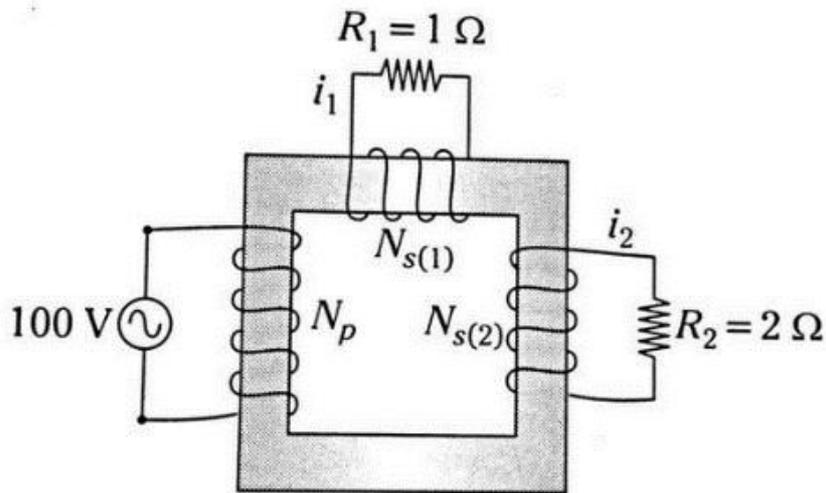
16.

A variação do fluxo magnético por unidade de tempo em cada espira do primário de um transformador é  $0,20 \text{sen} \left( 120\pi t + \frac{\pi}{2} \right) \text{Wb/s}$ . Considerando as perdas desprezíveis, determine a corrente que circula pelo secundário se  $N_s = 100$  voltas e a resistência instalada no secundário é  $R = 5 \Omega$ .



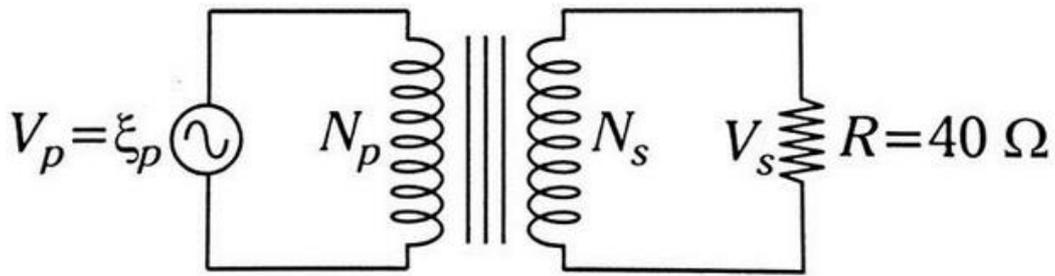
17.

A figura mostra um transformador com dois circuitos secundários, no qual  $N_p/N_{S(1)} = 25$  e  $N_p/N_{S(2)} = 75$ . Determine  $i_1/i_2$ , se  $i_1$  e  $i_2$  são correntes eficazes.



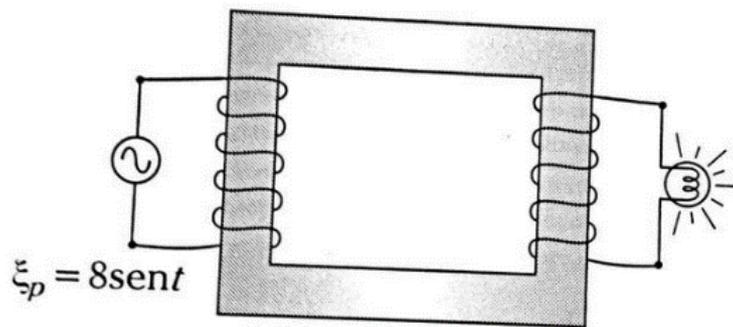
18.

Se a tensão no primário de um transformador é  $\varepsilon = 220\sqrt{2}\text{sen}(\omega t)$  V, e a potência dissipada pela resistência de  $40 \Omega$  colocada no secundário é 4,84 kW, determine a relação entre o número de espiras do primário e do secundário.



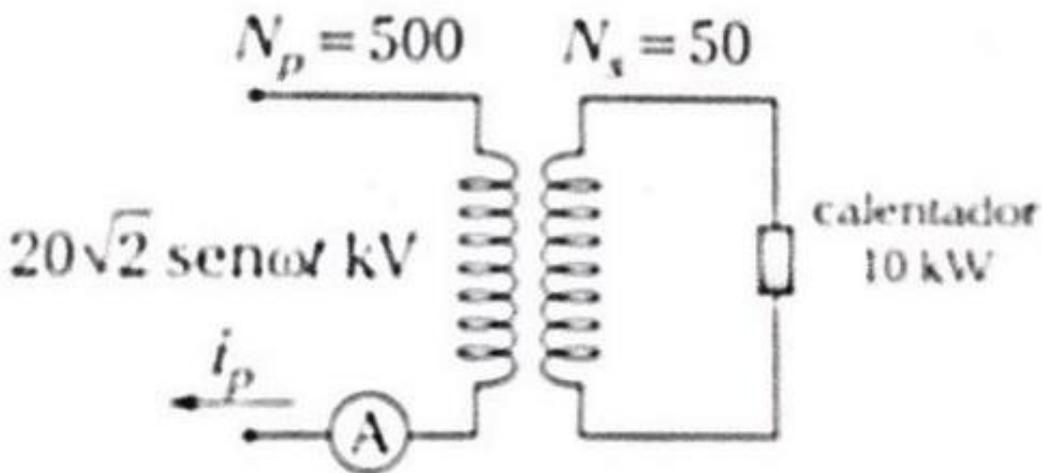
19.

Se o projeto de um transformador gera 100 W no secundário e a relação do transformador é de 4 a 1, determine a intensidade da corrente que circula pelo secundário.



20.

Um aquecedor industrial de 10 kW opera esquentando água em um indústria que recebe corrente de empresas elétricas com uma voltagem de  $20\sqrt{2} \text{sen}(\omega t)$  kV. Um transformador de 500 voltas no primário e 50 voltas no secundário é usado para reduzir a voltagem. Que corrente passa pelo primário medida pelo amperímetro ideal?

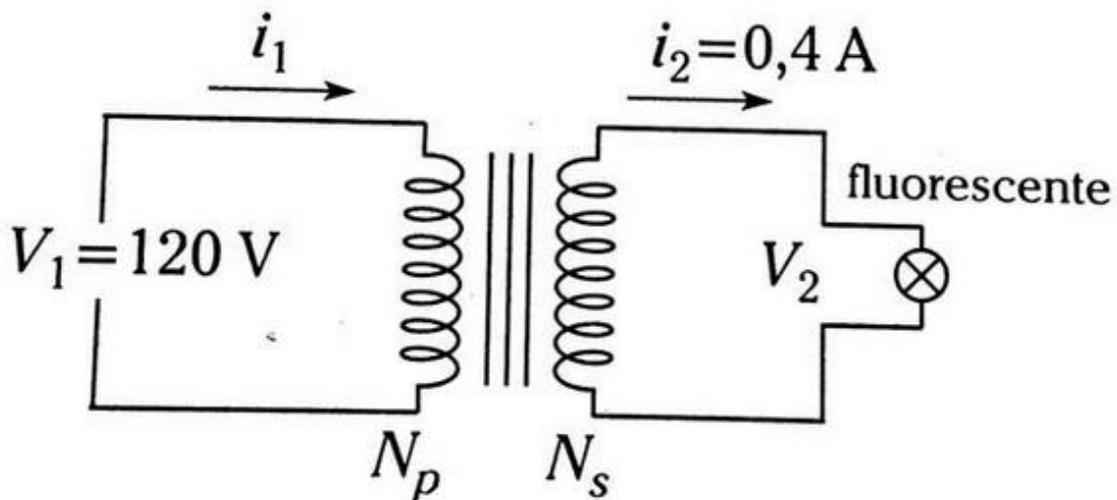


21.

A entrada do enrolamento primário de um transformador é 120V, e a corrente no secundário é de 0,4 A.

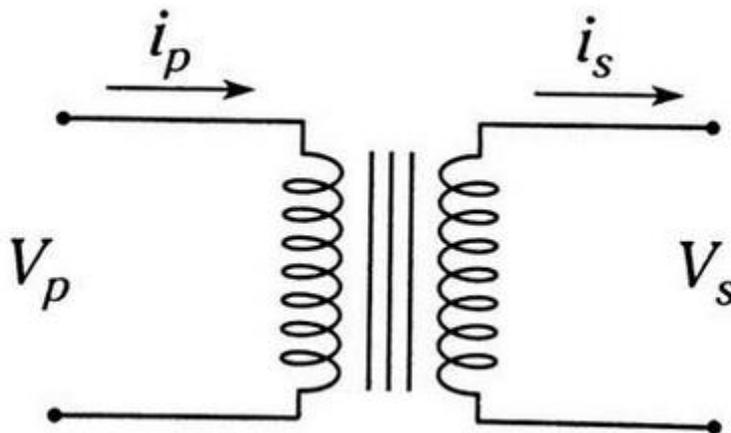
a) Se se conecta uma lâmpada fluorescente de 40 W ao enrolamento secundário, determine a voltagem (em V) através deste.

b) Qual é a razão  $N_P/N_S$ .



