





Seminários Técnicos 2003
Engenheiros e Projetistas

Módulo 3 S
Coordenação de Partidas de
Motores Elétricos

SIEMENS

SIEMENS

Índice

Página

1. Introdução 2

2. Curvas Características Conjugado/Velocidade dos Motores Elétricos e Cargas Mecânicas

2.1. Princípio de Funcionamento de Motor Trifásico 3
2.2. Curvas Características Conjugado/Velocidade das Cargas Mecânicas 10
2.3. Classificação dos Diferentes tipos de Motores Elétricos 15
2.4. Graus de Proteção 16
2.5. Classes de Isolação 18
2.6. Regimes de Serviço 19
2.7. Formas Construtivas 21

3. Instalações dos Acionamentos Elétricos

3.1 Seleção dos Condutores de Alimentação de motores 22
3.2. Controle de Motores 27

4. Componentes Fundamentais dos Sistemas de Acionamentos de Motores

4.1 Os Contadores 29
4.2. Os Disjuntores 38
4.3. Relés de Proteção 39

5. Métodos de Partida e Alimentação de Motores: Critérios de Dimensionamento, Esquemas de Força e Comando

5.1. Partida Direta 48
5.2. Partida Estrela-Triângulo 50
5.3. Partida com Auto-Transformador 53
5.4. Partida Suave (Soft-Starter) 55
5.5. Correção do Fator de Potência 60

6. Glossário

6.1 Seccionadores 61
6.2. Símbolos Gráficos 65
6.3. Símbolos Literais 68

1. Introdução

O setor industrial é responsável por cerca de 45% de toda energia elétrica consumida no país. Dentro deste setor o consumo de motores elétricos é estimado em cerca de 75%, o que evidencia a grande importância do conhecimento por parte dos engenheiros e técnicos para este tipo de equipamento. Vamos dar ênfase para motores trifásicos de indução, pois representam cerca de 90% da potência de motores fabricados. Para esse tipo de motor vamos apresentar características técnicas, informações sobre aplicações e os acionamentos.

A finalidade básica dos motores é o acionamento de máquinas e equipamentos mecânicos. Cabe ao usuário a correta seleção do motor adequado a cada processo industrial. O processo de seleção dos motores deve satisfazer basicamente três requisitos:

- Especificações sobre a alimentação: tipo da fonte, tensão, freqüência, qualidade da energia, harmônicas, etc.,
- Condições ambientais: altitude, temperatura, agressividade do ambiente, proteção etc.,
- Características, exigências da carga e condições de serviço: potência solicitada, rotação, conjugados, esforços mecânicos, ciclo de operação, confiabilidade exigida pelo processo industrial, etc.

Isto se dá pela disponibilidade desse tipo de fonte de alimentação e pela própria simplicidade de operação e construção de certos tipos de motores de corrente alternada, que oferecem grande campo de aplicação, e confiabilidade a baixo custo.

As redes das concessionárias públicas ou privadas possuem dois tipos de alimentação, que são: a monofásica e a trifásica. Daí, a classificação dos motores de corrente alternada ser feita em motores monofásicos e trifásicos.

Os motores monofásicos são na sua maioria de aplicação de uso residencial ou para pequenas instalações comerciais e industriais, cujas potências atingem até 5 cv. Os motores trifásicos são do ponto de vista da engenharia, que apresentam maior importância, por serem aqueles mais freqüentes em aplicações em instalações de grande potência.

Os motores trifásicos são também conhecidos como motores assíncronos ou "motores de indução" que são os mais difundidos e utilizados nas aplicações de engenharia, por sua simplicidade de utilização, versatilidade e custo.

2. Curvas Características Conjugado/Velocidade dos Motores Elétricos e Cargas Mecânicas

2.1. Princípio de Funcionamento de Motor Trifásico

Consideremos uma superfície cilíndrica, sobre a qual dispomos de 3 espiras de mesma impedância e mesmo número de condutores, cujos eixos de simetria normais à superfície cilíndrica formam ângulo de 120º entre si como mostra a figura 1 abaixo.

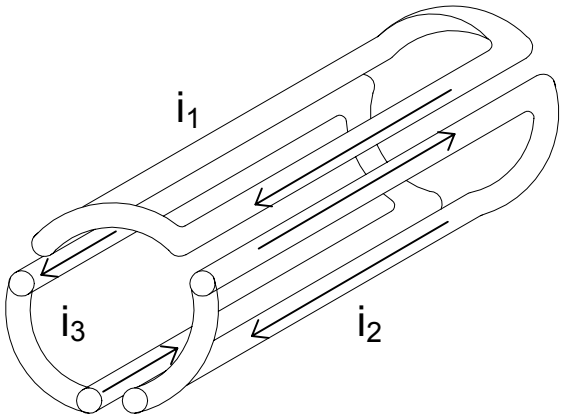


Figura 1: 3 espiras dispostas sobre uma superfície cilíndrica

Como sabemos, quando uma corrente i(t) percorre uma dessas espiras, estabelece-se um campo de indução B, cuja direção e sentido podem ser representados pelos vetores B1, B2 e B3 cuja intensidade é proporcional a i(t), ou seja, $|B|=Ki(t)$. Os sentidos dos campos B nas bobinas ficam determinados de acordo com a figura 2a.

O campo resultante é a composição vetorial dos campos das 3 bobinas. Assim, se as correntes forem iguais, a composição dos campos será nula; mas como no trifásico as correntes são defasadas de 120º no tempo, conseqüentemente os campos B também o serão, de acordo com a figura 2b.

Verificamos que o campo resultante tem módulo constante e sua direção desloca-se com velocidade ω, isto é, descreve f ciclos por segundo, pois $\omega=2\pi f$.

