

Sétima aula de laboratório de ME5330

Outubro de 2011



Nesse ponto, vamos ampliar a nossa visão sobre os motores elétricos, abordando:

1. Conceito de motores elétrico.
2. Suas classificações básicas.
3. Seus conceitos básicos.



Motores elétricos

20/09/2010 - v6

São máquinas que transformam energia elétrica em energia mecânica.

primeira classificação

- motores de corrente contínua
- motores de corrente alternada
 - síncronos
 - assíncronos

síncronos

- funcionam com a velocidade fixa
- são de alto custo e utilizados para altas potências

assíncronos

a velocidade embora permaneça próxima a um determinado valor, apresenta pequena variação em função da carga a que o motor é submetido



são simples e robustos e de baixo custo

conceitos básicos

- potência mecânica ✓
- velocidade síncrona ✓
- características dos motores normalizados ✓
- potência aparente ✓
- potência ativa ✓
- potência reativa ✓
- fator de potência ✓
- potência total ✓
- rendimento do motor elétrico ✓
- consumo de energia nos motores elétricos ✓

A potência mecânica é a grandeza física que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo



$$N_{\text{mec}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta(F \times s)}{\Delta t} = F \times v$$

$$v = \frac{2\pi nr}{60}$$

C = conjugado (ou torque)

$$C = F \times r$$

r = raio do rotor

$$N_{\text{mec}} = C \times \frac{2\pi}{60} \times n = F \times r \times \frac{2\pi}{60} \times n$$

Velocidade de rotação síncrona (n_s)



$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \rightarrow [f] = \text{Hz}$$

p = número de pólos

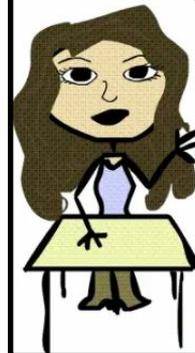
2 pólos = 3600 rpm

4 pólos = 1800 rpm

6 pólos = 1200 rpm

8 pólos = 900 rpm

Isto porque o decreto número 4508 de 11 de dezembro de 2002 do Ministério de Minas e Energia estabelece que os motores elétricos devem ter uma frequência nominal igual a 60 Hz.



Geralmente os motores síncronos só são usados para potências > que 500CV

Nos motores assíncronos a velocidade de rotação não coincide exatamente com a velocidade de sincronismo.

Ela é menor?



Sim e a diminuição é originada pelo escorregamento (s), que geralmente é da ordem de 3 a 5%

$$n = n_s \times \left(1 - \frac{s}{100}\right)$$

A potência aparente é a potência instantânea desenvolvida por um dispositivo de dois terminais e é igual ao produto da diferença de potencial entre os terminais e a corrente que passa através do dispositivo.



Circuitos monofásico $\rightarrow N_{\text{apar.}} = V \times I$

Circuitos trifásicos $\rightarrow N_{\text{apar.}} = \sqrt{3} \times V \times I$

$$[N_{\text{apar}}] = \text{VA}$$

A potência ativa é a capacidade do circuito em produzir trabalho, ou seja, ela é a parte da potência aparente que realmente é transformada em energia.



Circuitos monofásico $\rightarrow N_a = VI \cos \phi$

Circuitos trifásicos $\rightarrow N_a = \sqrt{3} \times VI \cos \phi$

$[N_a] = \text{W} \rightarrow \phi = \text{ângulo de fase}$

Potência reativa é parte da potência aparente que é armazenada não realizando trabalho



Circuitos monofásico $\rightarrow N_R = VI \text{sen} \phi$

Circuitos trifásicos $\rightarrow N_r = \sqrt{3} \times VI \text{sen} \phi$

$[N_a] = VA_R \rightarrow \phi = \text{ângulo de fase}$

$$N_{\text{apar.}}^2 = N_a^2 + N_R^2$$

Fator de potência é um índice que indica quanto de energia total foi transformada em trabalho e quanto foi utilizada em magnetização. Ele mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos.

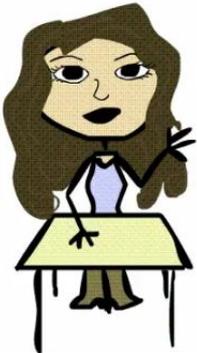


$$\cos \phi = \frac{N_a}{N_{\text{apar}}} \rightarrow \text{ex : } \cos \phi = 0,80$$

$\therefore 80\% \Rightarrow$ transformada em trabalho

$20\% \Rightarrow$ transformada em magnetização

Valores baixos de fator de potência evidenciam um mau aproveitamento e representam uma sobrecarga para todo o sistema elétrico.