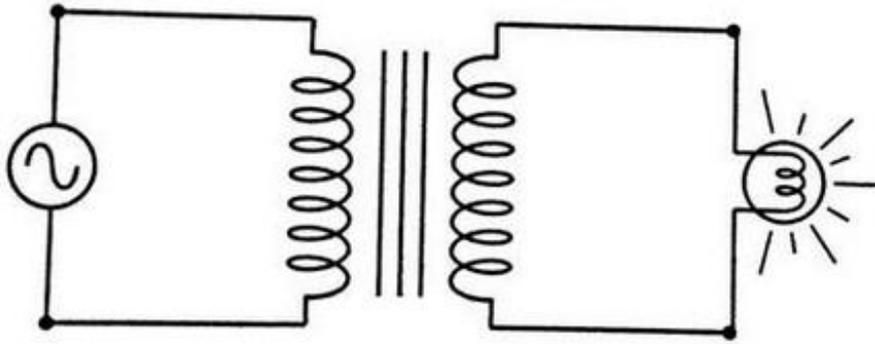
22.

Um transformador redutor cuja eficiência é de 80 % reduz a voltagem de entrada à quinta parte. Determine a relação  $i_P/i_S$ .



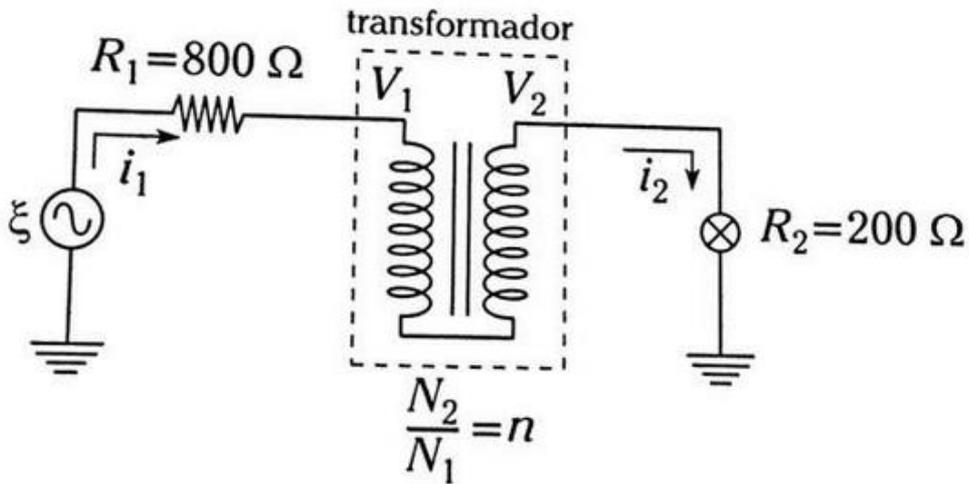
23.

No secundário de um transformador de 75 % de eficiência, se conecta uma lâmpada de 120 W. Determine a potência (em W) e a corrente (em A) no primário, se é conectada uma fonte alternada de 220 V.



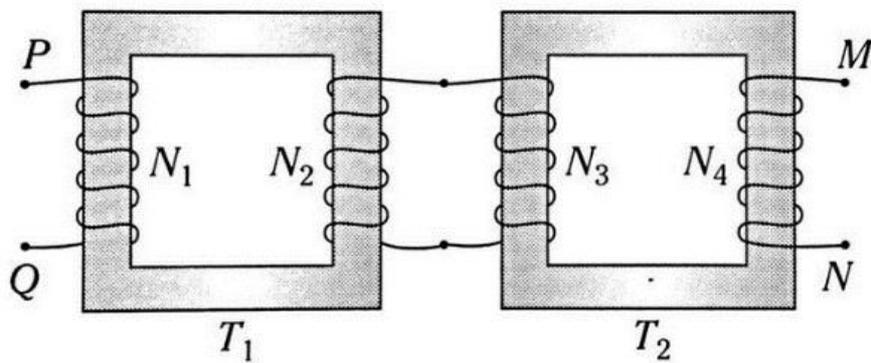
24.

O transformador indicado tem em seu enrolamento primário 1000 espiras. Determine o número de espiras em seu secundário se a relação entre as correntes é dada por  $\frac{i_2}{i_1} = 1$ .



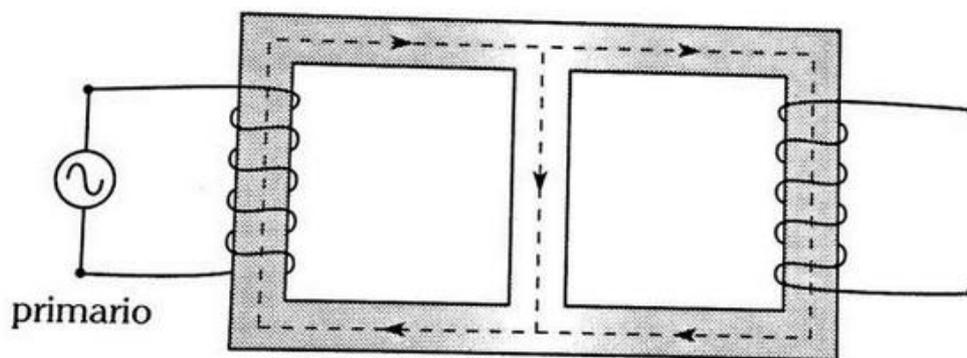
25.

Dois transformadores se conectam como se indica a figura, em que  $N_1$  e  $N_2$  são os números de voltas na bobina primária e secundária em um transformador  $T_1$ . Além disso,  $N_3$  e  $N_4$  são os números de voltas da primária e secundária do transformador  $T_2$ . Determine a voltagem de saída nos terminais M e N se nos terminais P e Q se conecta uma fonte alterna de voltagem  $V_1$ . A resistência do enrolamento 2 é igual a resistência do enrolamento 3.



26.

O fluxo magnético no primário se divide em parte iguais pelos dois ramos. Além disso, o primário tem 200 voltas e está conectado a uma voltagem eficaz de 220 V. Qual é a voltagem no secundário, se ele tem 100 voltas ?



# Gabarito

1. 40 W

2.  $30\sqrt{2}; 500\arcsen(0,6)/7\pi$

3.  $i = 2\sqrt{2}; V = 60\sqrt{2} V$

4.  $12,5\sqrt{2} V$

5. 56 V

6. 30 V

7. 1600 W

8. 1,25 A

9.  $\varepsilon = N\pi r^2 \omega B_0 \text{sen}(\omega t)$

10.  $\varepsilon = A\omega B_0 \text{sen}(\omega t)$

11.  $\varepsilon = 320\omega \text{sen}(\omega t)$

12. 0,5 A

13. 4400 V

14.  $\frac{N_P}{N_S} = 44$

15.  $i = \frac{V_0}{aR\sqrt{2}}$

16.  $240\pi\sqrt{2} A$

17. 6

18. 0,5

19.  $50\sqrt{2} A$

20. 5000 A

21. a) 100 V b) 1,2

22. 4

23. 160 W, 0,73 A

24. 250

25.  $\frac{V_1}{V_4} = \frac{N_1}{N_4}$

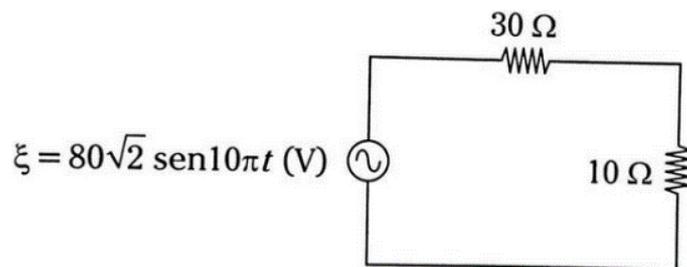
26. 55 V



## Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

01.

No circuito mostrado, determine a potência média (em W) consumida na resistência de  $10 \Omega$ .