Para invertermos o sentido de rotação de um motor trifásico, basta invertermos a alimentação de duas fases.

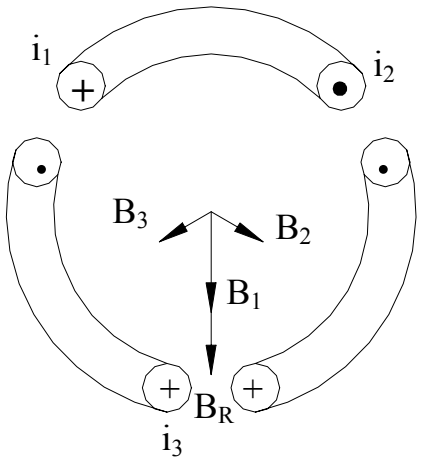


Figura 2A

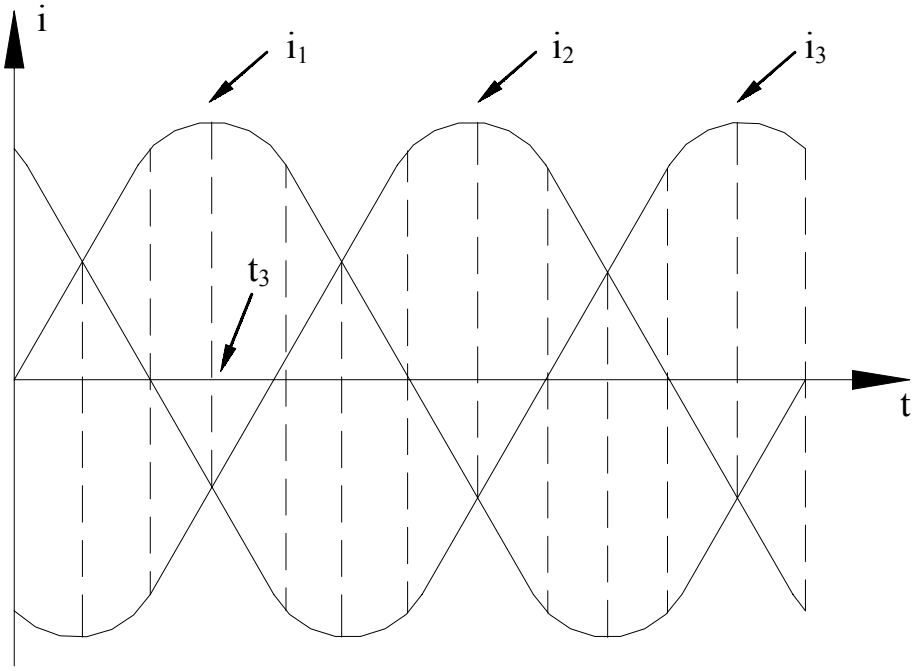


Figura 2b

A velocidade de rotação do campo girante é chamada de velocidade de sincronismo. O valor desta velocidade depende da maneira como estão distribuídas e ligadas as bobinas no estator do motor, bem como da freqüência da corrente que circula pelo enrolamento estatórico.

Prova-se que esta velocidade vale:

$N_s = \frac{60f}{p}$ onde,

Ns velocidade do campo girante em rpm

f freqüência da tensão de alimentação (Hz)

p número de pares de pólos

Este campo magnético girante induz tensões nas barras do rotor de gaiola, que desenvolverão correntes elétricas, que por sua vez em interação com o campo magnético produzirão forças (conjugado) arrastando o rotor em direção a esse campo.

À medida que a velocidade de rotação do rotor aumenta, a velocidade em relação ao campo girante diminui. O conjugado motor será reduzido até atingirmos a condição de regime na qual se verifica a igualdade:

$C_{motor} = C_{\text{resistente da carga}}$

É claro que a velocidade do rotor, nunca poderá atingir a velocidade síncrona, de vez que isso ocorrendo, a posição relativa da espira e do campo girante permanece inalterada, não havendo variação de fluxo e conseqüentemente não havendo geração de correntes induzidas ($C_{motor} = 0$). Do exposto, resulta a denominação desta máquina de "motor assíncrono".

Do fato acima, define-se **escorregamento** como sendo a diferença relativa entre a velocidade síncrona e a parte móvel do motor, denominada rotor, expressa em porcentagem daquela, isto é:

$$S = \frac{Ns - N}{Ns} 100$$

Onde:

Ns velocidade do campo girante

N velocidade do motor.

Lembramos que em plena carga, usualmente o escorregamento de um motor quando opera em regime permanente está compreendido entre 1,5 e 7%.

Exemplo - Um motor trifásico de indução de 4 pólos é alimentado com tensão de 220 V, 60 Hz e gira a 1740 Rpm. Calcular seu escorregamento.

Determinação da velocidade síncrona

$$Ns = \frac{60f}{p} = \frac{60x60}{2} = 1.800 \text{ Rpm}$$

Determinação de s

$$S = \frac{Ns - N}{N} 100 = \frac{1800 - 1740}{1800} x100 = 3,33\%$$

Análise do Conjugado x Rotação

Como os motores de indução trifásicos são assíncronos, isto é, podem operar em uma faixa de rotação cujo limite superior é a velocidade síncrona (por exemplo: 3600 Rpm, para máquinas com um par de pólos). A cada rotação está associado um valor de conjugado (torque, por exemplo, em Nm). Demonstra-se que a curva do conjugado desenvolvido em função da velocidade na partida atinge um valor máximo para chegar a zero no ponto de sincronismo.

Influência da tensão

O conjugado varia com o quadrado de tensão de alimentação do estator. Assim, é possível aumentar ou diminuir o conjugado de um motor, em particular o conjugado máximo, variando-se a tensão de suprimento.