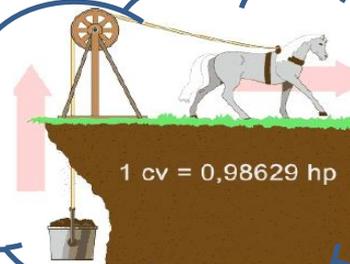


Agora entendo porque o Artigo número 64 da Resolução ANEEL número 456 de 29 de novembro de 2000 estabelece que o fator de potência deve permanecer igual ou superior a 0,92 .

Calcular	Corrente contínua	Corrente alternada	
		monofásica	trifásica
Potência efetiva no eixo do motor em kW	$N_B = \frac{V \times I \times \eta_m}{1000}$	$N_B = \frac{V \times I \times \eta_m \times \cos \phi}{1000}$	$N_B = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \eta_m \times \cos \phi}{1000}$
Potência fornecida em kW	$N_m = \frac{V \times I}{1000}$	$N_m = \frac{V \times I \times \cos \phi}{1000}$	$N_m = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi}{1000}$
Corrente absorvida a plena carga, ampères (no eixo do motor)	$I = \frac{N_B \times 1000}{V \times \eta_m}$	$I = \frac{N_B \times 1000}{V \times \cos \phi \times \eta_m}$	$I = \frac{N_B \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi \times \eta_m}$

EXPRESSÕES ELÉTRICAS

$$\eta_{\text{global}} = \frac{N}{N_m}$$



Exercício 1: Qual a potência mecânica necessária para acionar uma polia de raio igual a 0,5 m a uma rotação de 1750 rpm, com uma força de 30 kgf?



Resposta: 36,7 CV

Exercício 2: Determine o porcentual de escorregamento de um motor de 4 pólos com rotação nominal de 1750 rpm, alimentado por uma frequência de 60 Hz.



Resposta: 2,8%

Exercício 3: Determine as potências aparente, ativa e reativa para um motor trifásico alimentado a uma tensão de 440V, corrente de 46,5 A e fator de potência de 0,7.



Respostas:
 $N_{\text{apar}} = 35,4 \text{ KVA}$
 $N_a = 24,8 \text{ kW}$
 $N_R = 25,3 \text{ KVA}_R$

Exercício 4: Para alimentar uma carga de 25kW com fator de potência igual a 0,70, são necessários 35,7 kVA. Determinar para a mesma carga de 25 kW, mas com fator de potência igual a 0,92, a potência aparente e a diferença de porcentual no fornecimento de potência.

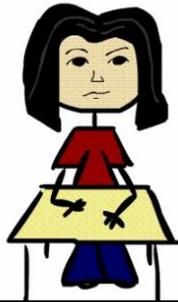


Respostas:
 $N_{\text{apar}} = 27,2 \text{ KVA}$
 $\Delta N = 23,8\%$

Já mencionamos uma das maneiras para se selecionar o motor elétrico



Aquela que adotávamos o rendimento do motor igual a 90% e calculávamos a potência nominal de referência.



Isso mesmo!