**Comentário:**

Primeiramente, devemos transformar os valores alternados em valores eficazes:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{80\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 80 \text{ V}$$

Assim, pela primeira lei de Ohm, temos:

$$\varepsilon_{ef} = R_{eq} \cdot i$$

$$80 = 40 \cdot i$$

$$i = 2 \text{ A}$$

A potencia na resist\encia \e dada por:

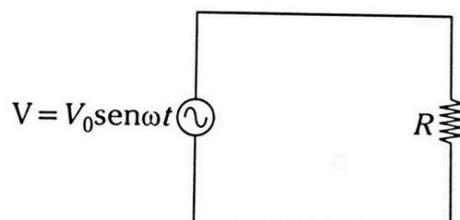
$$P = R \cdot i^2$$

$$P = 10 \cdot 2^2$$

$$P = 40 \text{ W}$$

02.

No instante  $t = 7 \text{ ms}$ , a voltagem atrav\es do resistor \e  $36 \text{ V}$ , que \e 60% da voltagem m\axima. Qual \e a menor frequ\encia (em Hz) do gerador? Dado:  $\cos 37^\circ = 0,8$ .



**Comentário:**

A voltagem m\axima \e dada por  $V_0$ . Do enunciado,  $36 \text{ V}$  \e 60% de  $V_0$ .

$$36 = \frac{60}{100} \cdot V_0$$

$$V_0 = 60 \text{ V}$$

Da tensão alternada, temos:

$$V = V_0 \cdot \text{sen}(\omega t)$$

Lembre-se que:

$$\omega = 2\pi f$$

$$V = V_0 \cdot \text{sen}(2\pi f t)$$

Para o instante  $t = 7 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ , temos a voltagem de 36 V.

$$36 = 60 \cdot \text{sen}(2\pi f \cdot 7 \cdot 10^{-3})$$

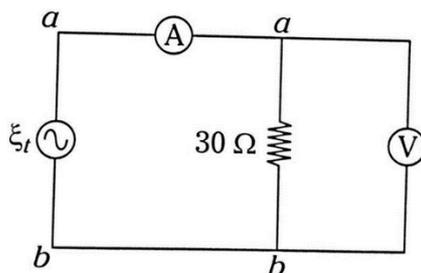
$$\text{sen}(2\pi f \cdot 7 \cdot 10^{-3}) = 0,6$$

$$2\pi f \cdot 7 \cdot 10^{-3} = \frac{37\pi}{180}$$

$$f \cong 14,68 \text{ Hz}$$

### 03.

Determine a leitura do voltímetro e amperímetro no circuito com corrente alternada, no qual a fem é  $\varepsilon(t) = 120\text{sen}(60\pi \cdot t)$  em volts e  $t$  está em segundos. Instrumentos ideais.



Comentário:

Primeiramente, devemos transformar os valores alternados em valores eficazes:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{120}{\sqrt{2}} = 60\sqrt{2}$$

Desta maneira, já temos a medida do voltímetro.

$$V = 60\sqrt{2} \text{ V}$$

Assim, pela primeira lei de Ohm, temos:

$$\varepsilon_{ef} = R_{eq} \cdot i$$

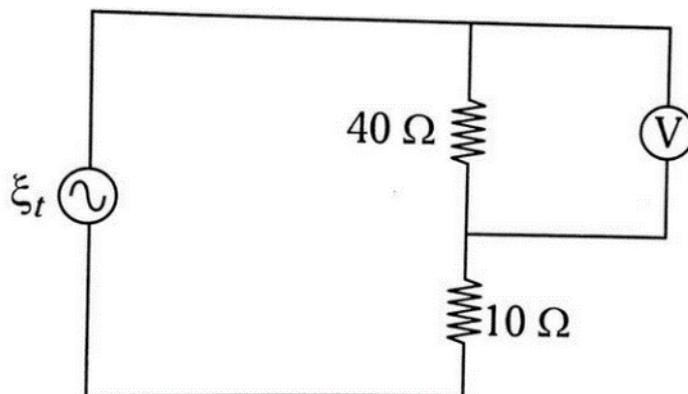
$$60\sqrt{2} = 30 \cdot i$$



$$i = 2\sqrt{2} A$$

04.

No circuito mostrado a corrente oscila com uma frequência de 60 Hz e o voltímetro ideal indica 10 V. Determine a tensão da fonte se esta varia segundo  $\varepsilon(t) = \varepsilon_{m\acute{a}x} \text{sen}(\omega t)$  (V).

**Comentário:**

A corrente pelo circuito pode ser determinada a partir da medição do voltímetro.

$$i = \frac{V}{R}$$

$$i = \frac{10}{40} = 0,25 A$$

Podemos encontrar, utilizando a resistência equivalente do circuito, o valor da tensão eficaz da fonte:

$$\varepsilon_{ef} = R_{eq} \cdot i$$

$$\varepsilon_{ef} = 50 \cdot 0,25 = 12,5 V$$

Desta maneira, a tensão máxima  $\varepsilon_{m\acute{a}x}$ :

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} = \varepsilon_{ef} \cdot \sqrt{2}$$

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} = 12,5 \cdot \sqrt{2} V$$

Com a frequência, podemos encontrar a frequência angular.

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$60 = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega = 120\pi$$

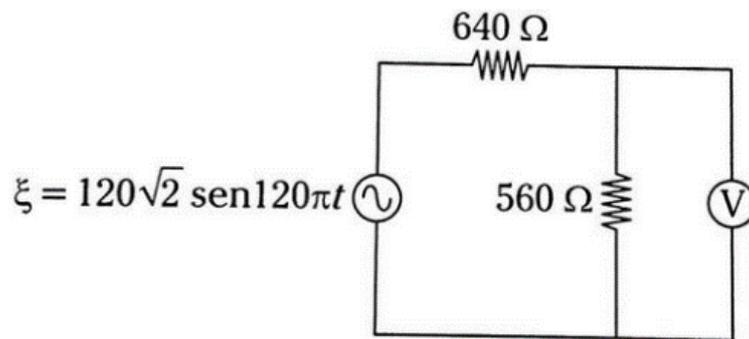
Portanto, a fórmula da tensão alternada é dada por:

$$\varepsilon(t) = 12,5 \cdot \sqrt{2} \text{sen}(120\pi t)$$



05.

No circuito mostrado, quanto indica o voltímetro ideal?

**Comentário:**

Primeiramente, devemos transformar os valores alternados em valores eficazes:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120 \text{ V}$$

Assim, pela primeira lei de Ohm, temos:

$$\varepsilon_{ef} = R_{eq} \cdot i$$

$$120 = 1200 \cdot i$$

$$i = 0,1 \text{ A}$$

A tensão no voltímetro é dada por:

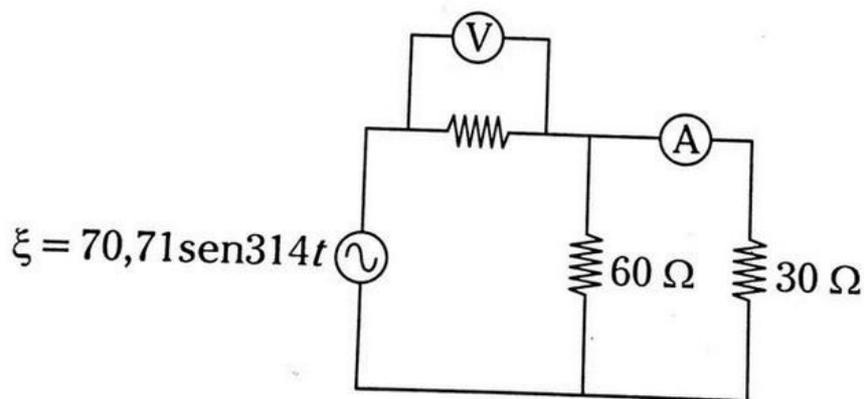
$$V = R \cdot i$$

$$V = 560 \cdot 0,1$$

$$\boxed{V = 56 \text{ V}}$$

06.

No circuito mostrado, indique do voltímetro (em V). Considere instrumentos ideais. A resistência medida pelo voltímetro vale  $30 \Omega$ .

**Comentário:**

Primeiramente, devemos transformar os valores alternados em valores eficazes:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} = \frac{70,71}{\sqrt{2}} \cong 50 \text{ V}$$

Assim, pela primeira lei de Ohm, temos:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ef} &= R_{eq} \cdot i \\ 50 &= \left( \frac{60 \cdot 30}{60 + 30} + 30 \right) \cdot i \\ 50 &= 50 \cdot i \\ i &= 1 \text{ A} \end{aligned}$$

A tensão no voltímetro é dada por:

$$\begin{aligned} V &= R \cdot i \\ V &= 30 \cdot 1 \\ \boxed{V = 30 \text{ V}} \end{aligned}$$

**07.**

Em um circuito de corrente alternada, quando  $t = T/8$  s e ( $T$  é o período) a potência instantânea é 800 W e a corrente instantânea é 40 A. Determine a voltagem eficaz.