Note que, quando se utiliza ligação triângulo ao invés de estrela, a tensão a qual os enrolamentos do estator ficam submetidos é $\sqrt{3}$ vezes a tensão,quando se utiliza a ligação estrela. Portanto, a utilização da ligação triângulo resulta em conjugado 3 vezes maior do que a da estrela.

Curvas dos Conjugados Motor e Resistente da Carga

Conforme seja a natureza de carga mecânica, haverá uma curva de conjugado resistente associada. Em cargas de ventilação, o conjugado resistente é proporcional ao quadrado da velocidade enquanto que em guindastes, talhas e pontes rolantes, o conjugado resistente é praticamente constante, havendo apenas um pequeno sobretorque na região próxima do repouso.

Os tipos de cargas serão vistos mais adiante; assim a curva do conjugado acelerante fica de acordo com a figura a seguir:

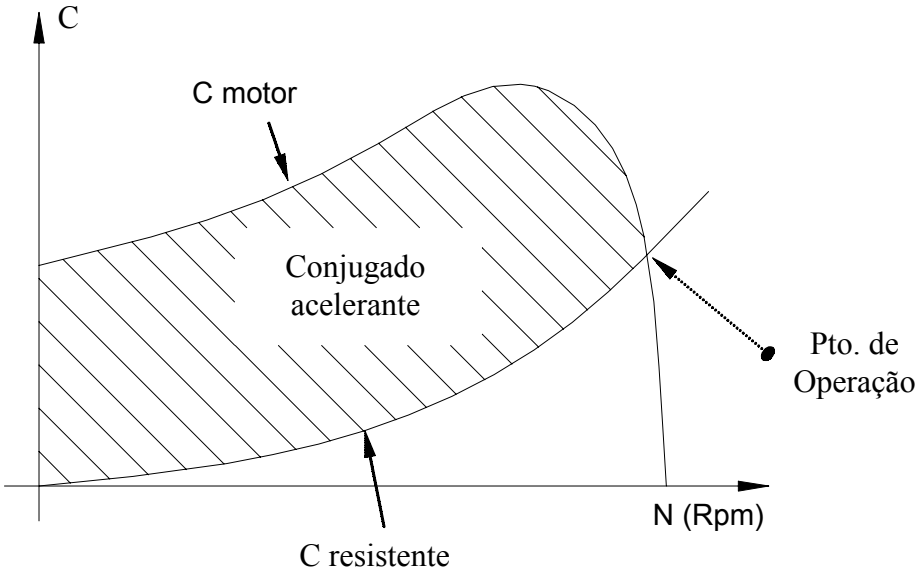


Figura 3: Conjugados do Motor e Resistente da Carga.

Corrente absorvida da rede de alimentação

Ao fazer os cálculos para obtenção da corrente absorvida por um motor trifásico, vamos obter um circuito equivalente, de acordo com a figura 4:

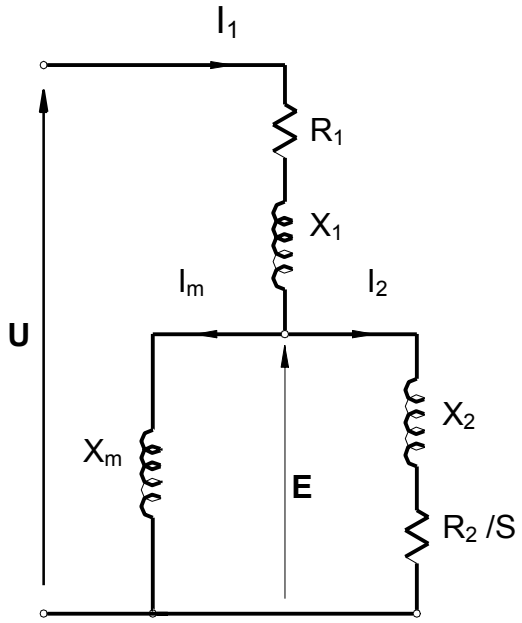


Figura 4: Circuito Equivalente do Motor de Indução

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_2{}^2 + X_2{}^2}}$$

Corrente de Partida

A análise de expressão da corrente absorvida indica que no instante de partida (**S** = 1) a corrente é bastante elevada, valendo:

$$I = \mathbf{K}\frac{\mathbf{U}}{\sqrt{\mathbf{R^2} + \mathbf{X^2}}}$$

À medida que o motor vai acelerando, o escorregamento **S** vai assumindo valores decrescentes, tendendo a zero e, a corrente absorvida também vai decrescendo, tendendo ao valor da corrente em vazio do motor que garante o fluxo de magnetização.

Influência da Resistência do Rotor e da Tensão

A corrente absorvida da rede é proporcional à tensão de alimentação, o que significa que a corrente absorvida por um motor com ligação em estrela é de 57,7% da mesma corrente por fase absorvida pelo mesmo motor com ligação em triângulo.

Por outro lado, observa-se que o aumento da resistência do rotor diminui a corrente de partida, produzindo o deslocamento da rotação onde ocorre o conjugado máximo.

As figuras 5 e 6 mostram as curvas da corrente em função do escorregamento **S**, explicitando a influência de tensão e de resistência do estator.

