

1.1 MOTORES ELÉTRICOS

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Os tipos mais comuns de motores elétricos são:

a) Motores de corrente contínua

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.

b) Motores de corrente alternada

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:

- Motor síncrono: Funciona com velocidade fixa; utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.

- Motor de indução: Funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível controlarmos

a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

1.2.1 CONJUGADO

O conjugado (também chamado torque, momento ou binário) é a medida do esforço necessário para girar um eixo.

É sabido, pela experiência prática que, para levantar um peso por um processo semelhante ao usado em poços - ver figura 1.1 - a força F que é preciso aplicar à manivela depende do comprimento l da manivela. Quanto maior for a manivela, menor será a força necessária.

Se dobrarmos o tamanho l da manivela, a força F necessária será diminuída à metade.

No exemplo da figura 1.1, se o balde pesa 20N e o diâmetro do tambor é

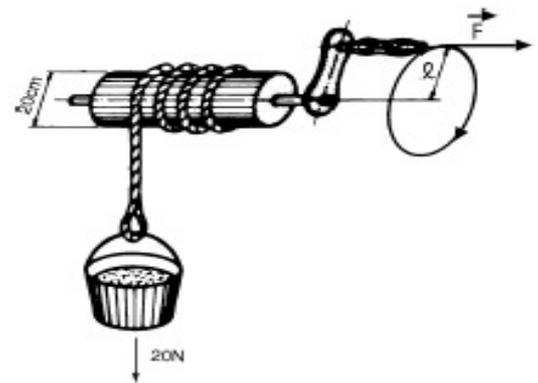
0,20m, a corda transmitirá uma força de 20N na superfície do tambor, isto é, a 0,10m do centro do eixo. Para contrabalançar esta força, precisam de 10N na manivela, se o comprimento l for de 0,20m. Se l for o dobro, isto é, 0,40m, a força F será a metade, ou seja 5N.

Como vemos, para medir o “esforço” necessário para girar o eixo não basta definir a força empregada: é preciso também dizer a que distância do eixo a força é aplicada. O “esforço” é medido pelo conjugado, que é o produto da força pela distância, $F \times l$.

No exemplo citado, o conjugado vale:

$$C = 20\text{N} \times 0,10\text{m} = 10\text{N} \times 0,20\text{m} = 5\text{N} \times 0,40\text{m} = 2,0\text{N.m.}$$

$$C = F \cdot l \text{ (N . m)}$$



1.2.3 Energia e potência elétrica

Embora a energia seja uma coisa só, ela pode se apresentar de formas diferentes. Se ligarmos uma resistência a uma rede elétrica com tensão, passará uma corrente elétrica que irá aquecer a resistência. A resistência absorve energia elétrica e a transforma em calor, que também é uma forma de energia. Um motor elétrico absorve energia elétrica da rede e a transforma em energia mecânica disponível na ponta do eixo.

CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA

a) Resistência

No caso de “resistências”, quanto maior a tensão da rede, maior será a corrente e mais depressa a resistência irá se aquecer. Isto quer dizer que a potência elétrica será maior. A potência elétrica absorvida da rede, no caso da resistência, é calculada multiplicando-se a tensão da rede pela corrente, se a resistência (carga), for monofásica.

$$P = U \times I \text{ (W)}$$

No sistema trifásico a potência em cada fase da carga será $P = U \times I$, como se fosse um sistema monofásico independente. A potência total será na soma das potências das três fases, ou seja:

$$P = 3P = 3 \times U \times I$$

Lembrando que o sistema trifásico é ligado em estrela ou triângulo, temos as seguintes relações:

$$\text{Ligação estrela: } U = \sqrt{3} U_f \text{ e } I = I_f$$

$$\text{Ligação triângulo: } U = U_f \text{ e } I = \sqrt{3} \cdot I_f$$

Assim, a potência total, para ambas as ligações, será:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \text{ (W)}$$

OBS.

Esta expressão vale para a carga formada por resistências, onde não há defasagem da corrente.

b) Cargas reativas

Para as “cargas reativas”, ou seja, onde existe defasagem, como é o caso dos motores de indução, esta defasagem tem que ser levada em conta e a expressão fica:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \text{ (W)}$$

Onde U e I são, respectivamente, tensão e corrente de linha e $\cos \varphi$ é o ângulo entre a tensão e a corrente de fase.

A unidade de medida usual para potência elétrica é o watt (W), correspondente a 1 volt x 1 ampère, ou seu múltiplo, o quilowatt = 1.000 watts. Esta unidade também é usada para medida de potência mecânica.

A unidade de medida usual para energia elétrica é o quilo-watt-hora (kWh) correspondente à energia fornecida por uma potência de 1kW funcionando durante uma hora - é a unidade que aparece, para cobrança, nas contas de luz.

1.2.4 POTÊNCIAS APARENTE, ATIVA E REATIVA

Potência aparente (S)

É o resultado da multiplicação da tensão pela corrente ($S = U \times I$ para sistemas monofásicos e $S = \sqrt{3} \times U \times I$, para sistemas trifásicos).

Corresponde à potência que existiria se não houvesse defasagem da corrente, ou seja, se a carga fosse formada por resistências. Então.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \text{ (VA)}$$

Evidentemente, para as cargas resistivas, $\cos \varphi = 1$ e a potência ativa se confunde com a potência aparente.

A unidade de medidas para potência aparente é o volt-ampère (VA) ou seu múltiplo, o quilo-volt-ampère (kVA).

Potência ativa (P)

É a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia.

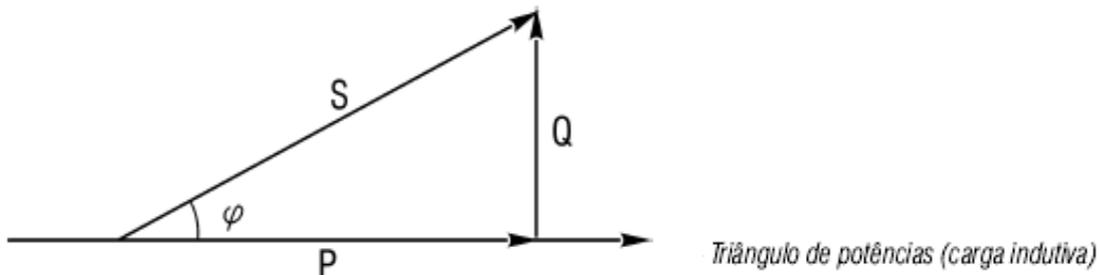
$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \text{ (W)} \quad \text{ou} \quad P = S \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

Potência reativa (Q)

É a parcela da potência aparente que “não” realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito.

