

Auto-excitação de motores assíncronos

FRANKLIN GUERRA PEREIRA

Eng. Electrot.^o (EFACEC)

Os motores assíncronos são importantes consumidores de energia reactiva e, por isso mesmo, os principais responsáveis pelo factor de potência das instalações eléctricas.

Para reduzir ao mínimo esse consumo de energia reactiva, podem tomar-se alguns cuidados preliminares:

- utilizar motores cuja potência nominal se não afaste muito da potência real da carga (fig. 1);

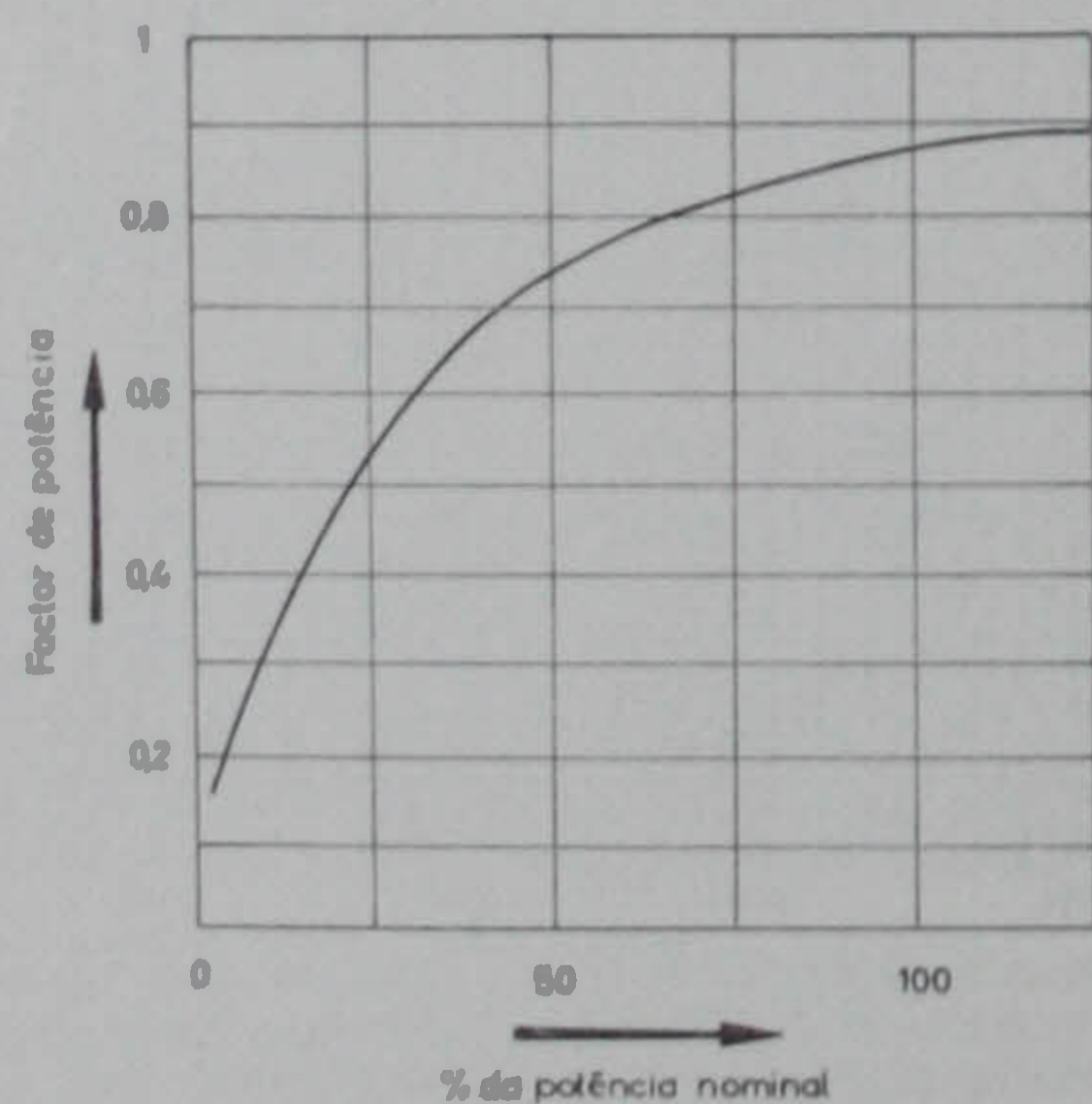


Fig. 1 — Variação do factor de potência com a carga dum motor. O $\cos \varphi$ é máximo na vizinhança da potência nominal