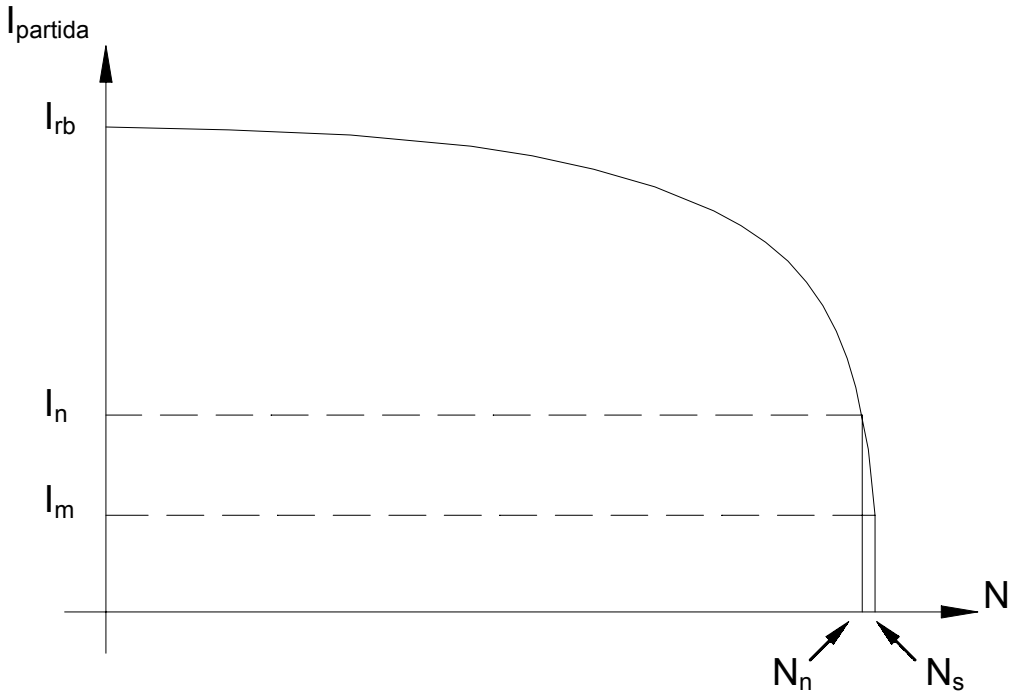


Figura 5: Correntes de partida.

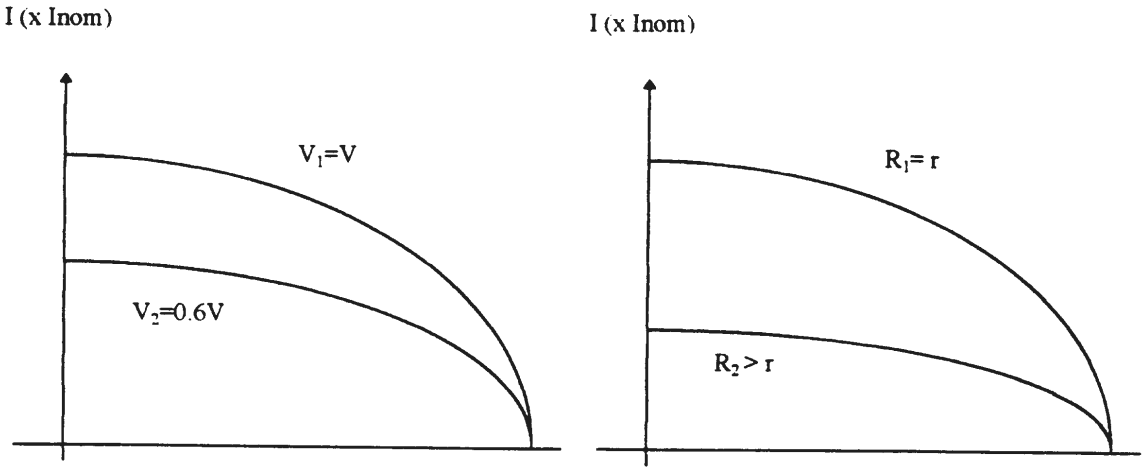


Figura 6: Influência da tensão e da Resistência do rotor na corrente de partida.

2.2. Curvas Características Conjugado/Velocidade das Cargas Mecânicas

No universo das cargas mecânicas a serem acionadas, podemos destacar tipos básicos que obedecem a seguinte equação geral :

$$T_r = T_0 + (T_{rn} - T_0)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^a$$

onde

T_0 = torque resistente para ω igual a zero

T_{rn} = torque resistente nominal

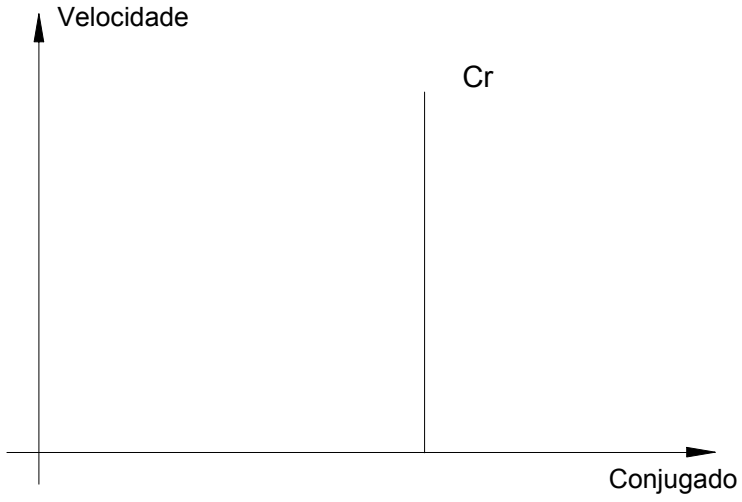
ω_n = velocidade nominal

Cargas de conjugado resistente constante (a=0)

São cargas que mantém inalterado seu conjugado para qualquer valor da velocidade do acionamento, sendo sua equação característica dada por:

$T_r = T_{rn}$

O gráfico da velocidade em função do torque é representado por



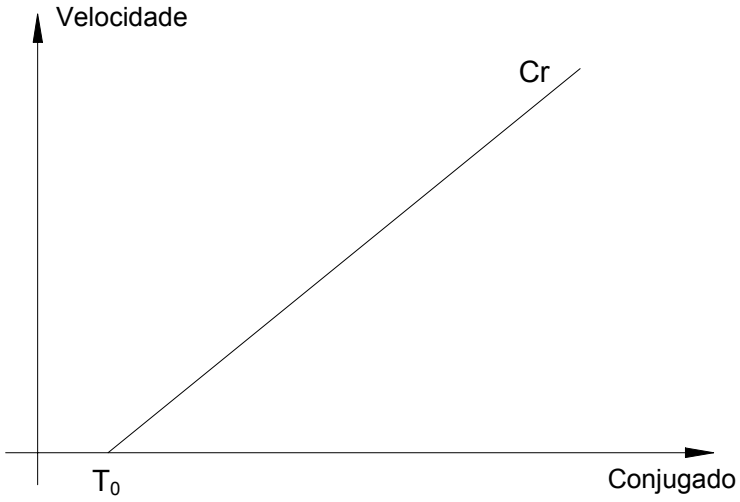
Fazem parte destas cargas: esteiras transportadoras, transportadores (pontes rolantes, guinchos e pórticos), cadeira do laminador de chapas, compressores de válvula presa, máquinas de atrito seco.

Cargas de conjugado resistente linear com a velocidade (a=1)

São cargas que possuem seu conjugado variando linearmente em função da velocidade através da equação de uma reta dada por:

$$T_r = T_0 + (T_{rn} - T_0)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)$$

Assim, o gráfico da velocidade em função do torque é dado por:



Fazem parte dessas cargas:

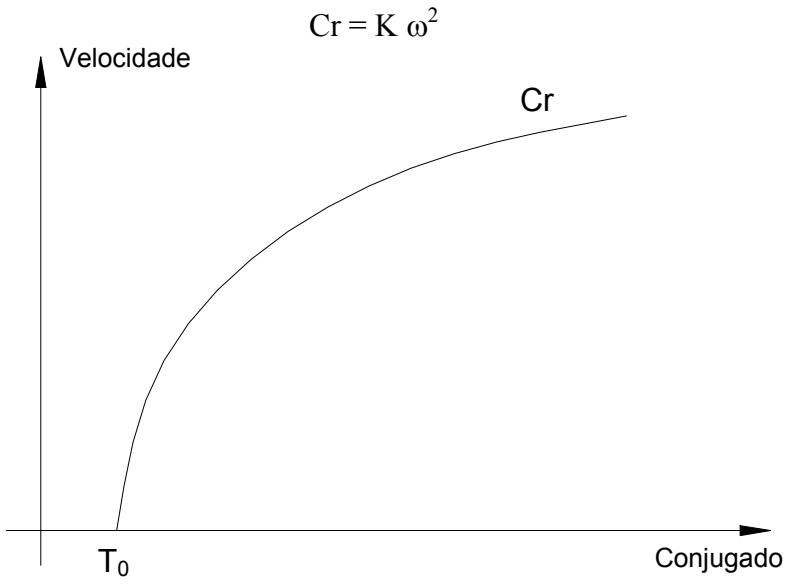
- sistemas de acoplamento hidráulico ou eletromagnético
- geradores acionados e alimentando carga de alto fator de potência (resistiva)
- transmissão de torque por atrito viscoso

Cargas de Conjugado Resistente Crescente com o Quadrado da Velocidade (a = 2)

São cargas na qual o conjugado varia em relação à velocidade de acordo com uma parábola, dada pela equação abaixo:

$$T_r = T_0 + (T_{rn} - T_0)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2$$

Assim, a representação gráfica da velocidade em função do torque fica representada pelo gráfico abaixo:



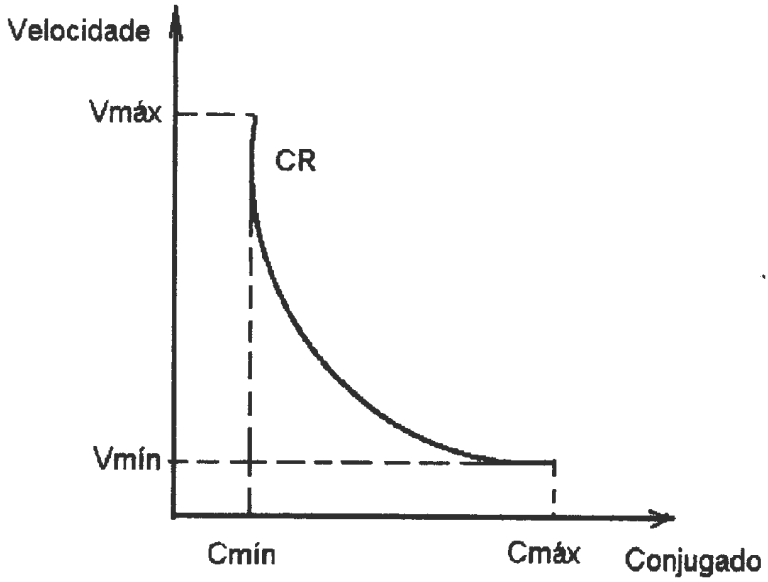
Fazem parte dessas cargas:

- bombas centrífugas
- ventiladores

Cargas de Conjugado Resistente Inversamente Proporcional com a Velocidade (a = -1)São cargas na qual o conjugado varia em relação à velocidade de acordo com um hipérbole, dada pela equação abaixo:

$$T_r = T_0 + (T_{rn} - T_0)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^{-1}$$

Assim sendo, o gráfico da velocidade em função do torque fica representado pelo gráfico:



Fazem parte dessas cargas:

- brocas de máquinas ferramentas
- bobinador, desbobinador
- máquinas de sonda e perfuração de petróleo
- máquinas de tração

Cargas com predominante efeito inercial

Para os regimes transitórios de aceleração e desaceleração os momentos de inércia de todas as partes girantes deverão ser utilizados para o cálculo do conjugado motor que deverá ser dado por:

- uma parcela para vencer a resistência da carga e
- uma parcela para aceleração ou desaceleração.