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ (V Ar)} \quad \text{ou} \quad Q = S \cdot \sin \varphi \text{ (V Ar)}$$

Triângulo de potências



1.2.5 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência, indicado por $\cos \varphi$ onde φ é o ângulo de defasagem da tensão em relação à corrente, é a relação entre a potência real (ativa) P e a potência aparente S.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P \text{ (kW)} \times 1000}{\sqrt{3} \times U \cdot I}$$

Assim,

- Carga Resistiva: $\cos \varphi = 1$
- Carga Indutiva: $\cos \varphi$ atrasado
- Carga Capacitiva: $\cos \varphi$ adiantado.

Os termos, atrasado e adiantado, referem-se à fase da corrente em relação à fase da tensão.

Um motor não consome apenas potência ativa que é depois convertida em trabalho mecânico, mas também potência reativa, necessária para magnetização, mas que não produz trabalho.

No diagrama da figura 1.3, o vetor P representa a potência ativa e o Q a potência reativa, que somadas resultam na potência aparente S. A relação entre potência ativa, medida em kW e a potência aparente medida em kVA, chama-se fator de potência.

Importância do fator de potência

Visando otimizar o aproveitamento do sistema elétrico brasileiro, reduzindo o trânsito de energia reativa nas linhas de transmissão, subtransmissão e distribuição, a portaria do DNAEE número 85, de 25 de março de 1992, determina que o fator de potência de referência das cargas passasse dos então atuais 0,85 para 0,92. A mudança do fator de potência dá maior disponibilidade de potência ativa no sistema, já que a energia reativa limita a capacidade de transporte de energia útil.

O motor elétrico é uma peça fundamental, pois dentro das indústrias, representa mais de 60% do consumo de energia. Logo, é imprescindível a utilização de motores com potência e características bem adequadas à sua função. O fator de potência varia com a carga do motor. Os catálogos WEG indicam os valores típicos desta variação.

Correção do fator de potência

O aumento do fator de potência é realizado, com a ligação de uma carga capacitiva, em geral, um capacitor ou motor síncrono super excitado, em paralelo com a carga.

Por exemplo:

Um motor elétrico, trifásico de 100cv (75kW), operando com 100% da potência nominal, com fator de potência original de 0,90. O fator de potência desejado é de 0,95.

1.2.6 RENDIMENTO

O motor elétrico absorve energia elétrica da linha e a transforma em energia mecânica disponível no eixo. O rendimento define a eficiência com que é feita esta transformação.

Chamando “Potência útil” P_u a potência mecânica disponível no eixo e “Potência absorvida”

P_a a potência elétrica que o motor retira da rede, o rendimento será a relação entre as duas, ou seja:

$$\eta = \frac{P_u \text{ (W)}}{P_a \text{ (W)}} = \frac{736 \times P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \times P \text{ (kW)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}$$

ou

$$\eta \% = \frac{736 \times P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \times 100$$

1.5.2 VELOCIDADE SÍNCRONA (n_s)

A velocidade síncrona do motor é definida pela velocidade de rotação do campo girante, a qual depende do número de pólos (2p) do motor e da frequência (f) da rede, em hertz.

Os enrolamentos podem ser construídos com um ou mais pares de pólos, que se distribuem alternadamente (um “norte” e um “sul”) ao longo da periferia do núcleo magnético. O campo girante percorre um par de pólos (p) a cada ciclo. Assim, como o enrolamento tem pólos ou “p” pares de pólos, a velocidade do campo será: (formula a seguir)

$$n_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{120 \times f}{2 p} \quad (\text{rpm})$$

Exemplos:

a) Qual a rotação síncrona de um motor de 6 pólos, 50Hz?

$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

b) Motor de 12 pólos, 60Hz?

$$n_s = \frac{120 \times 60}{12} = 600 \text{ rpm}$$

Velocidades síncronas

Nº de pólos	Rotação síncrona por minuto	
	60 Hertz	50 Hertz
2	3.600	3.000
4	1.800	1.500
6	1.200	1.000
8	900	750
10	720	600

5.3 REGIME DE SERVIÇO

É o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. Os motores normais são projetados para regime contínuo, (a carga é constante), por tempo indefinido, e igual a potência nominal do motor. A indicação do regime do motor deve ser feita pelo comprador, da forma mais exata possível.

Nos casos em que a carga não varia ou nos quais varia de forma previsível, o regime poderá ser indicado numericamente ou por meio de gráficos que representam a variação em função do tempo das grandezas variáveis. Quando a seqüência real dos valores no tempo for indeterminada, deverá ser indicada uma seqüência fictícia não menos severa que a real.

a) Regime contínuo (S1)

Funcionamento a carga constante de duração suficiente para que se alcance o equilíbrio térmico

b) Regime de tempo limitado (S2)

Funcionamento a carga constante, durante um certo tempo, inferior ao necessário para atingir o equilíbrio térmico, seguido de um período de repouso de duração suficiente para restabelecer a igualdade de temperatura com o meio refrigerante.

c) Regime intermitente periódico (S3)

Seqüência de ciclos idênticos, cada qual incluindo um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se atinja o equilíbrio térmico durante um ciclo de regime e no qual a corrente de partida não afete de modo significativo a elevação de temperatura.

d) Regime intermitente periódico com partidas (S4)

Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos, para que se atinja o equilíbrio térmico

e) Regime intermitente periódico com frenagem elétrica (S5)

Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se atinja o equilíbrio térmico.

f) Regime de funcionamento contínuo com carga intermitente (S6)

Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e de um período de funcionamento em vazio, não existindo período de repouso.

g) Regime de funcionamento contínuo com frenagem elétrica (S7)

Seqüência de ciclos de regimes idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, de um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem

elétrica, não existindo o período de repouso.

h) Regime de funcionamento contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação (S8).