- escolher as maiores velocidades compatíveis com o serviço, o que também beneficia o custo dos motores (fig. 2);

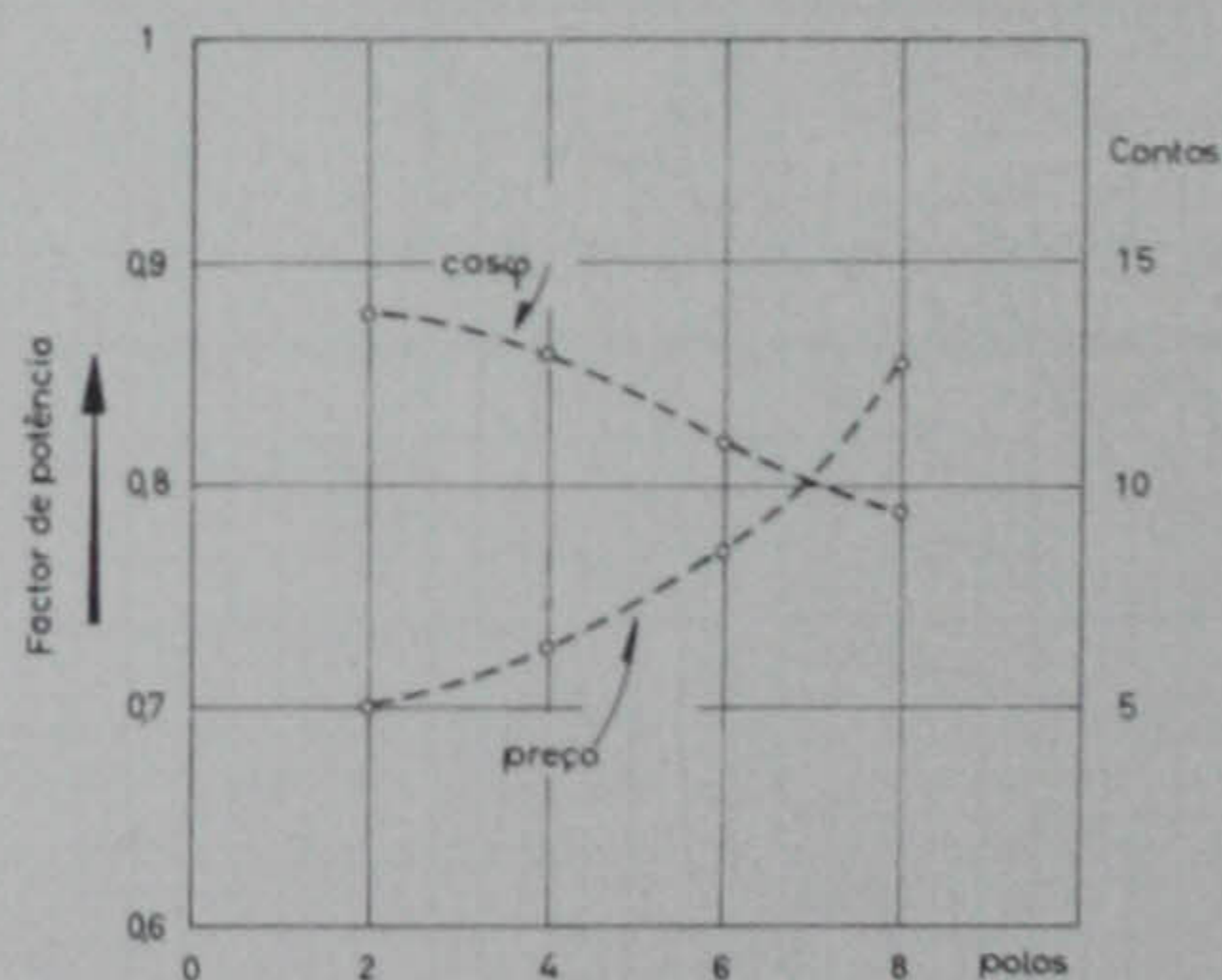


Fig. 2 — Variação do factor de potência e do preço dum motor com as diferentes polaridades. Os motores mais rápidos são os mais baratos e de melhor $\cos \varphi$

- velar, sempre que possível, pela tensão e pela frequência da rede, uma vez que o factor de potência piora quando a tensão cresce ou a frequência diminui.