Para os diferentes conjugados fornecidos pelo motor durante as fases de um movimento, temos:

Regime permanente

O conjugado fornecido pelo motor Cm é igual ao conjugado resistente da carga Cr:

Cm = Cr

Regime transitório de aceleração

O conjugado de partida fornecido pelo motor C_{mp} deverá vencer o conjugado resistente da carga e também inercial para aceleração do acionamento:

$$C_{mp} = C_r + C_{ac} = C_r + J.\frac{d\omega}{dt}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{Cmp - Cr}{J} > 0$$

Regime transitório de desaceleração

O conjugado de frenagem, fornecido pelo motor Cmf será auxiliado pelo conjugado resistente da carga, que deverão produzir a desaceleração do acionamento.

$$Cmf = Cr + Cdc = Cr + J.\frac{d\omega}{dt}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{Cmf - Cr}{J} > 0$$

Cargas com forte variação de conjugado com a velocidade

Existem cargas que possuem um sobreconjugado de partida que pode atingir várias vezes o conjugado do motor na velocidade nominal, por isso podem impedir a partida ou tornar a aceleração muito demorada.

A figura 1 abaixo mostra algumas dessas cargas e suas respectivas curvas características:

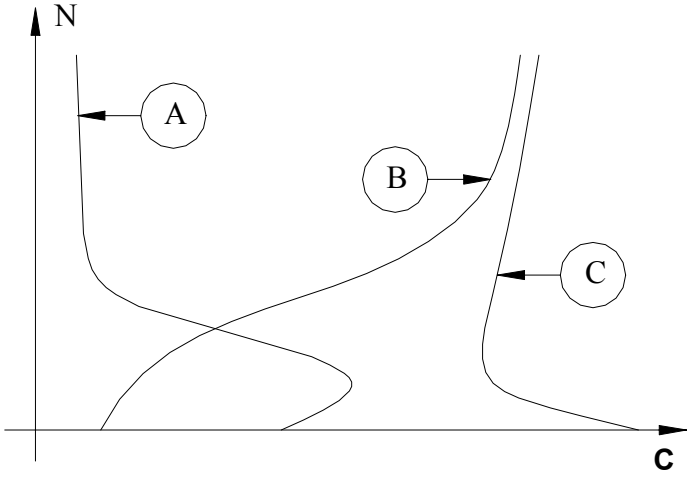


Figura 7: Cargas com variações de conjugado.

A tabela abaixo mostra a escolha do conversor-motor para alguns tipos de máquinas e suas variações de conjugado:

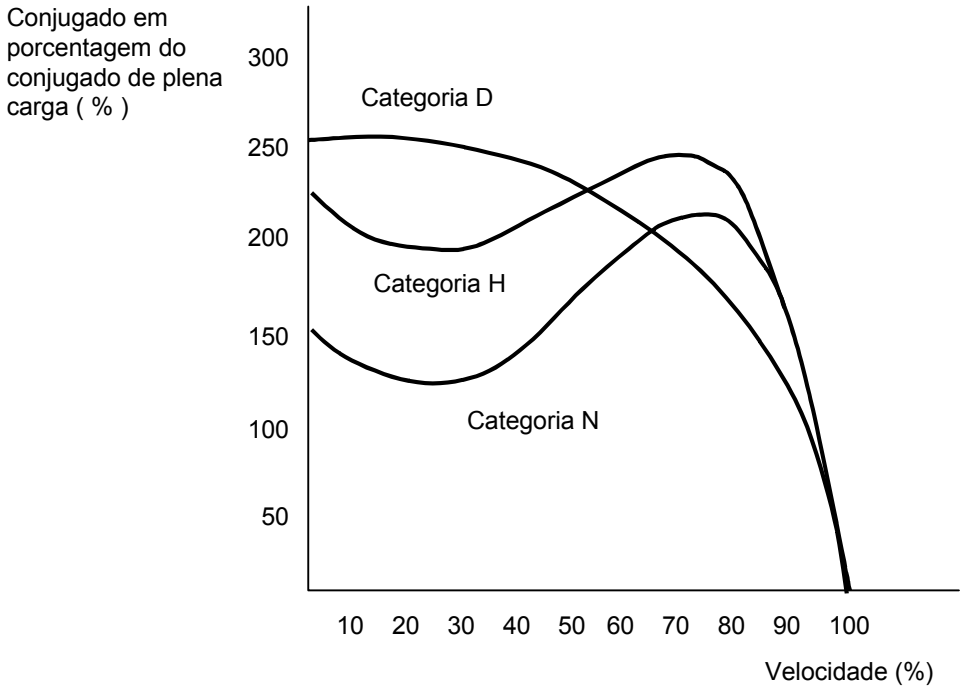
Tipo de máquina	Conjugado de Partida	Sistema de partida/Motor
Máquinas com mancais de rolamentos	80 a 125% Normal	Normal/Normal
Máquinas com mancais de escorregamento	130 a 150%	Normal/Normal
Transportadores ou máquinas de alto atrito	160 a 250%	Sobredimensionar o sistema de partida e eventualmente o motor
Transportador cujo ciclo de funcionamento apresenta "golpes" (prensas, máquinas com anteparos ou sistemas de biela)	250 a 600%	Sobredimensionar o sistema de partida e o motor
Inércia elevada, máquinas com volante de inércia	100 a 150%	O dimensionamento do sistema de partida dependerá do tempo desejado para a partida e/ou frenagem

2.3. Classificação dos Diferentes tipos de Motores Elétricos

Vamos classificar os motores para que possamos ter uma facilidade na hora da escolha do acionamento. Primeiramente vamos fazê-lo quanto a:

Categorias de conjugado

Variando a construção das ranhuras, o formato dos condutores dentro dessas ranhuras e o condutor (cobre, alumínio ou latão) utilizado nessa construção, variam os conjugados, notadamente os de partida.