Seqüência de ciclos de regimes idênticos, cada ciclo consistindo de um período de partida e um período de funcionamento a carga constante, correspondendo a uma velocidade de rotação pré-determinada, seguidos de um ou mais períodos de funcionamento a outras cargas constantes, correspondentes a diferentes velocidades de rotação. Não existe período de repouso

i) Regime com variações não periódicas de carga e de velocidade (S9)

Regime no qual geralmente a carga e a velocidade variam não periodicamente, dentro da faixa de funcionamento admissível, incluindo freqüentemente sobrecargas aplicadas que podem ser muito superiores às plenas cargas.

j) Regime com cargas constantes distintas (S10)

Regime com cargas constantes distintas, incluindo no máximo, quatro valores distintos de carga (ou cargas equivalentes), cada valor sendo mantido por tempo suficiente para que o equilíbrio térmico seja atingido. A carga mínima durante um ciclo de regime pode ter o valor zero (funcionando em vazio ou repouso).

6.5.1 CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

A norma NBR-6146 define os graus de proteção dos equipamentos elétricos por meio das letras características IP, seguidas por dois algarismos.

1º ALGARISMO: Indica o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contato acidental

1º ALGARISMO

ALGARISMO	INDICAÇÃO
0	Sem proteção
1	Corpos estranhos de dimensões acima de 50mm
2	Corpos estranhos de dimensões acima de 12mm
3	Corpos estranhos de dimensões acima de 2,5mm
4	Corpos estranhos de dimensões acima de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor
6	Totalmente protegido contra a poeira

2º ALGARISMO: Indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do motor

2º ALGARISMO

ALGARISMO	INDICAÇÃO
0	Sem proteção
1	Pingos de água na vertical
2	Pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical
3	Água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical
4	Respingos de todas as direções
5	Jatos d'água de todas as direções
6	Água de vagalhões
7	Imersão temporária
8	Imersão permanente

MOTOR	CLASSES DE PROTEÇÃO	1º ALGARISMO		2º ALGARISMO
		PROTEÇÃO CONTRA CONTATO	PROTEÇÃO CONTRA CORPOS ESTRANHOS	PROTEÇÃO CONTRA ÁGUA
MOTORES ABERTOS	IP00	não tem	não tem	não tem
	IP02	não tem	não tem	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP11	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50mm	pingos de água na vertical
	IP12	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50mm	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP13	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50mm	água de chuva até uma inclinação de 60° com a vertical
	IP21	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12mm	pingos de água na vertical
	IP22	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12mm	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP23	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12mm	água de chuva até uma inclinação de 60° com a vertical

MOTOR	CLASSES DE PROTEÇÃO	1º ALGARISMO		2º ALGARISMO
		PROTEÇÃO CONTRA CONTATO	PROTEÇÃO CONTRA CORPOS ESTRANHOS	PROTEÇÃO CONTRA ÁGUA
Motores fechados	IP44	toque com ferramentas	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 1mm	respingos de todas as direções
	IP54	proteção completa contra toques	proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	respingos de todas as direções
	IP55	proteção completa contra toques	proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	jatos de água em todas as direções
	IP(W)55	proteção completa contra toques	proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	chuva maresia

3.1.2 CATEGORIAS - VALORES MÍNIMOS NORMALIZADOS

Conforme as suas características de conjugado em relação à velocidade e corrente de partida, os motores de indução trifásicos com rotor de gaiola, são classificados em categorias, cada uma adequada a um tipo de carga.

Estas categorias são definidas em norma (NBR 7094), e são as seguintes:

Categoria N

Conjugado de partida normal, corrente de partida normal; baixo escorregamento. Constituem a maioria dos motores encontrados no mercado e prestam-se ao acionamento de cargas normais, como bombas, máquinas operatrizes, ventiladores.

Categoria H

Conjugado de partida alto, corrente de partida normal; baixo escorregamento.

Usados para cargas que exigem maior conjugado na partida, como peneiras, transportadores carregadores, cargas de alta inércia, britadores, etc.

Categoria D

Conjugado de partida alto, corrente de partida normal; alto escorregamento (+ de 5%). Usados em prensas excêntricas e máquinas semelhantes, onde a carga apresenta picos periódicos. Usados também em elevadores e cargas que necessitam de conjugados de partidas muito altos e corrente de partida limitada.

Categoria NY

Esta categoria inclui os motores semelhantes aos de categoria N, porém, previstos para partida estrela-triângulo. Para estes motores na ligação estrela, os valores mínimos do conjugado com rotor bloqueado e do conjugado mínimo de partida são iguais a 25% dos valores indicados para os motores categoria N.

Categoria HY

Esta categoria inclui os motores semelhantes aos de categoria H, porém, previstos para partida estrela-triângulo. Para estes motores na ligação estrela, os valores mínimos do conjugado com rotor bloqueado e do conjugado mínimo de partida são iguais a 25% dos valores indicados para os motores de categoria H.

5.1.3 CLASSES DE ISOLAMENTO

Definição das classes

Como foi visto anteriormente, o limite de temperatura depende do tipo de material empregado. Para fins de normalização, os materiais isolantes e os sistemas de isolamento (cada um formado pela combinação de vários materiais) são agrupados em CLASSES DE ISOLAMENTO, cada qual definida pelo respectivo limite de temperatura, ou seja, pela maior temperatura que o material pode suportar continuamente sem que seja afetada sua vida útil.

As classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme NBR-7034, são as seguintes:

Classe A (105 °C)

Classe E (120 °C)

Classe B (130 °C)

Classe F (155 °C)

Classe H (180 °C)

As classes B e F são as comumente utilizadas em motores normais.