Mesmo com estas precauções, não perde o motor assíncrono o lamentável privilégio de ser, entre todos os aparelhos industriais, ávido consumidor de energia reactiva.

É frequente compensar-se o factor de potência por intermédio de condensadores.

A maneira mais simples e usual de proceder, sobretudo quando a carga da instalação flutua largamente, consiste em fazer a compensação individual de cada motor (fig. 3). Os condensadores são ligados em simultaneidade com os motores, o que realiza compensação proporcional à carga total da instalação.

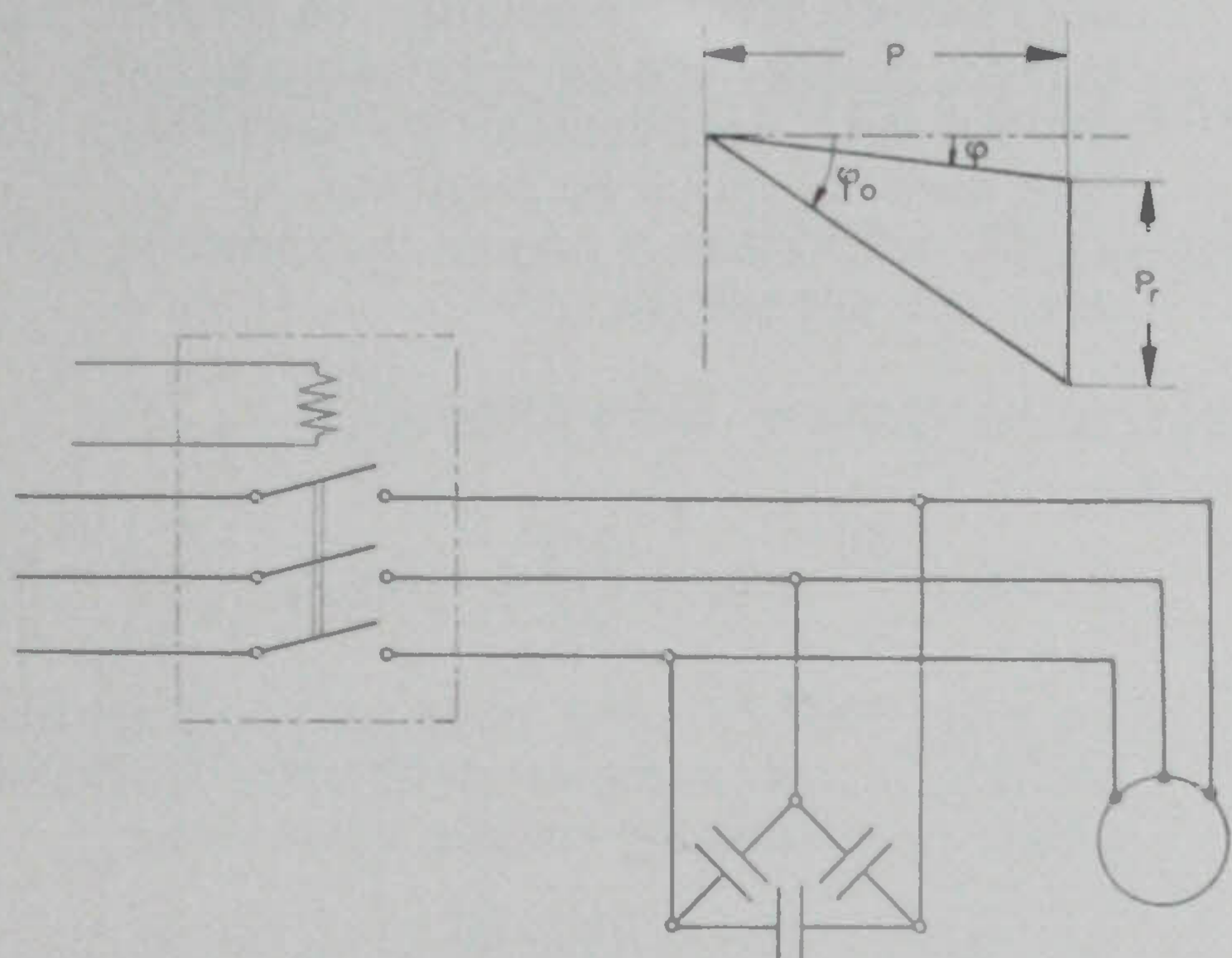


Fig. 3 — Compensação individual dum motor assíncrono

A potência reactiva da bateria de condensadores necessária para elevar o factor de potência, de $\cos \varphi_0$ para $\cos \varphi$, dum motor de potência activa P , tem o valor

$$P_r = P (tg \varphi_0 - tg \varphi)$$

Aparentemente, é portanto possível compensar na totalidade a potência reactiva do motor isolado e até mesmo inverter-lhe o sentido, passando o bloco motor-condensador a fornecer energia reactiva à rede.