**Comentário:**

$$\begin{aligned} P &= P_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t) \\ P &= R \cdot i_{m\acute{a}x}^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t) \\ P &= R \cdot (i_{ef} \cdot \sqrt{2})^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t) \end{aligned}$$

Substituindo os valores temos:

$$800 = R \cdot (40 \cdot \sqrt{2})^2 \cdot \text{sen}^2\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{8}\right)$$

$$R = 0,5 \, \Omega$$

Desta maneira, a potência máxima é dada por:

$$P_{\text{máx}} = R \cdot i_{\text{máx}}^2 = R \cdot (i_{\text{ef}} \cdot \sqrt{2})^2$$

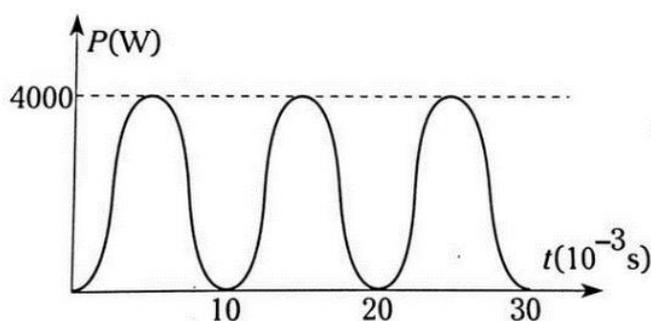
$$P_{\text{máx}} = R \cdot (i_{\text{ef}} \cdot \sqrt{2})^2$$

$$P_{\text{máx}} = 0,5 \cdot (40 \cdot \sqrt{2})^2$$

$$P_{\text{máx}} = 1600 \, W$$

### 08.

A potência que dissipa uma resistência de  $40 \, \Omega$  varia com o tempo segundo o gráfico abaixo. Determine o valor eficaz da corrente alternada na resistência mencionada.



#### Comentário:

Utilizando o gráfico, podemos encontrar o valor da  $P_{\text{máx}}$  e de  $\omega$ .

$$P_{\text{máx}} = 4000 \, W$$

Além disso, nos pontos em que a função cruza o eixo do tempo, temos:

$$\text{sen}^2(\omega \cdot t) = 0$$

$$\text{sen}(\omega \cdot t) = 0$$

Para  $t = 10 \cdot 10^{-3} \, s$ :

$$\omega \cdot t = k\pi, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

O valor de  $\omega$  é o menor deles:

$$\omega \cdot 10 \cdot 10^{-3} = \pi$$

$$\omega = 100\pi$$

Para a resistência de  $40 \, \Omega$ . Devemos utilizar os valores eficazes.

$$P_{\text{ef}} = R^2 \cdot i_{\text{ef}}$$

$$\frac{P_{\text{máx}}}{2} = R^2 \cdot i_{\text{ef}}$$

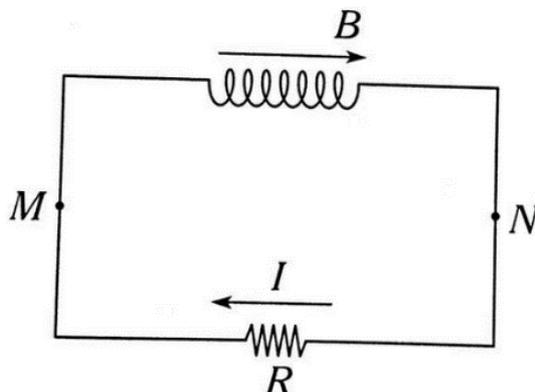
$$\frac{P_{\text{máx}}}{2} = R^2 \cdot i_{\text{ef}}$$

$$\frac{4000}{2} = 40^2 \cdot i_{ef}$$

$$i_{ef} = 1,25 \text{ A}$$

### 09. (Teoria Extra- Avançado)

Um solenoide que tem  $N$  espiras e raio  $r$  é conectado em série a uma resistência ôhmica  $R$ ; o campo magnético dentro do solenoide é homogêneo e a indução do mesmo varia com o tempo segundo a lei  $B = B_0 \cos(\omega T)$ . Determine a voltagem entre os pontos  $M$  e  $N$ .



#### Comentário:

Podemos encontrar a força eletromotriz induzida pelo solenoide, utilizando a lei de Faraday:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Na verdade, a formula de Faraday utiliza uma ferramenta chamada derivadas. Você não precisa dominar essa ferramenta, entretanto, vou deixar como “Bizu extra” 😊. Utilizando o conceito de derivadas, temos:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(B \cdot A)}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(B_0 \cos(\omega T) \cdot \pi r^2)}{dt} = -\pi r^2 B_0 N \frac{d(\cos(\omega T))}{dt}$$

(“Não se preocupe com a próxima passagem. Como já disse, apenas estou mostrando uma nova ferramenta”).

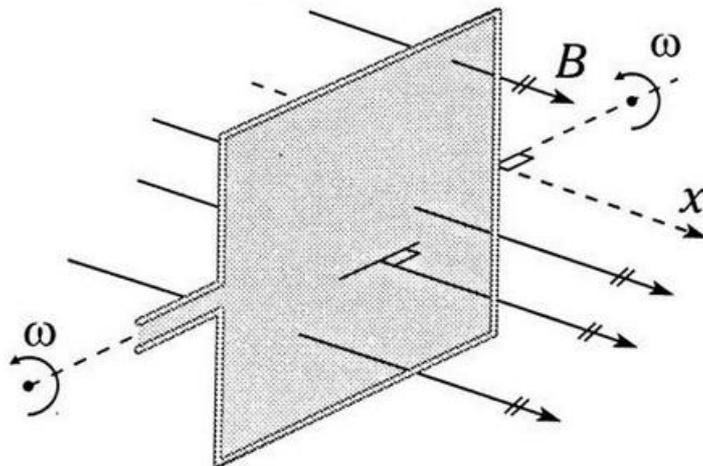
$$\frac{d(\cos(\omega T))}{dt} = -\omega \cdot \text{sen}(\omega T)$$

$$\varepsilon = \pi r^2 B_0 N \omega \text{sen}(\omega T)$$



10.

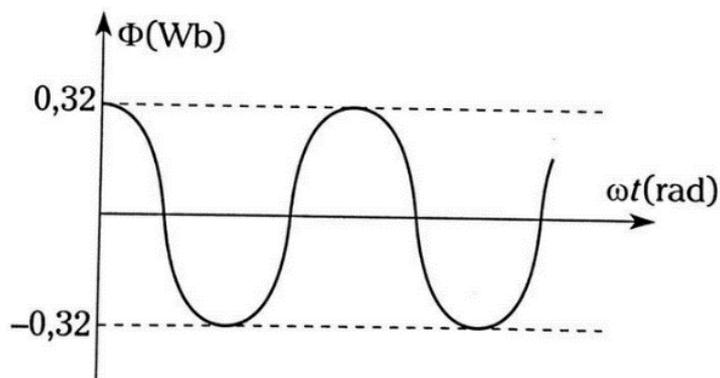
Determine a tensão induzida, aplicando a lei de Faraday, em uma espira fechada de área  $A$  e que gira com uma velocidade angular ( $\omega$ ) constante em um campo magnético homogêneo  $B$ .

**Comentário:**

Esse exercício é exatamente a dedução que fizemos no início do capítulo. Se tiver dificuldade, volte para primeira etapa da aula.

11.

Um gerador de corrente alternada de 1000 espiras está imerso dentro de um fluxo magnético cuja dependência com  $\omega t$  se mostra no gráfico abaixo ( $t$  é o tempo em segundos). Qual é a fem induzida pelo gerador.

**Comentário:**

O fluxo varia na forma de cosseno. Podemos montar a seguinte expressão:

$$\Phi = A \cdot \cos(\omega t)$$

$$\Phi = 0,32 \cdot \cos(\omega t)$$

Utilizando a ferramenta da questão 09, temos:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

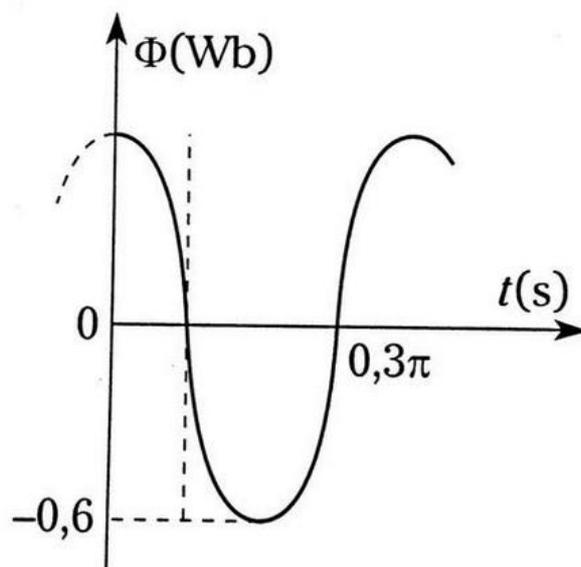
$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(0,32 \cdot \cos(\omega t))}{dt} = 0,32N \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(0,32 \cdot \cos(\omega t))}{dt} = 0,32 \cdot 1000 \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$\varepsilon = 320\omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

**12.**

O fluxo magnético que atravessa perpendicularmente a área fechada por uma bobina de 10 espiras varia com o tempo segundo o gráfico abaixo. Determine a intensidade da corrente elétrica induzida na bobina de  $30 \Omega$  no instante  $t = \frac{\pi}{30}$  segundos.