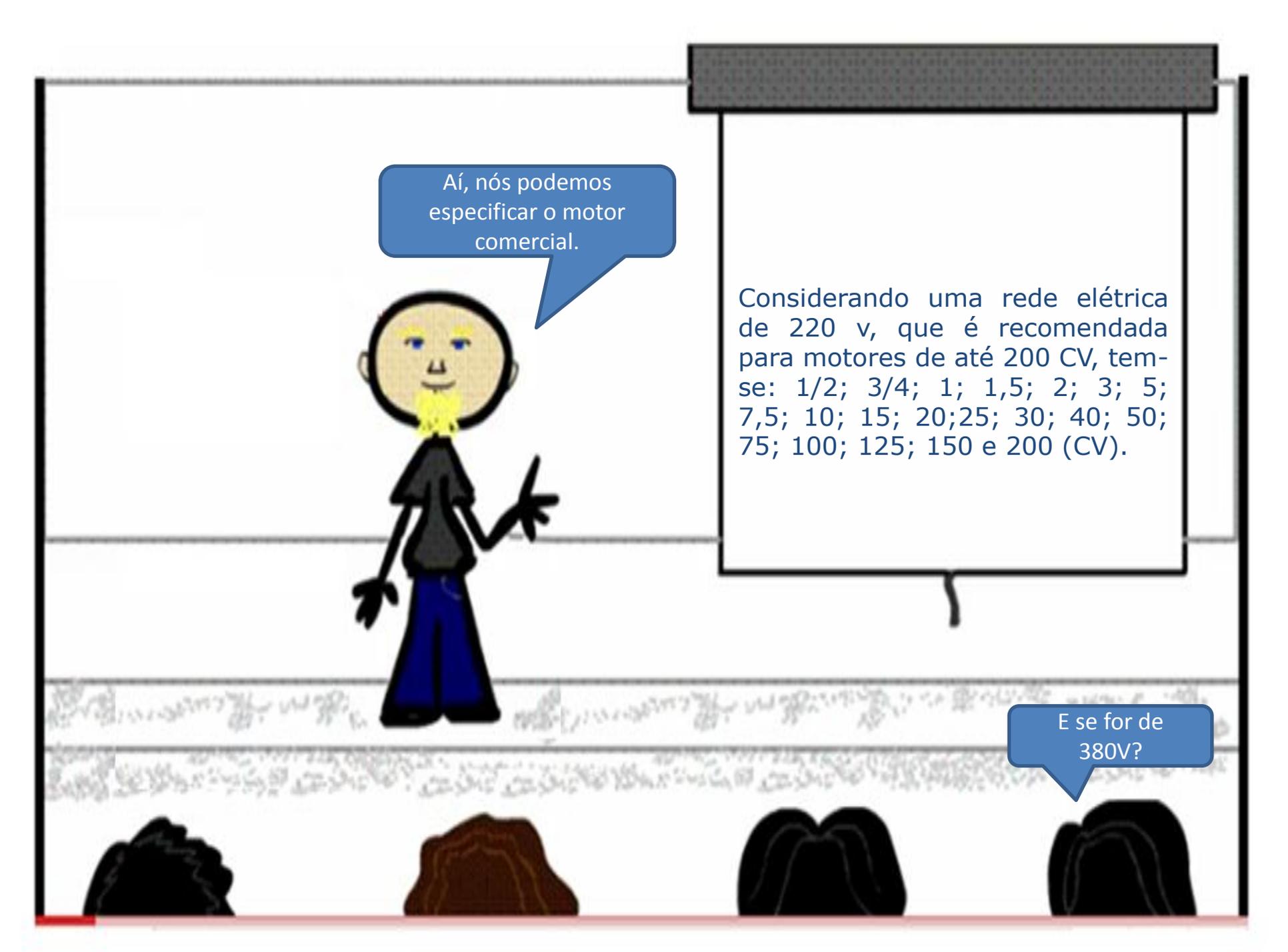
Pode-se então determinar a potência do motor elétrico de referência, já que ela é igual a potência da bomba (potência mecânica) dividida pelo rendimento do motor elétrico.



Isso mesmo!

$$N_{m_{ref}} = \frac{N_{B_{\tau}}}{\eta_m} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{0,9 \times \eta_{B_{\tau}}}$$





Aí, nós podemos especificar o motor comercial.

Considerando uma rede elétrica de 220 v, que é recomendada para motores de até 200 CV, tem-se: 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200 (CV).

E se for de 380V?

Se for 380V,
temos:



motores em CV \rightarrow 1/2 . . .
200; 250; 300; 350; 425; 475;
530; 600; 675; 750; 850; 950;
1000.



Especificado o
motor elétrico,
podemos calcular o
seu consumo de
energia.

Sim, mas podemos também calcular o
rendimento real do motor elétrico!

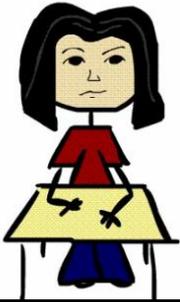


$$\eta_{m_{\text{real}}} = \frac{N_{B_{\tau}}}{N_{m_{\text{comercial}}}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{energia}_{\text{ex.mensal}}} = A$$

$$A = N_{m_{\text{comercial}}} (\text{kW}) \times a \left(\frac{\text{h}}{\text{dia}} \right) \times b \left(\frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right)$$

Só existe essa
maneira para
sua
especificação?



Existem outras
maneiras para a
escolha dos
motores, como
já havíamos
mencionado na
aula anterior.



E sintetizamos no
próximo slide.

O motor que aciona a bomba deverá trabalhar sempre com uma folga ou margem de segurança a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. Portanto, recomenda-se que a potência necessária ao funcionamento da bomba (N_B) seja acrescida de uma folga, conforme especificação a seguir (para motores elétricos):

Potência exigida pela Bomba (N_B)	Margem de segurança recomendada (%)
até 2 cv	50%
de 2 a 5 cv	30%
de 5 a 10 cv	20%
de 10 a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Para motores a óleo diesel recomenda-se uma margem de segurança de 25% e a gasolina, de 50% independente da potência calculada.

A TABELA ACIMA PODE SER LIDA NA PÁGINA 69 DO LIVRO BOMBAS E INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESCRITO POR A. J. MACINTYRE E EDITADO PELA LTC EM 2008.