5.2 PROTEÇÃO TÉRMICA DE MOTORES ELÉTRICOS

Os motores utilizados em regime contínuo devem ser protegidos contra sobrecargas por um dispositivo integrante do motor, ou um dispositivo de proteção independente, geralmente com relé térmico com corrente nominal ou de ajuste, igual ou inferior ao valor obtido multiplicando-se a corrente nominal de alimentação a plena carga por:

- 1.25: para motores com fator de serviço igual ou superior a 1.15;

- 1.15: para motores com fator de serviço igual a 1.0 (NBR 5410)

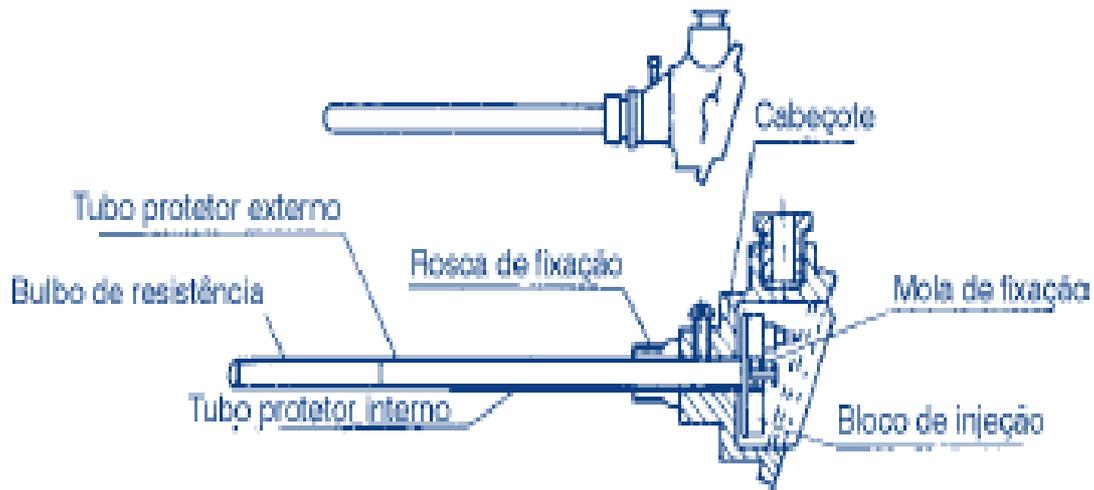
A proteção térmica é efetuada por meio de termoresistências (resistência calibrada), termistores, termostatos ou protetores térmicos. Os tipos de detetores a serem utilizados são determinados em função da classe de temperatura do isolamento empregado, de cada tipo de máquina e da exigência do cliente.

5.2.1 Termorresistores (PT-100)

São elementos onde sua operação é baseada na característica de variação da resistência com a temperatura, intrínseca a alguns materiais (geralmente platina, níquel ou cobre). Possuem resistência calibrada, que varia linearmente com a temperatura, possibilitando um acompanhamento contínuo do processo de aquecimento do motor pelo display do controlador, com alto grau de precisão e sensibilidade de resposta. Sua aplicação é ampla nos diversos setores de técnicas de medição e automatização de temperatura nas indústrias em geral. Geralmente, aplica-se em instalações de grande responsabilidade como, por exemplo, em regime intermitente muito irregular.

Um mesmo detector pode servir para alarme e para desligamento.

Desvantagem: os elementos sensores e os circuitos de controle, possuem um alto custo.



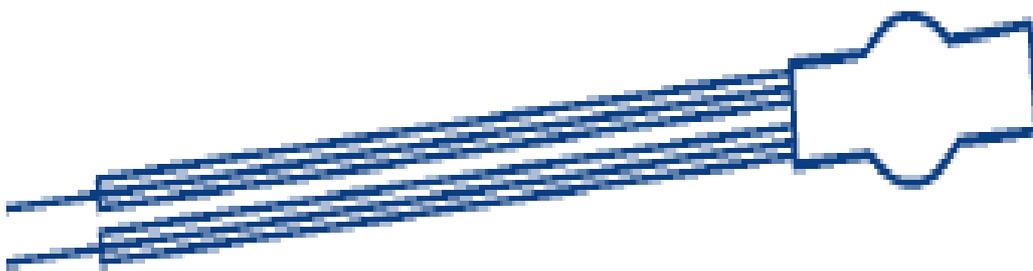
5.2.2 Termistores (PTC e NTC)

São detectores térmicos compostos de sensores semicondutores que variam sua resistência bruscamente ao atingirem uma determinada temperatura.

PTC - coeficiente de temperatura positivo

NTC - coeficiente de temperatura negativo

O tipo "PTC" é um termistor cuja resistência aumenta bruscamente para um valor bem definido de temperatura, especificado para cada tipo. Essa variação brusca na resistência interrompe a corrente no PTC, acionando um relé de saída, o qual desliga o circuito principal. Também pode ser utilizado para sistemas de alarme ou alarme e desligamento (2 por fase). Para o termistor "NTC" acontece o contrário do PTC, porém, sua aplicação não é normal em motores elétricos, pois os circuitos eletrônicos de controle disponíveis, geralmente são para o PTC. Os termistores possuem tamanho reduzido, não sofrem desgastes mecânicos e têm uma resposta mais rápida em relação aos outros detectores, embora não permitam um acompanhamento contínuo do processo de aquecimento do motor. Os termistores com seus respectivos circuitos eletrônicos de controle oferecem proteção completa contra sobreaquecimento produzido por falta de fase, sobrecarga, sub ou sobretensões ou freqüentes operações de reversão ou liga-desliga. Possuem um baixo custo, relativamente ao do tipo Pt-100, porém, necessitam de relé para comando da atuação do alarme ou operação

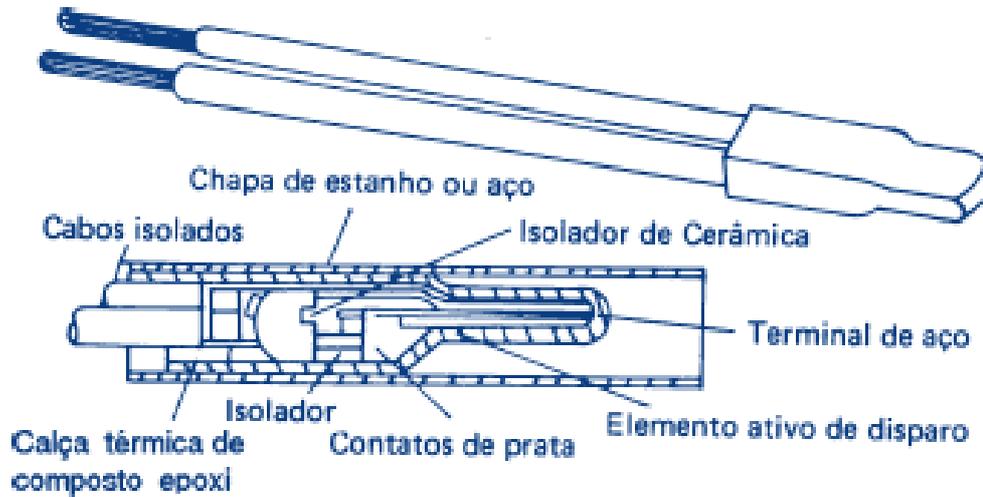


5.2.3 Termostatos

São detectores térmicos do tipo bimetálico com contatos de prata normalmente fechados, que se abrem quando ocorre determinada elevação de temperatura.