**Comentário:**

O fluxo varia na forma de cosseno. Podemos montar a seguinte expressão:

$$\Phi = A \cdot \cos(\omega t)$$

Para  $t = 0,3\pi$ , temos  $\Phi = 0$ .

$$0 = 0,6 \cdot \cos(\omega \cdot 0,3\pi)$$

$$\cos(\omega \cdot 0,3\pi) = 0$$

$$\omega \cdot 0,3\pi = \frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \frac{5}{3} \text{ rad/s}$$

$$\Phi = 0,6 \cdot \cos\left(\frac{5}{3}t\right)$$

Novamente, utilizando a ferramenta da questão 09, temos:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\left(0,6 \cdot \cos\left(\frac{5}{3}t\right)\right)}{dt} = 0,6 \cdot N \cdot \frac{5}{3} \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3}t\right)$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d(0,32 \cdot \cos(\omega t))}{dt} = 10 \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3}t\right)$$

$$\varepsilon = 10 \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3}t\right)$$

Utilizando a lei de Ohm:

$$\varepsilon = R \cdot i$$

$$10 \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3}t\right) = 30 \cdot i$$

$$i = \frac{1}{3} \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3}t\right)$$

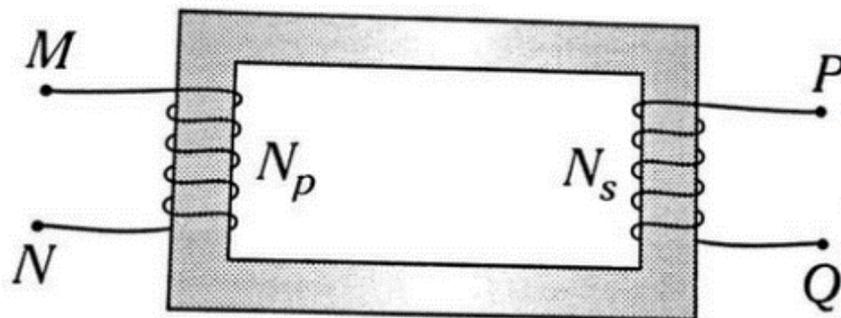
Para o instante  $\frac{\pi}{30}$ :

$$i = \frac{1}{3} \cdot \text{sen}\left(\frac{5}{3} \cdot \frac{\pi}{30}\right)$$

$$i = \frac{1}{3} \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{18}\right)$$

### 13.

Quando se conecta uma voltagem alternada de 110 V entre os terminais M e N, obtendo-se 5,5 V entre os terminais P e Q. Qual seria a voltagem entre M e N, se conectamos 220 (alternada) entre os terminais P e Q?



**Comentário:**

Utilizando a relação do transformador, temos:

$$\frac{\varepsilon_P}{N_P} = \frac{\varepsilon_S}{N_S}$$

$$\frac{110}{N_P} = \frac{5,5}{N_S}$$

$$\frac{110}{5,5} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$20 = \frac{N_P}{N_S}$$

Para a segunda situação, temos:

$$\frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

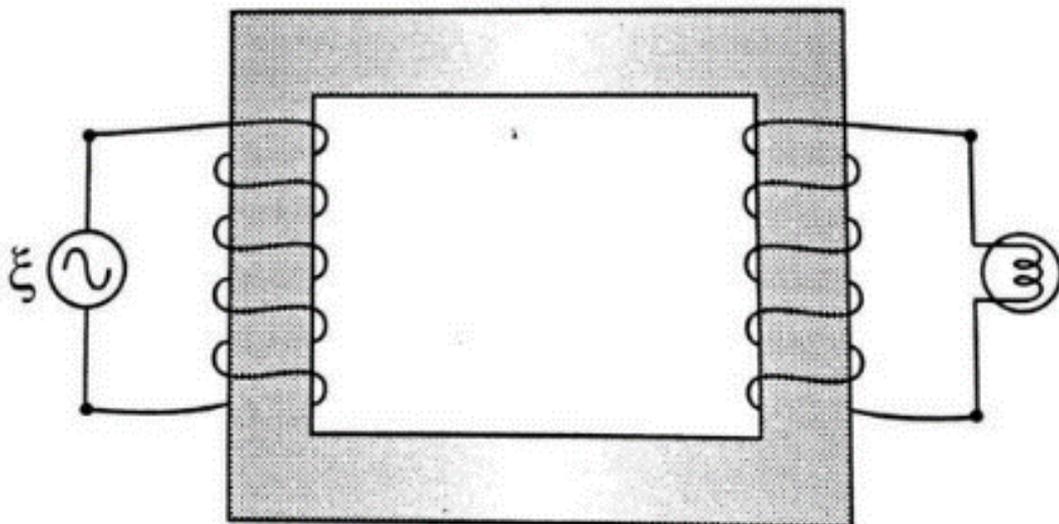
$$\frac{\varepsilon_P}{220} = 20$$

$$\varepsilon_P = 4400 \text{ V}$$

**14.**

O transformador tem em seu enrolamento primário 1000 voltas e em seu enrolamento secundário 250 voltas. Determine a intensidade da corrente eficaz que circula pela lâmpada cuja resistência elétrica é  $100 \Omega$ .

$$\xi = 120 \operatorname{sen} \left( \frac{\pi}{30} t \right) \text{ V}$$



**Comentário:**

Primeiramente, devemos encontrar a tensão eficaz no primário do transformador.

$$\varepsilon_{ef,primário} = \frac{\varepsilon_{máx}}{\sqrt{2}}$$

$$\varepsilon_{ef,primário} = \frac{120}{\sqrt{2}} = 60\sqrt{2} \text{ V}$$

Utilizando a relação do transformador, temos:

$$\frac{\varepsilon_P}{N_P} = \frac{\varepsilon_S}{N_S}$$

$$\frac{60\sqrt{2}}{1000} = \frac{\varepsilon_S}{250}$$

$$\varepsilon_S = 15\sqrt{2} \text{ V} = \varepsilon_{ef,secundário}$$

No secundário, temos:

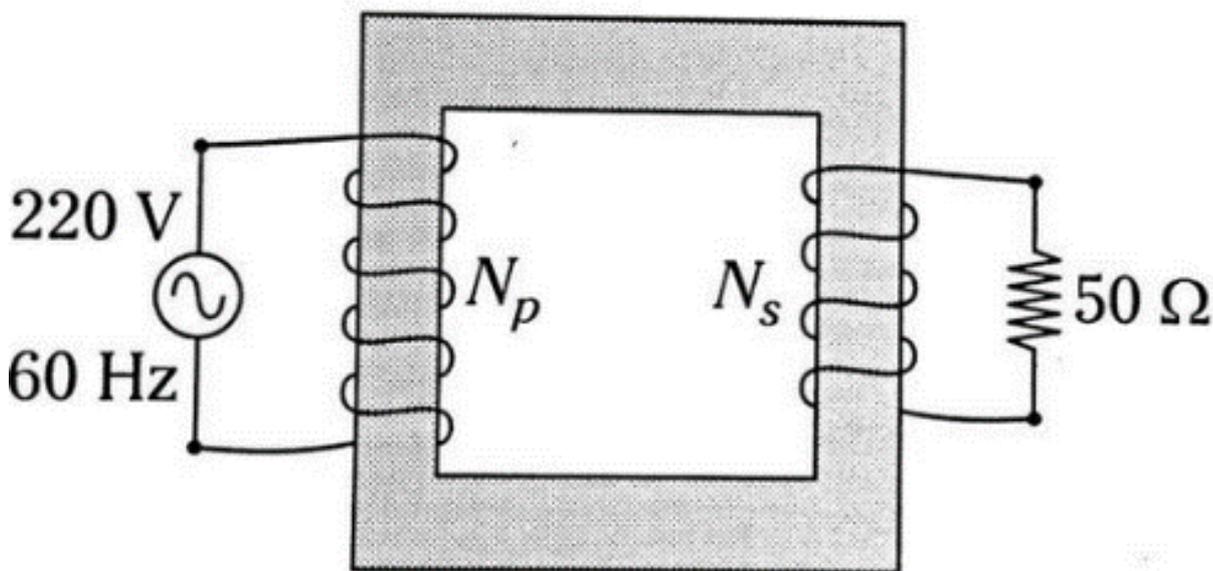
$$\varepsilon_S = R \cdot i_{ef}$$

$$15\sqrt{2} = 100 \cdot i_{ef}$$

$$i_{ef} = 0,15\sqrt{2} \text{ A}$$

**14.**

O primário de um transformador é conectado a voltagem de linha (220 V; 60 Hz) e se observa que a corrente na resistência de  $50 \Omega$  é  $i_T = 0,1\sqrt{2}\text{sen}(120\pi t)$  A. Determine a relação  $N_P/N_S$ .