Tais conjugados têm as seguintes aplicações principais:

- **Categoria N**: Conjugado e corrente de partidas normais, baixo escorregamento. Destinam-se a cargas normais tais como bombas, máquinas operatrizes e ventiladores.
- **Categoria H**: Alto conjugado de partida, corrente de partida normal, baixo escorregamento. Recomendado para esteiras transportadoras, peneiras, britadores e trituradores.
- **Categoria D**: Alto conjugado de partida, corrente de partida normal, alto escorregamento. Usado em prensas excêntricas, elevadores e acionamento de cargas com picos periódico

Em seguida vamos analisar quanto ao invólucro e assim classificar quanto aos:

2.4. Graus de Proteção

Como já mencionado anteriormente, um dos itens importantes na designação do motor ideal para uma determinada aplicação é o das condições ambientais.

Assim sendo, os graus de proteção proporcionados pelos invólucros dos motores elétricos têm como objetivo:

- proteção de pessoas contra contato ou aproximação com partes sob tensão e contra contato com partes em movimento dentro do invólucro,
- proteção do motor contra a penetração de corpos sólidos estranhos,
- proteção do motor contra os efeitos prejudiciais da penetração de água.

A designação utilizada para indicar o grau de proteção é formada pelas letras IP, seguidas de dois algarismos característicos que significam a conformidade com as condições de proteção exigida pelo projeto do motor.

O primeiro algarismo característico indica o grau de proteção proporcionado pelo invólucro a pessoas e também às partes do interior do motor contra objetos sólidos.

O segundo algarismo característico indica o grau de proteção proporcionado pelo invólucro contra efeitos prejudiciais da penetração de água.

A tabela a seguir mostra alguns exemplos de graus de proteção e o que eles definem.

Outros tipos de proteção são encontrados em tabelas na Norma mencionada (NBR).

Graus de proteção pelas normas, IEC 34 Parte 5, VDE 0530 Parte 5 e NBR 988

Motor	**Classe de proteção**	**Primeiro algarismo Indicativo**		**Segundo algarismo indicativo**
		Proteção contra contatos	**Proteção corpos estranhos**	**Proteção contra água**
Refrigeração interna	IP 21 IP 22 IP 23	Contatos com os dedos	Sólidos medianos acima de 12 mm	Queda vertical gotas de água Gotas de água até 15^{o} com a vertical Chuvisco até 60^{o} com a vertical
Refrigeração de superfície	IP 44	Contatos com ferramentas ou similares	Sólidos pequenos acima de 1 mm Ø	Projeção de água em todas as direções
	IP 54 IP 55 IP 56	Proteção total	Depósito de poeiras prejudiciais	Projeção de água em todas as direções Jato de água em todas as direções Inundações passageiras e fortes radiações
	IP 65 IP 67	Proteção total	Penetração de poeira	Jato de água em todas as direções Imersão sob condições fixas de pressão e tempo

2.5. Classes de Isolação

Todo projeto que se usa um motor para acionar uma carga tem como característica seguir os itens já mencionados para a sua escolha. Assim, um dos itens que determina o tamanho do motor, além de outras coisas, é a classe de isolação que se utiliza nos materiais que compõem o motor.

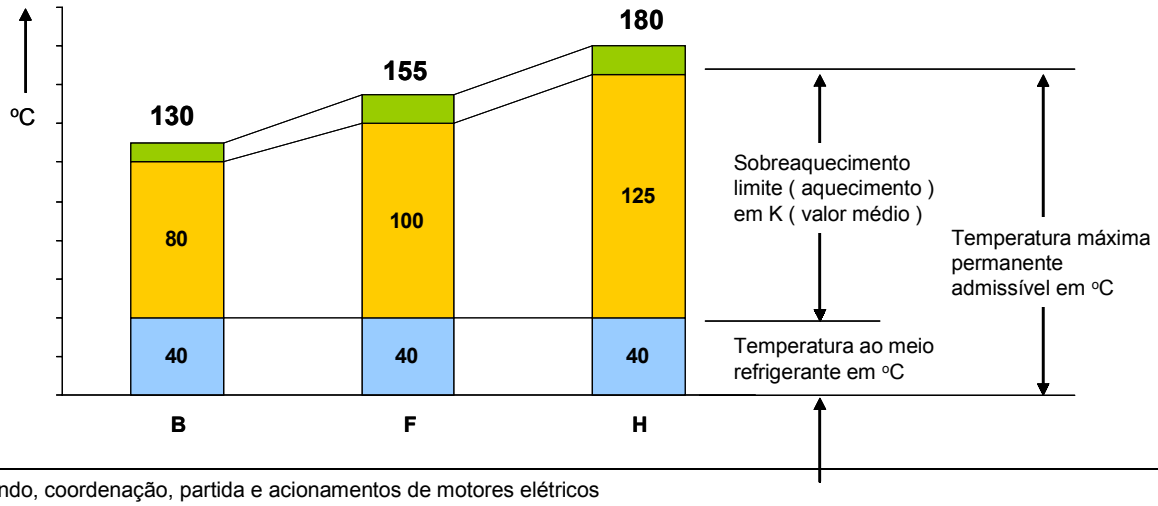
Assim, poderemos ter, de acordo com o projeto, motores com tamanhos ou configurações diferentes (ventilação forçada) para a mesma potência, já que precisaremos ter uma determinada área para liberar o calor gerado pelas perdas do motor.