Quando a temperatura de atuação do bimetálico baixar, este volta a sua forma original instantaneamente, permitindo o fechamento dos contatos novamente. Os termostatos podem ser destinados para sistemas de alarme, desligamento ou ambos (alarme e desligamento) de motores elétricos trifásicos, quando solicitado pelo cliente. São ligados em série com a bobina do contator. Dependendo do grau de segurança e da especificação do cliente, podem ser utilizados três termostatos (um por fase) ou seis termostatos (grupos de dois por fase).

Para operar em alarme e desligamento (dois termostatos por fase), os termostatos de alarme devem ser apropriados para atuação na elevação de temperatura prevista do motor, enquanto que os termostatos de desligamento deverão atuar na temperatura máxima do material isolante.



Os termostatos também são utilizados em aplicações especiais de motores monofásicos. Nestas aplicações, o termostato pode ser ligado em série com a alimentação do motor, desde que a corrente do motor não ultrapasse a máxima corrente admissível do termostato. Caso isto ocorra, liga-se o termostato em série com a bobina do contator. Os termostatos são instalados nas cabeças de bobinas de fases diferentes.

5.2.4 Protetores térmicos

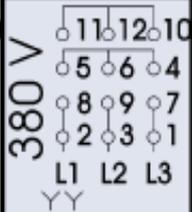
São do tipo bimetálico com contatos normalmente fechados. Utilizados, principalmente, para proteção contra sobreaquecimento em motores de indução monofásicos, provocado por sobrecargas, travamento do rotor, quedas de tensão, etc. São aplicados quando especificados pelo cliente. O protetor térmico consiste basicamente em um disco bimetálico que possui dois contatos móveis, uma resistência e um par de contatos fixos.

O protetor é ligado em série com a alimentação e, devido à dissipação térmica causada pela passagem da corrente através da resistência interna deste, ocorre uma deformação do disco, tal que, os contatos se abrem e a alimentação do motor é interrompida. Após ser atingida uma temperatura inferior à especificada, o protetor deve religar. Em função de religamento, pode haver dois tipos de protetores:

- a) Protetor com religamento automático, onde o rearme é realizado automaticamente.
- b) Protetor com religamento manual, onde o rearme é realizado através de um dispositivo manual.

O protetor térmico também tem aplicação em motores trifásicos, porém, apenas em motores com ligação Y.

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DOS MOTORES.

		ALTO <i>Plus</i>		RENDIMENTO	NBR7094
~ 3	90L	03/99	FB90702		
MOTOR INDUCAO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz	60	CAT N	
KW(HP-cv)		2.2(3.0)		RPM min ⁻¹ 1730	
FS SF	1.15	ISOL INSL	B Δt K	Ip/In	6.7 IP55
220/380/440		V	8.40/4.86/4.20 A		
REG DUTY	S 1		MAX AMB	ALT m	
					
		Y - ONLY START /		SOMENTE PARTIDA	
		6205-ZZ A BASE DE LITIO		Kg	
		6204-ZZ			
03330			PNCEE		
			REND.% = 85.5%		
				COS φ 0.81	

~ 3 : se refere um motor trifásico de corrente alternada.

90L : o numero 90 se refere a carcaça do motor, e é a distância em milímetros medida entre o meio do furo do centro do eixo e a base do motor.

03/99 : esta relacionado o mês e o ano de fabricação.

FB90702 : numero de série do motor.

60Hz : frequência de rede de alimentação para qual o motor foi projetado.

CAT. N : categoria do motor, ou seja, características de conjugado em relação a velocidade.

KW (HP-cv) : indica o valor de potencia do motor.

RPM : rotação nominal do eixo do motor a plena carga.

FS : indica em porcentagem um fator que, aplicado a potencia nominal do motor, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições específicas, ou seja, uma reserva de potencia que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento em condições desfavoráveis.

ISOL. : indica o tipo de isolante que foi usado no motor, ou seja, a temperatura máxima que o bobinado do motor suporta.

Ip/In : é a relação entre a corrente nominal e a corrente de partida, o numero impreciso na frente das letras indica quantas vezes a corrente de partida é maior que a nominal.

IP : indica grau de proteção conforme norma NBR-6146, contra corpos estranhos sólidos e entrada de líquidos.

V (220/380) : indica a tensão de trabalho do motor, ou seja, a tensão da rede de alimentação do motor, neste caso o motor pode trabalhar em duas tensões.

A (8,40/4.86) : indica a corrente nominal do motor para cada tensão de trabalho.

REG. (S1) : se refere ao regime de serviço que o motor será submetido. Para este caso a carga deverá ser constante e o funcionamento contínuo.

Max. Amb. : é o valor Maximo de temperatura ambiente para o qual o motor foi projetado, quando este valor não esta impresso na placa de identificação devemos entender que o valor é 40 °C.

ALT. : indica o valor Maximo de altitude que o motor foi projetado.

REND.% : indica a parcela de energia elétrica que é transformada e energia mecânica.

COS ϕ : indica o valor do fator de potência do motor.

Obs. O fator de serviço (F.S) serve também para delimitar a regulagem do relé de sobrecarga do motor, se o fator for 1.15, podemos considerar que o motor suportará uma corrente de 15% maior que a nominal.