**Comentário:**

Primeiramente, devemos encontrar a tensão eficaz no secundário do transformador. Antes disso, encontraremos a corrente eficaz no secundário:

$$i_{ef} = \frac{i_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

$$i_{ef} = \frac{0,1\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 0,1 \text{ A}$$

Assim, a tensão eficaz no secundário é dada por:

$$\varepsilon_S = R \cdot i_{ef}$$

$$\varepsilon_S = 50 \cdot 0,1$$

$$\varepsilon_S = 5 \text{ V}$$

No primário, a tensão eficaz já foi dada.  $\varepsilon_P = 220 \text{ V}$ . Utilizando a relação do transformador, temos:

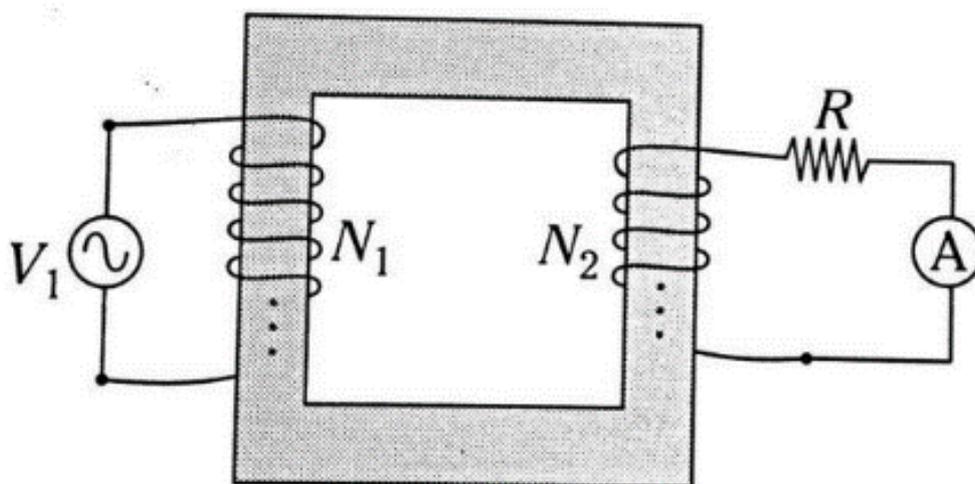
$$\frac{\varepsilon_P}{N_P} = \frac{\varepsilon_S}{N_S}$$

$$\frac{220}{N_P} = \frac{5}{N_S}$$

$$\frac{N_P}{N_S} = 44$$

**15.**

A figura mostra um transformador ideal de enrolamentos em que a relação do número de espiras é  $N_1/N_2 = a$ . Se a voltagem no primeiro enrolamento é  $V_1 = V_0 \text{sen}(\omega t)$ , determine a leitura do amperímetro ideal.



**Comentário:**

A tensão eficaz no primário é dada por:

$$\varepsilon_p = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

Utilizando a relação do transformador, encontraremos a tensão no secundário:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{\frac{V_0}{\sqrt{2}}}{\varepsilon_s} = a$$

$$\varepsilon_s = \frac{V_0}{a\sqrt{2}}$$

Utilizando a primeira lei de Ohm:

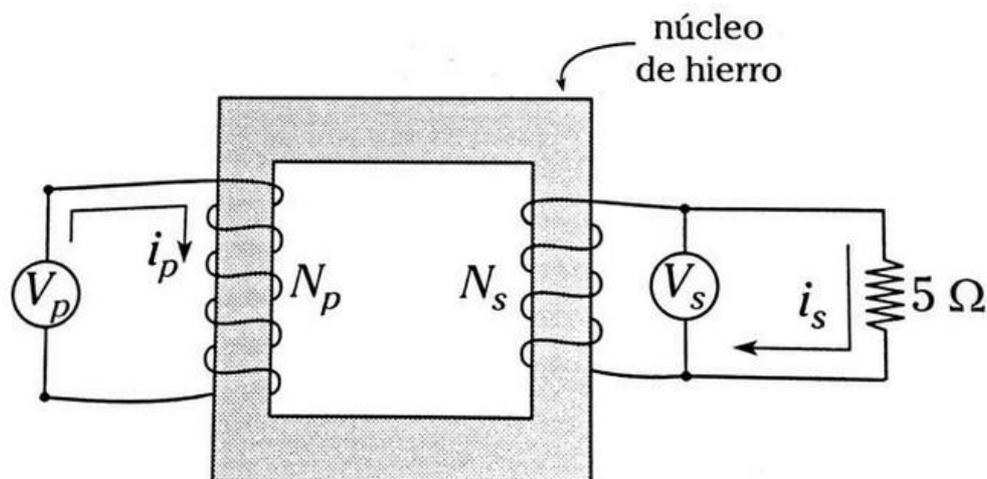
$$\varepsilon_s = R \cdot i$$

$$\frac{V_0}{a\sqrt{2}} = R \cdot i$$

$$i = \frac{V_0}{aR\sqrt{2}}$$

**16.**

A variação do fluxo magnético por unidade de tempo em cada espira do primário de um transformador é  $0,20 \text{sen}\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{Wb/s}$ . Considerando as perdas desprezíveis, determine a corrente que circula pelo secundário se  $N_s = 100$  voltas e a resistência instalada no secundário é  $R = 5 \Omega$ .



**Comentário:**

Primeiramente, devemos encontrar a tensão alternada no primário. Para isso, usaremos a lei de Faraday. Isso porquê, o enunciado nos fornece o fluxo magnético no primário.

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon_p = N_p \cdot \frac{d\left(0,20\text{sen}\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)\right)}{dt}$$

$$\varepsilon_p = N_p \cdot 24\pi \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\frac{\varepsilon_p}{N_p} = 24\pi \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Utilizando a relação do transformador, temos:

$$\frac{\varepsilon_p}{N_p} = \frac{\varepsilon_s}{N_s}$$

$$24 \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\varepsilon_s}{N_s}$$

$$\varepsilon_s = N_s \cdot 24\pi \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\varepsilon_s = 100 \cdot 24\pi \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\varepsilon_s = 2400\pi \cdot \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

O valor eficaz é dado por:

$$\varepsilon_{s,\text{eficaz}} = \frac{2400\pi}{\sqrt{2}}$$

Utilizando a primeira lei de Ohm:

$$\varepsilon_{s,\text{eficaz}} = R \cdot i$$

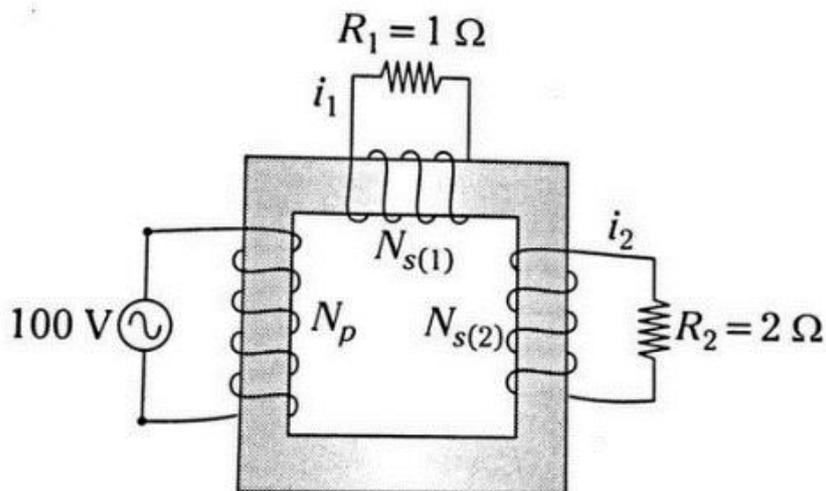
$$\frac{2400\pi}{\sqrt{2}} = 5 \cdot i$$

$$\boxed{i = 240\pi\sqrt{2} \text{ A}}$$

**17.**

A figura mostra um transformador com dois circuitos secundários, no qual  $N_p/N_{S(1)} = 25$  e  $N_p/N_{S(2)} = 75$ . Determine  $i_1/i_2$ , se  $i_1$  e  $i_2$  são correntes eficazes.