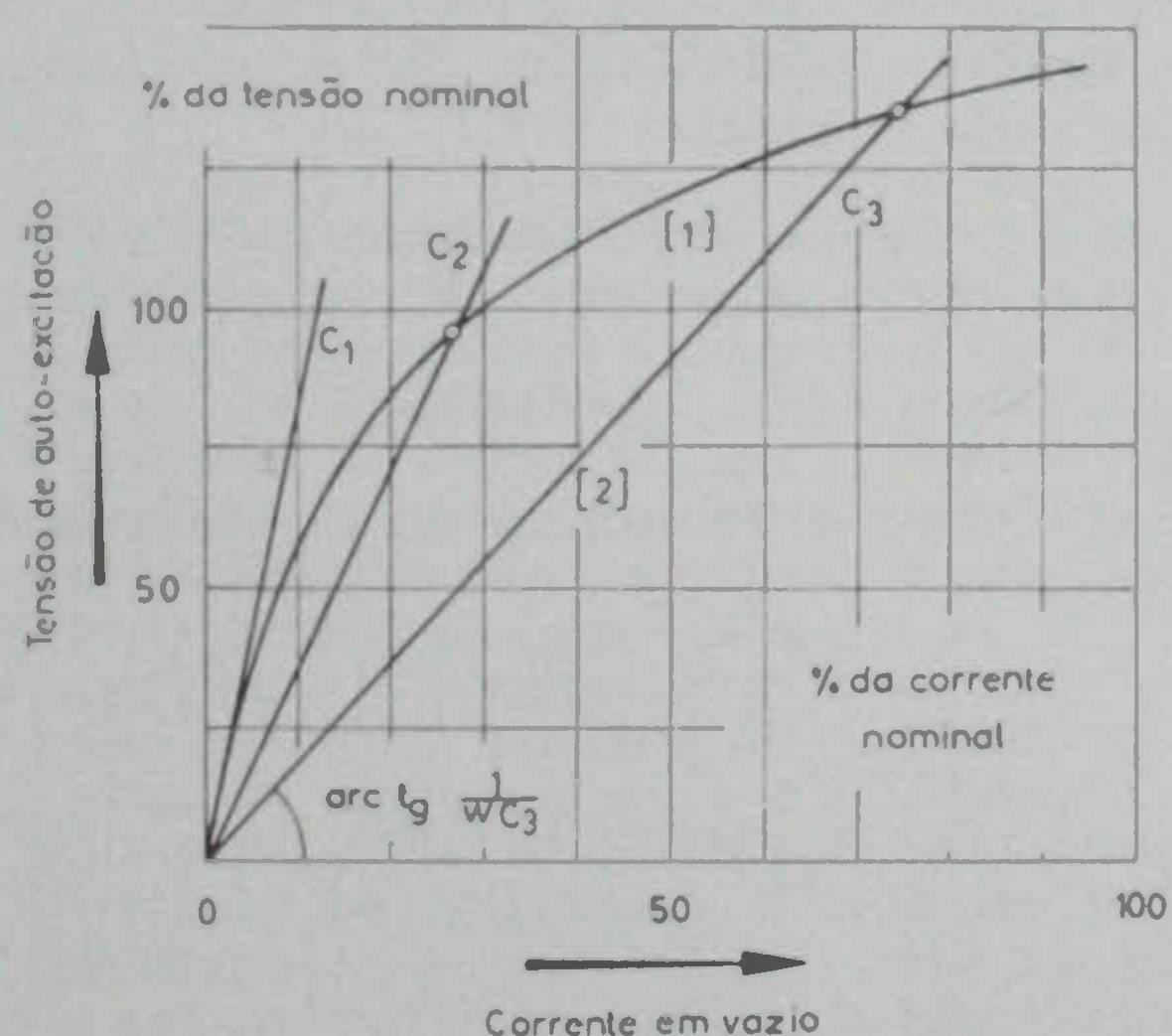


Fig. 4 — Um motor assíncrono em rotação, desligado da rede e com condensadores ligados nos seus terminais, auto-excita desde que a sua característica em vazio [1] intercepte a característica [2] do condensador, isto é, desde que a capacidade seja superior a C_1 . A origem das coordenadas é uma posição de equilíbrio instável, o segundo ponto de intercepção uma posição de equilíbrio estável

Na realidade, o perigo da auto-excitação vem impor um limite ao valor máximo admissível para a capacidade da bateria.

A auto-excitação manifesta-se ao desligar o motor. Quando a paragem não é instantânea e o movimento se mantém durante algum tempo, o motor comporta-se transitóriamente como um alternador desexcitado a alimentar uma carga capacitiva. Sabe-se que nestas condições a máquina pode auto-excitar (fig. 4).

A tensão de auto-excitação poderá atingir valores perigosos para o isolamento da máquina, se a capacidade de compensação for elevada (fig. 5).