FALHAS EM MOTORES ELÉTRICOS

DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
MOTOR NÃO CONSEGUE PARTIR	<ul style="list-style-type: none"> - Graxa em demasia - Excessivo esforço axial ou radial da correia - Eixo torto - Conexão errada - Numeração dos cabos trocada - Carga excessiva - Platinado aberto - Capacitor danificado - Bobina auxiliar interrompida
BAIXO TORQUE DE PARTIDA	<ul style="list-style-type: none"> - Ligação interna errada - Rotor falhado ou descentralizado - Tensão abaixo do normal - Frequência abaixo ou acima da nominal - Capacitância abaixo da especificada - Capacitores ligados em série ao invés de paralelo
CONJUGADO MÁXIMO BAIXO	<ul style="list-style-type: none"> - Rotor falhado ou descentralizado - Rotor com inclinação de barras acima do especificado - Tensão abaixo da nominal - Capacitor permanentemente abaixo do especificado
CORRENTE ALTA A VAZIO	<ul style="list-style-type: none"> - Entreferro acima do especificado - Tensão acima do especificado - Frequência abaixo do especificado - Ligação interna errada - Rotor descentralizado ou arrastando - Rolamentos com defeito - Tampas com muita pressão ou mal encaixadas - Chapas magnéticas sem tratamento - Capacitor permanente fora do especificado - Platinado/centrífugo não abrem
CORRENTE ALTA EM CARGA	<ul style="list-style-type: none"> - Tensão fora da nominal - Sobrecarga - Frequência fora da nominal - Correias muito esticadas - Rotor arrastando no estator
RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO BAIXA	<ul style="list-style-type: none"> - Isolantes de ranhura danificados - Cabinhos cortados - Cabeça de bobina encostando na carcaça - Presença de umidade ou agentes químicos - Presença de pó sobre o bobinado
AQUECIMENTO DOS MANCAIS	<ul style="list-style-type: none"> - Excessivo esforço axial ou radial da correia - Eixo torto - Tampas frouxas ou descentralizadas - Falta ou excesso de graxa - Matéria estranha na graxa

DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilação obstruída. - Ventilador menor - Tensão ou frequência fora do especificado - Rotor arrastando ou falhado - Estator sem impregnação - Sobrecarga - Rolamento com defeito - Partidas consecutivas - Entreferro abaixo do especificado - Capacitor permanente inadequado - Ligações erradas
ALTO NÍVEL DE RUÍDO	<ul style="list-style-type: none"> - Desbalanceamento - Eixo torto - Alinhamento incorreto - Rotor fora de centro - Ligações erradas - Corpos estranhos no entreferro - Objetos presos entre o ventilador e a tampa defletora - Rolamentos gastos - Combinação de ranhuras inadequadas - Aerodinâmica inadequada
VIBRAÇÃO EXCESSIVA	<ul style="list-style-type: none"> - Rotor fora de centro, falhado, arrastando ou desbalanceado - Desbalanceamento na tensão da rede - Rolamentos desalinhados, gastos ou sem graxa - Ligações erradas - Mancais com folga - Eixo torto - Folga nas chapas do estator - Uso de grupos fracionários em bobinagem de motor monofásico de capacitor permanente

Qualidade e quantidade de graxa

É importante que seja feita uma lubrificação correta, isto é, aplicar a graxa correta e em quantidade adequada, pois uma lubrificação deficiente tanto quanto uma lubrificação excessiva, trazem efeitos prejudiciais. A lubrificação em excesso acarreta elevação de temperatura, devido a grande resistência que oferece ao movimento das partes rotativas e acaba por perder completamente suas características de lubrificação.

Isto pode provocar vazamento, penetrando a graxa no interior do motor e depositando-se sobre as bobinas ou outras partes do motor. Graxas de base diferente nunca deverão ser misturadas.

Instruções para lubrificação

Injeta-se aproximadamente metade da quantidade total estimada da graxa e coloca-se o motor a girar durante aproximadamente 1 minuto a plena rotação, em seguida desliga-se o motor e coloca-se o restante da graxa.

A injeção de toda a graxa com o motor parado pode levar a penetração de parte do lubrificante no interior do motor.

É importante manter as graxeiras limpas antes da introdução da graxa a fim de evitar a entrada de materiais estranhos no rolamento.

Para lubrificação use exclusivamente pistola engraxadeira manual.

MOTOR TRIFÁSICO IP55

Aplicações

O Motor Trifásico IP55 pode ser aplicado em bombas, ventiladores, exaustores, britadores, moinhos, talhas, compressores e outras aplicações que requeiram motores assíncronos de indução trifásicos. Pode ser utilizado, ainda, com inversores em tensões menores que 460V.



Características

- _ Grau de proteção: IP55
- _ Vedação dos mancais: V'Ring
- _ Carcaças: ferro fundido
- _ Dreno automático
- _ Potências: 0,16 a 450cv (carcaças 63 a 355M/L)
- _ Isolamento: classe "B" (carcaças 63 a 200L)
classe "F" (carcaças 225S/M a 355M/L)
- _ Fator de serviço: 1,15 (carcaças 63 a 200L)
1,00 (carcaças 225S/M a 355M/L)
- _ Rolamentos de esferas (com graxa a partir da carcaça 225S/M)
- _ Rolamento dianteiro de rolos: carcaças 355M/L - 4,6 e 8 pólos
- _ Categoria: N

- _ Tensões: 220/380V; 380/660V (carcaças 63 a 200L)
220/380/440V (carcaças 225S/M a 355 M/L)
- _ Cor: Azul RAL 5007

Opcionais

- _ Frequência 50Hz
- _ Grau de proteção: IPW55, IP56 e IP65
- _ Isolamento: classe F (carcaças 63 a 200L)
classe H (carcaças 63 a 355M/L)
- _ Categoria H
- _ Outras tensões
- _ Resistência de aquecimento
- _ Graxeira nas carcaças 160M a 200L
- _ Prensa-cabos
- _ 2ª ponta de eixo
- _ Anel de Nilos (carcaça 80)
- _ Placa de bornes / duplo aterramento
- _ Labirinto taconite (carcaças 90 a 355M/L)
- _ Rolamentos de rolos na tampa dianteira a partir da carcaça 160M (4, 6 e 8 pólos)
- _ Termostatos, PT 100, termistores nos enrolamentos
- _ Eixo em aço inox
- _ Ventilador de alumínio
- _ Retentor
- _ PT 100 nos mancais
- _ Outros opcionais sob consulta

MOTOR TRIFÁSICO ALTO RENDIMENTO PLUS

Aplicações

O Motor Trifásico Alto Rendimento Plus pode ser aplicado em bombas, ventiladores, exaustores, britadores, moinhos, talhas, compressores e outras aplicações que queiram motores assíncronos de indução trifásicos com o máximo de rendimento e consumo reduzido.