Comentário:

Devemos perceber que o fluxo que atravessa todos eles é mesmo. Desta maneira, podemos fazer:

$$\Delta\Phi_P = \Delta\Phi_{S,1} = \Delta\Phi_{S,2}$$

$$-\frac{\varepsilon_P \cdot \Delta t}{N_P} = -\frac{\varepsilon_{S,1} \cdot \Delta t}{N_{S,1}} = -\frac{\varepsilon_{S,2} \cdot \Delta t}{N_{S,2}}$$

$$\boxed{\frac{\varepsilon_P}{N_P} = \frac{\varepsilon_{S,1}}{N_{S,1}} = \frac{\varepsilon_{S,2}}{N_{S,2}}}$$

Vamos supor que  $N_P = 75x$ , desta maneira, temos:

$$\frac{N_P}{N_{S(1)}} = 25$$

$$\frac{75x}{N_{S(1)}} = 25$$

$$N_{S,1} = 3x$$

Além disso, temos:

$$\frac{N_P}{N_{S(2)}} = 75$$

$$\frac{75x}{N_{S,2}} = 75$$

$$N_{S,2} = x$$

Da relação encontrada, temos:

$$\frac{\varepsilon_{S,1}}{N_{S,1}} = \frac{\varepsilon_{S,2}}{N_{S,2}}$$

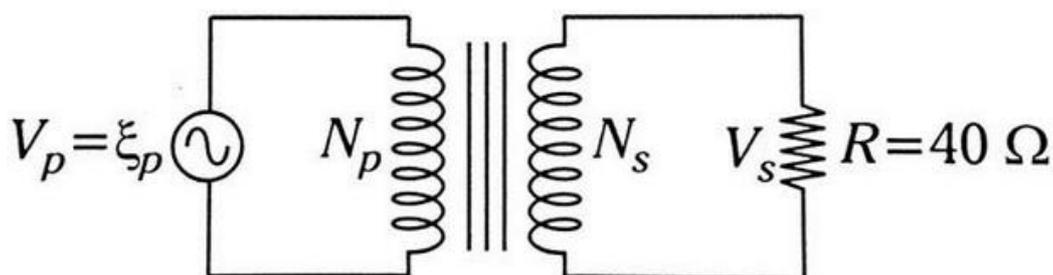
$$\frac{R_{S,1} \cdot i_1}{N_{S,1}} = \frac{R_{S,2} \cdot i_2}{N_{S,2}}$$

$$\frac{1 \cdot i_1}{3x} = \frac{2 \cdot i_2}{x}$$

$$\frac{i_1}{i_2} = 6$$

**18.**

Se a tensão no primário de um transformador é  $\varepsilon = 220\sqrt{2}\text{sen}(\omega t)$  V, e a potência dissipada pela resistência de  $40 \Omega$  colocada no secundário é 4,84 kW, determine a relação entre o número de espiras do primário e do secundário.

**Comentário:**

Primeiramente, iremos encontrar a tensão eficaz no primário:

$$\varepsilon_p = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

$$\varepsilon_p = 220 \text{ V}$$

A potência no secundário é dada por:

$$P = \frac{\varepsilon_s^2}{R}$$

$$4,84 \cdot 10^3 = \frac{\varepsilon_s^2}{40}$$

$$\varepsilon_s = 440 \text{ V}$$

Desta maneira, temos:

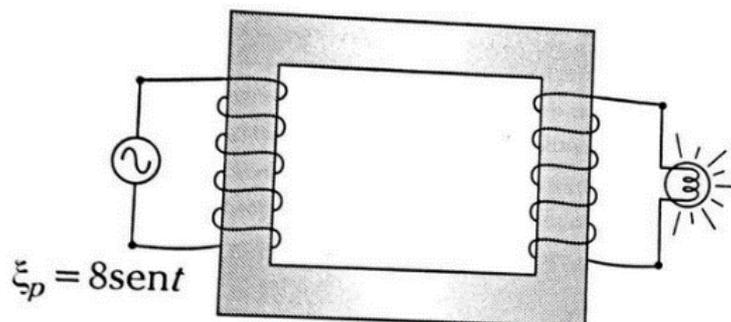
$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{220}{440} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = 0,5$$

19.

Se o projeto de um transformador gera 100 W no secundário e a relação do transformador é de 4 a 1, determine a intensidade da corrente que circula pelo secundário.



Comentário:

Da relação entre primário e secundário, temos:

$$\frac{8}{\sqrt{2}} = \frac{N_P}{N_S} = 4$$

$$\frac{8}{\sqrt{2}\varepsilon_S} = 4$$

$$\varepsilon_S = \sqrt{2} V$$

No secundário, temos:

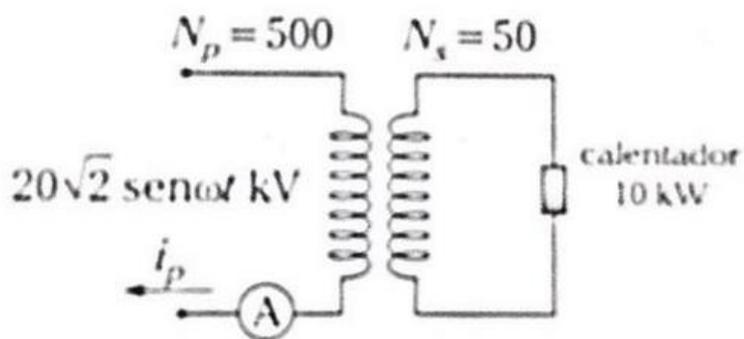
$$P = \varepsilon_S \cdot i$$

$$100 = \sqrt{2} \cdot i$$

$$i = 50\sqrt{2} A$$

20.

Um aquecedor industrial de 10 kW opera esquentando água em um indústria que recebe corrente de empresas elétricas com uma voltagem de  $20\sqrt{2}\text{sen}(\omega t)$  kV. Um transformador de 500 voltas no primário e 50 voltas no secundário é usado para reduzir a voltagem. Que corrente passa pelo primário medida pelo amperímetro ideal?



Comentário:

Primeiramente, iremos determinar o valor eficaz do primário.

$$\varepsilon_p = \frac{20\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 20 \text{ V}$$

Utilizando a relação do transformador, temos:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{500}{50} = 10$$

$$\frac{20}{\varepsilon_s} = 10$$

$$\varepsilon_s = 2 \text{ V}$$

No Secundário, temos:

$$P = \varepsilon_s \cdot i$$

$$10000 = 2 \cdot i$$

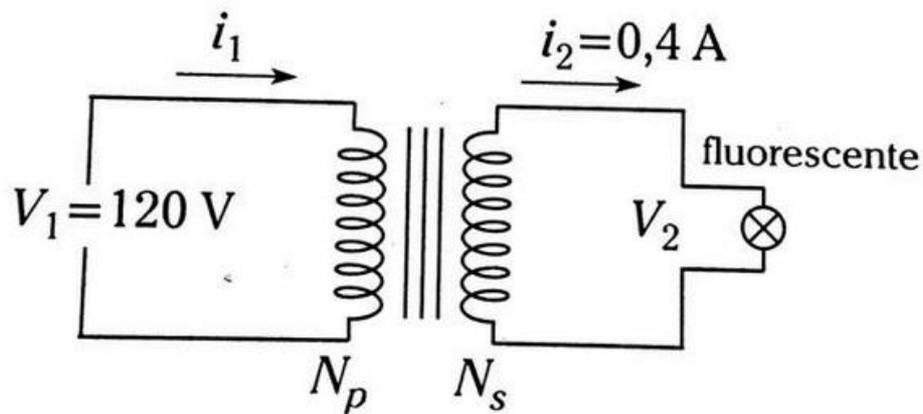
$$i = 5000 \text{ A}$$

## 21.

A entrada do enrolamento primário de um transformador é 120V, e a corrente no secundário é de 0,4 A.

a) Se se conecta uma lâmpada fluorescente de 40 W ao enrolamento secundário, determine a voltagem (em V) através deste.

b) Qual é a razão  $N_p/N_s$ .

**Comentário:**

a)

Primeiramente, iremos determinar o valor eficaz do primário.

$$\varepsilon_p = 120\text{ V}$$

No Secundário, temos:

$$P = \varepsilon_s \cdot i$$

$$40 = \varepsilon_s \cdot 0,4$$

$$\varepsilon_s = 100\text{ V}$$

b) Utilizando a relação do transformador, temos:

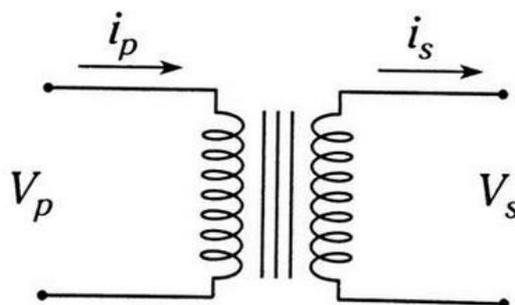
$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{120}{100} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = 1,2$$

**22.**

Um transformador redutor cuja eficiência é de 80 % reduz a voltagem de entrada à quinta parte. Determine a relação  $i_p/i_s$ .