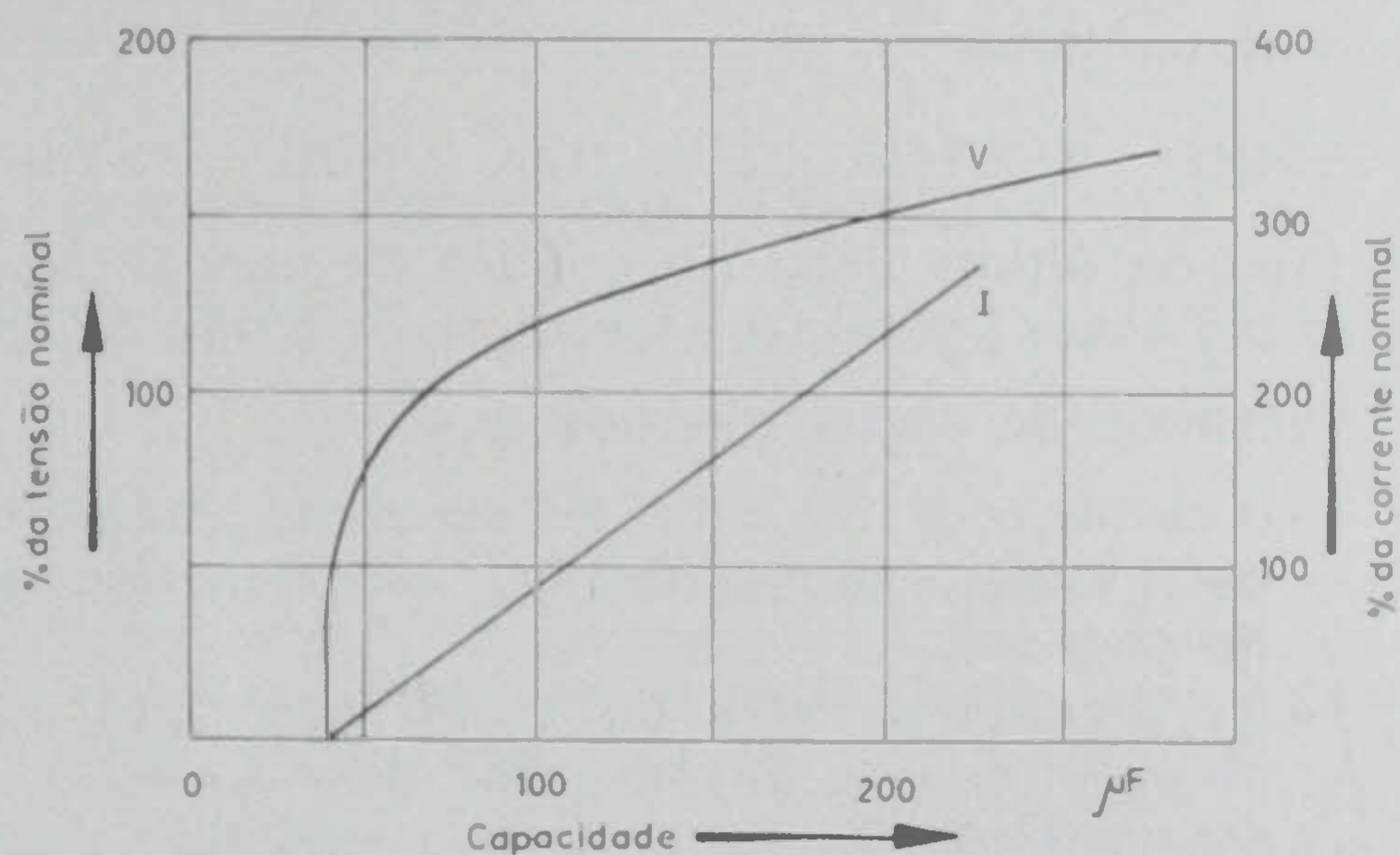


Fig. 5 — Medidas de tensão e de corrente num motor trifásico auto-excitado. A auto-excitação inicia-se com $40 \mu F$

A tensão de auto-excitação estabelece-se muito rapidamente e extingue-se à medida que a velocidade da máquina diminui. É aconselhável limitar a sua amplitude máxima a 110 % da tensão nominal do motor.

A esta tensão, a corrente magnetizante do motor toma aproximadamente o valor $1,1 I$ representando por I a corrente magnetizante para a tensão nominal U .

Depreende-se da fig. 4 que nestas condições a potência reactiva limite da bateria de condensadores é cerca de $2UI$. Acima deste patamar a auto-excitação torna-se perigosa para a segurança da máquina.

Tomemos como exemplo um motor de 15 kW, 750 r/m, 380 V, que absorve 12 A em vazio e tem um factor de potência em carga igual a 0,74.

A potência capacitiva limite de compensação, calculada pela regra anterior, é de 9 kVAR. Esta bateria elevará o factor de potência do motor para 0,95. Uma compensação mais ambiciosa não seria praticável, a menos de se tomarem precauções suplementares.