Características

- _ Grau de proteção: IP55
- _ Vedação nos mancais: V'Ring
- _ Carcaças: ferro fundido
- _ Dreno automático
- _ Potências: 1 a 500cv (carcaças 63 a 355M/L)
- _ Isolamento: classe "B" (carcaças 63 a 200L); classe "F" (carcaças 225S/M a 355M/L)
- _ Fator de serviço: 1.15
- _ Rolamento de esferas (com graxeira a partir da carcaça 250S/M)
- _ Rolamento dianteiro de rolos: carcaças 355M/L - 4,6 e 8 pólos
- _ Categoria: N
- _ Tensões: 220/380V, 380/660V (carcaças 63 a 200L)

220/380/440V (carcaças 225S/M a 355M/L)

- _ Cor: Verde Rall 6002

Opcionais

- _ Freqüência: 50Hz
- _ Grau de proteção: IPW55, IP56 e IP65
- _ Isolamento: classe F (carcaças 63 a 200L) classe H (carcaças 63 a 355M/L)
- _ Outras tensões
- _ Resistência de aquecimento
- _ Graxeira nas carcaça 160M a 200L
- _ Prensa-cabos
- _ 2ª ponta de eixo
- _ Anel de Nilos (carcaças 90 a 112M)
- _ Placa de bornes
- _ Labirinto taconite (carcaças 132S a 355M/L)
- _ Rolamentos de rolos na tampa dianteira a partir da carcaça 160M (4, 6 e 8 pólos)
- _ Termostatos, PT 100, termistores nos enrolamentos
- _ Eixo em aço inox
- _ Retentor
- _ PT 100 nos mancais
- _ Outros opcionais sob consulta

MINI-MOTOR PARA MOVIMENTAÇÃO DE AR



Aplicações

O motor de indução monofásico, “pólos sombreados”, foi projetado para ser usado em coifas, exaustores, mostradores frigoríficos, secadores de cabelo profissional, unidades de refrigeração, condensadores, máquinas de post-mix, desumificadores e outros.

MOTOR PARA CONDICIONADORES DE AR



Aplicações

O motor de indução monofásico, de capacitor permanente (PSC), foi projetado para o uso em condicionadores de ar, condensadores e ventiladores.

MOTORES MONOFÁSICOS



Aplicações

Compressores, bombas, ventiladores, trituradores e máquinas em geral, que requeiram regime contínuo.

FATOR DE POTÊNCIA

2.1 - Conceitos Básicos

A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

- **Potência ativa:** Potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc.. É medida em kW. A fig. 1 mostra uma ilustração disto.

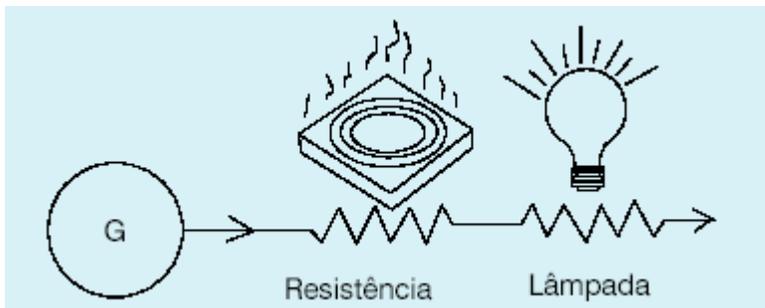


figura 1

- **Potência reativa:** Potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em kvar. A fig. 2 ilustra esta definição.

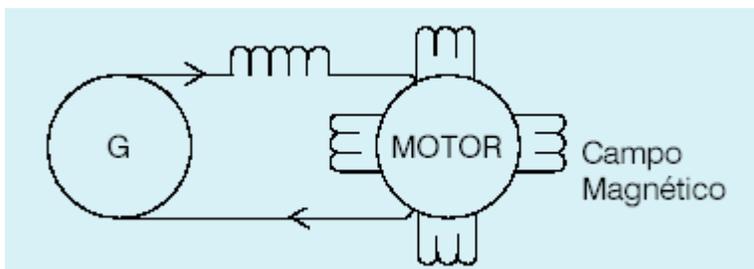


figura 2

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

Definição: o fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kvar e kVA, conforme a Fig. 3.

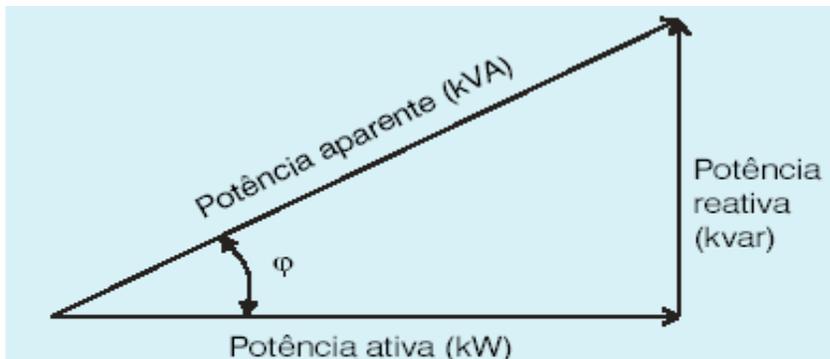


Fig. 3 - Triângulo retângulo de potência.

$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos \varphi = \cos \left(\text{arc tg } \frac{kvar}{kW} \right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

Conseqüências e Causas de um Baixo Fator de Potência

Perdas na Instalação

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ($I^2.R$).

Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

Quedas de Tensão

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede.

Esse risco é sobre tudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

Subutilização da Capacidade Instalada

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O "espaço" ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos crescem com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida que o fator de potência diminui. A Tabela 2 ilustra a variação da seção de um condutor em função do fator de potência. Nota-se que a seção necessária, supondo-se um fator de potência 0,70 é o dobro da seção para o fator de potência 1,00.