**Comentário:**

O rendimento é dado por:

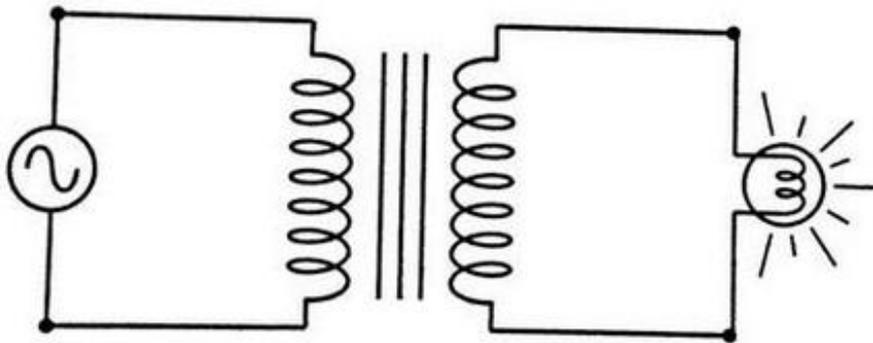
$$\eta = \frac{\varepsilon_S \cdot i_S}{\varepsilon_P \cdot i_P}$$

$$0,8 = \frac{x \cdot i_S}{x \cdot i_P}$$

$$\boxed{\frac{i_S}{i_P} = 4}$$

**23.**

No secundário de um transformador de 75 % de eficiência, se conecta uma lâmpada de 120 W. Determine a potência (em W) e a corrente (em A) no primário, se é conectada uma fonte alternada de 220 V.

**Comentário:**

O rendimento é dado por:

$$\eta = \frac{\varepsilon_S \cdot i_S}{\varepsilon_P \cdot i_P} = \frac{P_S}{P_P}$$

$$0,75 = \frac{120}{P_P}$$

$$\boxed{P_P = 160 \text{ W}}$$

Para o primário, temos:

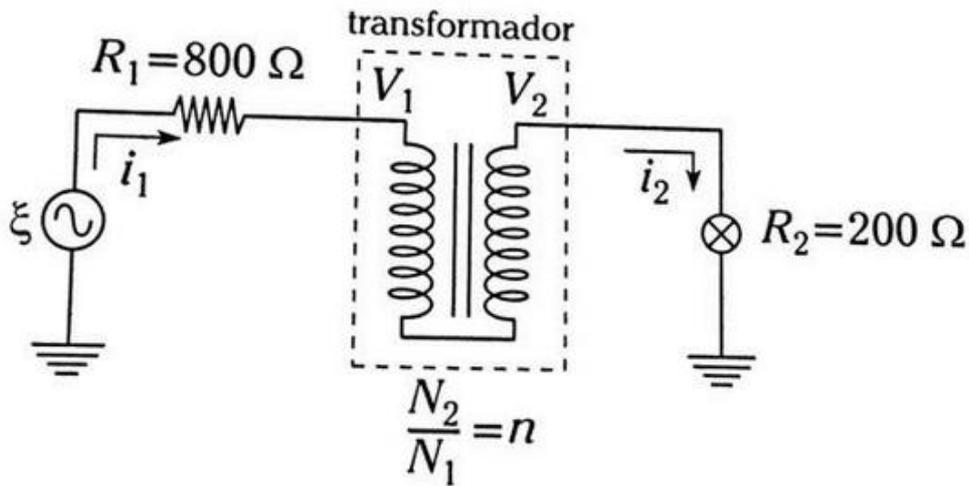
$$P_P = \varepsilon_P \cdot i_P$$

$$160 = 220 \cdot i_P$$

$$\boxed{i_P = 0,73 \text{ A}}$$

24.

O transformador indicado tem em seu enrolamento primário 1000 espiras. Determine o número de espiras em seu secundário se a relação entre as correntes é dada por  $\frac{i_2}{i_1} = 1$ .

**Comentário:**

$$\varepsilon_S = R_2 \cdot i_2$$

$$\varepsilon_S = 200 \cdot i_2$$

Para o primário, temos:

$$\varepsilon_p = R_1 \cdot i$$

$$\varepsilon_p = 800 \cdot i_1$$

Da relação do transformador, temos:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_S} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{800 \cdot i_1}{200 \cdot i_2} = \frac{1000}{N_s}$$

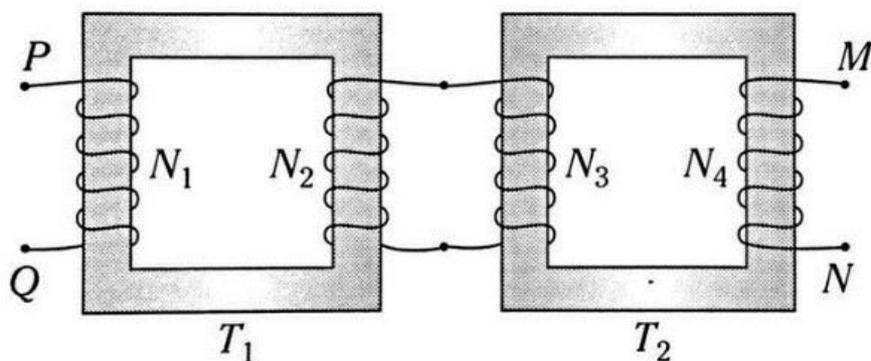
$$N_s = 250 \cdot \frac{i_2}{i_1} = 250$$

$$\boxed{N_s = 250}$$

25.

Dois transformadores se conectam como se indica a figura, em que  $N_1$  e  $N_2$  são os números de voltas na bobina primária e secundária em um transformador  $T_1$ . Além disso,  $N_3$  e  $N_4$  são os números de voltas da primária e secundária do transformador  $T_2$ . Determine a voltagem de saída nos terminais M e N se nos terminais P e Q se conecta uma fonte alterna de voltagem  $V_1$ . A resistência do enrolamento 2 é igual a resistência do enrolamento 3.





Comentário:

Para o primeiro transformador, temos:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

O primário do segundo transformador receberá a mesma variação de tensão que o secundário do primeiro transformador.

Desta maneira, temos:

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{N_2}{N_3}$$

Mas, para o segundo transformador, temos:

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{N_3}{N_4}$$

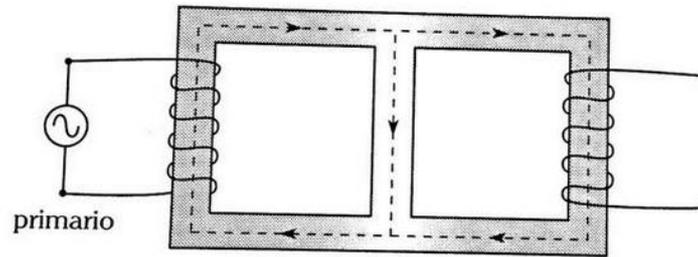
Usando as relações, temos:

$$\frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_3} \cdot \frac{V_3}{V_4} = \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{N_2}{N_3} \cdot \frac{N_3}{N_4}$$

$$\boxed{\frac{V_1}{V_4} = \frac{N_1}{N_4}}$$

26.

O fluxo magnético no primário se divide em partes iguais pelos dois ramos. Além disso, o primário tem 200 voltas e está conectado a uma tensão eficaz de 220 V. Qual é a tensão no secundário, se ele tem 100 voltas ?

**Comentário:**

Nesse caso, note que o fluxo magnético não é o mesmo. O fluxo magnético no secundário é metade do fluxo no primário.

$$\Delta\Phi_s = \frac{1}{2} \Delta\Phi_p$$

$$-\frac{\varepsilon_s \cdot \Delta t}{N_s} = -\frac{1}{2} \frac{\varepsilon_p \cdot \Delta t}{N_p}$$

$$\frac{\varepsilon_s}{N_s} = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_p}{N_p}$$

$$\frac{\varepsilon_s}{100} = \frac{1}{2} \cdot \frac{220}{200}$$

$$\boxed{\varepsilon_s = 55 \text{ V}}$$

## Considerações Finais

Querido aluno(a),

Essa aula foi extremamente importante para o pleno entendimento da hidrostática. Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!



Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

**Vinícius Fulconi**



@viniciusfulconi



vinicius.fulconi

## Referências

[1] Tópicos da física 1: Volume 1 - Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas - 21. Ed - São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] IIT JEE Problems: Cengage.

[3] Una vision analítica del movimiento. Lumbreras.