Em conclusão, os perigos resultantes da auto-excitação nos conjuntos motor-condensador definem um *plafond* de segurança para as capacidades instaladas. Este princípio, que examinámos aqui para o caso da compensação, mantém naturalmente a mesma validade para toda e qualquer montagem (a chamada *travagem dinâmica* dos motores é outro caso flagrante) em que um motor assíncrono funciona com condensadores ligados entre os seus terminais ■

ERRATAS

Radiointerferências provocadas pelas linhas de transporte de energia em corrente contínua de muito alta tensão

Por motivo de férias não foi possível fazer a revisão deste trabalho, publicado a pág. 295 do número 60, com a minúcia e cuidados que usamos normalmente. Pedindo desculpa aos nossos leitores e ao autor, apresentamos, em seguida, as correções que achamos indispensáveis para bom esclarecimento do trabalho. Começaremos pelas gravuras.

Na legenda da fig. 1 deve ler-se radiointerferência, e não radiointerferências. A da segunda figura deve ser: Fig. 2 — Linha monopolar. A da terceira figura deve ser: Fig. 3 — Linha bipolar. A da quarta figura deve ler-se: Fig. 4 — Campo de radiointerferência produzida na proximidade de uma linha de corrente contínua

$$f=1\text{MHz} \quad r=1\text{cm} \quad D=10\text{m} \quad \text{OdB}=1\mu\text{Vm}^{-1}$$

No final da última linha do quadro de convenções indicadas nesta figura deve ler-se: fig. 1 e não fig. 2.