Tabela 1 - Variação da potência do trafo em função do fator de potência

Potência útil absorvida - kW	Fator de Potência	Potência do trafo - kVA
800	0,50	1.600
	0,80	1.000
	1,00	800

Tabela 2 - Variação da seção do cabo em função do fator de potência

Seção relativa	Fator de potência
1,00 •	1,00
2,04 ○	0,70

A correção do fator de potência por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

Principais Conseqüências

- Acréscimo na conta de energia elétrica por estar operando com baixo fator de potência;
- Limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- Quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- Sobrecarga nos equipamentos de manobra, limitando sua vida útil;
- Aumento das perdas elétricas na linha de distribuição pelo efeito Joule;
- Necessidade de aumento do diâmetro dos condutores;
- Necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e de proteção.

Causas do Baixo fator de Potência

- Motores de indução trabalhando a vazio;
- Motores superdimensionados para sua necessidade de trabalho;
- Transformadores trabalhando a vazio ou com pouca carga;
- Reatores de baixo fator de potência no sistema de iluminação;
- Fornos de indução ou a arco;
- Máquinas de tratamento térmico;
- Máquinas de solda;
- Nível de tensão acima do valor nominal provocando um aumento do consumo de energia reativa.

Onde Corrigir o Baixo Fator de Potência?

Uma forma econômica e racional de se obter a energia reativa necessária para a operação adequada dos equipamentos é a instalação de capacitores próximos desses equipamentos. A instalação de capacitores porém, deve ser precedida de medidas operacionais que levem à diminuição da necessidade de energia reativa, como o desligamento de motores e outras cargas indutivas ociosas ou superdimensionadas.

Vantagens da Concessionária

- O bloco de potência reativa deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição;
- Evita as perdas pelo efeito Joule;
- Aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição para conduzir o bloco de potência ativa;
- Aumenta a capacidade de geração com intuito de atender mais consumidores;
- Diminui os custos de geração.

Vantagens da Empresa

- Redução significativa do custo de energia elétrica;
- Aumento da eficiência energética da empresa;
- Melhoria da tensão;
- Aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- Aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- Redução do efeito Joule;
- Redução da corrente reativa na rede elétrica.

Definições

Potência: Capacidade de produzir trabalho na unidade de tempo;

Energia: Utilização da potência num intervalo de tempo;
Potência Ativa (kW): É a que realmente produz trabalho útil;
Energia Ativa (kWh): Uso da potência ativa num intervalo de tempo;
Potência Reativa (kvar): É a usada para criar o campo eletromagnético das cargas indutivas;
Energia Reativa (kvarh): Uso da potência reativa num intervalo de tempo;
Potência Aparente (kVA): Soma vetorial das potências ativa e reativa, ou seja, é a potência total absorvida pela instalação.
Fator de Potência ($\cos \phi$): é a razão entre Potência Ativa e Potência Aparente.

ORIGEM DAS HARMÔNICAS

As harmônicas têm sua principal origem na instalação de cargas não-lineares cuja forma de onda da corrente não acompanha a forma de onda senoidal da tensão de alimentação. Nos transformadores de força, são consequência da relação não linear entre o fluxo de magnetização e a corrente de excitação correspondente.

Classificação das Harmônicas

Atualmente as cargas não lineares são classificadas em três categorias de acordo com a natureza da deformação:

a) CATEGORIA 1 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos com característica operativa de arcos voltaicos, tais como: fornos a arco, máquinas de solda, lâmpada de descarga e outros. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do arco voltaico.

b) CATEGORIA 2 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos de núcleo magnético saturado, tais como: reatores e transformadores de núcleo saturados. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade do circuito magnético.

c) CATEGORIA 3 – Nesta categoria encontram-se os equipamentos eletrônicos, tais como: inversores, retificadores, UPS, televisores, microondas, computadores e outros. A natureza da deformação da corrente é oriunda da não linearidade dos componentes eletrônicos.

Cargas não Lineares

São cargas que distorcem a forma de onda de corrente e/ou tensão, tais como:

- Conversores / inversores de frequência;
- Acionamentos de corrente contínua;
- Retificadores;
- Fornos a arco e indução;
- Transformadores com o núcleo saturado;
- No-Breaks (UPS);
- Controladores tiristorizados;
- Fontes chaveadas;
- Máquinas de solda elétrica;
- Lâmpadas Fluorescentes;
- Microcomputadores (Centro de processamento de dados), etc.

Problemas Causados Pelas Harmônicas

Altos níveis de distorção harmônica numa instalação elétrica podem causar problemas para as redes de distribuição das concessionárias e para a própria instalação, assim como para os equipamentos ali instalados.

O aumento de tensão na rede causado pela distorção harmônica acelera a fadiga dos motores e as isolações de fios e cabos, o que pode ocasionar queimas, falhas e desligamentos. Adicionalmente, as harmônicas aumentam a corrente RMS (devido a ressonância série), causando elevação nas temperaturas de operação de diversos equipamentos e diminuição de sua vida útil.

Essas ondas de frequência superior à fundamental, causam vários danos ao sistema, entre os quais podemos destacar :

- Aumento das perdas nos estatores e rotores de máquinas rotativas, causando superaquecimento danoso às máquinas;
- O fluxo de harmônicas nos elementos de ligação de uma rede leva a perdas adicionais causadas pelo aumento do valor RMS da corrente, além do surgimento de quedas de tensão harmônicas nas várias impedâncias do circuito. No caso dos cabos há um aumento de fadiga dielétrica, diminuindo sua vida útil e aumentando os custos de manutenção. O aumento das perdas e o desgaste precoce das isolações também podem afetar os transformadores do sistema elétrico;
- Distorção das características de atuação de relés de proteção;
- Aumento do erro em instrumentos de medição de energia, que estão calibrados para medir ondas senoidais puras;
- Interferência em equipamentos de comunicação, aquecimento em reatores de lâmpadas fluorescentes, interferência na operação de computadores e em equipamentos para variação de velocidade de motores, etc.;
- Aparecimento de ressonâncias entre capacitores para correção de fator de potência e o restante do sistema, causando sobretensões e sobrecorrentes que podem causar sérios danos ao sistema.

Medições

Os instrumentos convencionais, tipo bancada ou tipo alicate, são projetados para medir formas de onda senoidal pura, ou seja, sem nenhuma distorção. Porém, devemos admitir que, atualmente, são poucas as instalações que não têm distorção significativa na senóide de 50/60 Hz. **Nestes casos os instrumentos de medidas devem indicar o valor RMS verdadeiro (conhecidos como TRUE RMS), identificado no próprio instrumento.**