Passando ao texto, diremos que:

- o começo da 3.ª linha do segundo parágrafo da primeira coluna da pág. 295 deve ler-se: de uma
- na penúltima linha do sexto parágrafo da primeira coluna da pág. 297 deve ler-se: radiointerferência, outro tanto sucedendo com a quarta linha do sétimo parágrafo
- na segunda coluna da mesma página, a ante-penúltima e penúltima linhas devem ler-se: de condutor, e ϵ_s constante dielétrica do meio onde se encontra o condutor; esta é
- na terceira linha do quarto parágrafo da primeira coluna da pág. 298 a letra H deve ser substituída por h , outro tanto sucedendo com a mesma letra na expressão (6) que se lhe segue
- na expressão (7) das mesmas coluna e página a letra n deve ser substituída por p
- na expressão (9) a letra R deve ser substituída por $\mathcal{R}$; a expressão (10) deve ser substituída por

$$\mathcal{R} = \sqrt[p]{prR^{p-1}}$$

- a expressão (11) deve ser substituída por

$$E = \frac{U}{pr \log_e \frac{2h}{\mathcal{R}}} \left[1 + (p-1) \frac{r}{R} \right]$$

- na expressão (12) deve substituir o algarismo 9 pela letra q
- a expressão (13) deve ser substituída por:

$$C_{11} = 2\pi\epsilon_s \frac{\log_e \left(\frac{2h}{r} \frac{L}{\sqrt{L^2 + 4h^2}} \right)}{\log_e^2 \frac{2h}{r} - \log_e^2 \frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{L}}$$

- ainda na mesma página a expressão (14) deve ser lida:

$$C_{12} = 2\pi\epsilon_s \frac{\log_e \left(\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{r} \frac{L}{2h} \right)}{\log_e^2 \frac{2h}{r} - \log_e^2 \frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{L}}$$

- a expressão (16) deve ser substituída por

$$E = \frac{U}{pr \log_e \left(\frac{L}{\mathcal{R} \sqrt{1 + \frac{L^2}{4h^2}}} \right)} \left[1 + (p-1) \frac{r}{R} \right]$$

- na pág. 299, o primeiro parágrafo deve ser completado com: No entanto, na prática, pelo menos nas estações terminais, o cabo da guarda está ao potencial da terra pelo que este caso se reduz ao seguinte.
- ainda nesta mesma página a expressão (21) deve ser substituída por

$$C = 2\pi\epsilon_s \frac{\log_e \frac{2h_2}{r_2}}{\log_e \left(\frac{2h}{r} \right) \log_e \left(\frac{2h_2}{r_2} \right) - \log_e^2 \sqrt{\frac{d^2 + (h_2 + h)^2}{d^2 + (h_2 - h)^2}}}$$

- na pág. 300, 2.ª linha deve ler-se radiointerferência e não radiointerferências. No cabeçalho do quadro, 4.ª coluna, deve ler-se

$$D = \sqrt{h^2 + X^2}$$

- na pág. 301 no título 3.2 deve-se ler radiointerferência; outro tanto se deve fazer na 2.ª linha do 2.º, do 4.º e do 5.º parágrafos.
- na pág. 302 as expressões (23), (24) e (25) devem ser substituídas por

$$\Sigma_{(\max)} = \frac{10^{-13}}{4\pi D^2} \text{WHz}^{-1} \text{m}^{-2} \quad (23)$$

$$\Sigma_{(\text{méd})} = \frac{10^{-15}}{4\pi D^2} \text{WHz}^{-1} \text{m}^{-2} \quad (24)$$

$$\Sigma_{(\min)} = \frac{10^{-17}}{4\pi D^2} \text{WHz}^{-1} \text{m}^{-2} \quad (25)$$

a expressão (27) deve ler-se

$$Z_o = 120\pi(\Omega) \quad (27)$$

na 2.ª linha do último parágrafo da 1.ª coluna a palavra radiodifusões deve ser substituída por radiodifusão.

Na 2.ª coluna, e no primeiro parágrafo a primeira expressão deve ser substituída por

$$\Sigma = 10^{-15} \text{WHz}^{-1}$$

finalmente o 2.º parágrafo do apêndice deve ler-se

$$U = 553 \text{ kV}$$

$$p = 4$$

$$r = 1,59 \text{ cm}$$

$$r_2 = 0,88 \text{ cm}$$

$$h_1 = 27,65 \text{ cm}$$

$$f_1 = f_2 = 19,1 \text{ m}$$

$$h'_2 = 30,77 \text{ m}$$

$$d = 7,00 \text{ m}$$

$$S = 0,40 \text{ m}$$

usando as expressões (2), (3), (7), (10), (20), (21) e (22) permite obter

$$E_{RI} = 36 \text{ dB} (\pm 3 \text{ dB})$$