A Tabela a seguir mostra a classificação térmica dos materiais isolantes:

Baseado na norma NBR 7034, os motores podem pertencer a uma das seguintes Classes de Temperatura:

Classe	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura de Serviço (°C)
Y	90	80
A	105	95
E	120	110
B	130	120
F	155	145
H	180	170
C	Acima de 180	Depende do material

De acordo com a Norma, a tabela acima tem como referência uma Temperatura ambiente de 40 ºC, portanto a faixa de sobrelevação de temperatura fica estabelecida de acordo com o gráfico a seguir:

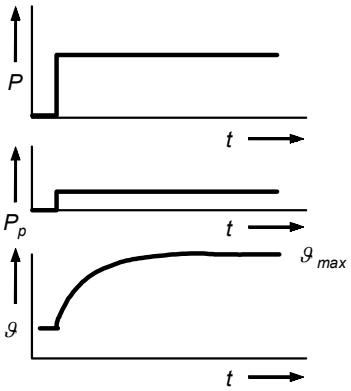


2.6. Regimes de Serviço

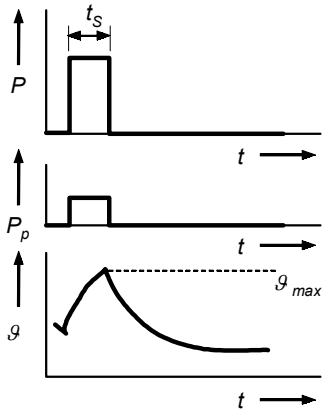
Um motor elétrico não vai, necessariamente, ficar ligado o tempo todo, de modo que, como esse fato vai influir sobre o dimensionamento da potência necessária para acionar uma carga, a norma de motores definiu 8 regimes diferentes, representados no que segue. Nessas curvas, a primeira indica a grandeza e o tempo de circulação da carga ligada (P, em watts), a segunda, as perdas (joule e magnéticas) que aparecem durante a fase de funcionamento, e a terceira, a elevação de temperatura que ocorre devido às perdas citadas.

Observe-se que, a temperatura máxima que o motor vai poder ter (soma da temperatura ambiente mais o aquecimento devido às perdas) é um valor que depende dos materiais (sobretudo isolantes) com que o motor é fabricado. Nesse sentido, podemos fazer referência a norma NBR 7034, cuja classificação geral está integralmente reproduzida mais adiante, e mais um detalhamento de uma dessas classes, para demonstrar o detalhe dado pela norma.

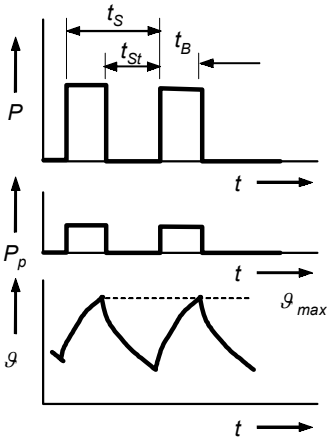
Regimes de serviço



S_1: Serviço contínuo

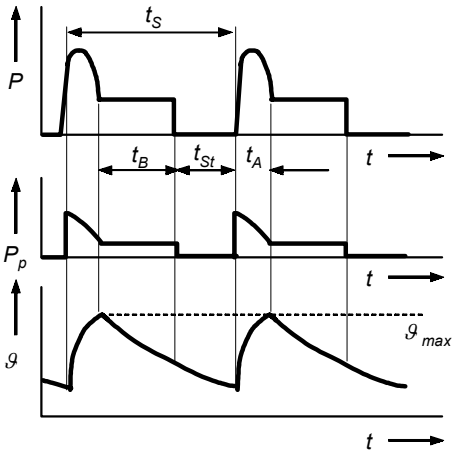


S_2: Serviço de breve duração



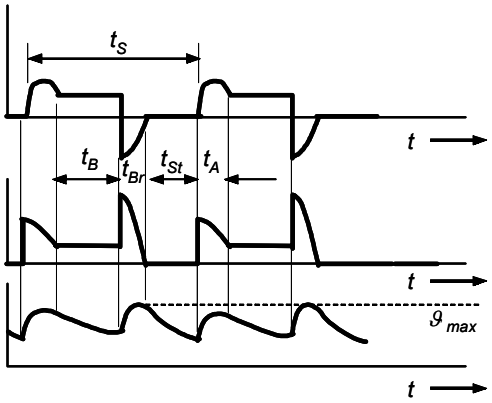
S_3: Serviço intermitente sem influência da partida

Fator de duração do ciclo: $t_r = \frac{t_B}{t_B + t_{St}}$



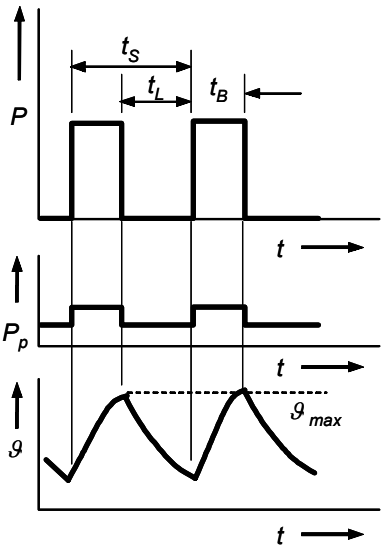
S_4: Serviço intermitente com influência da partida

Fator de duração do ciclo: $t_r = \frac{t_A + t_B}{t_A + t_B + t_{St}}$



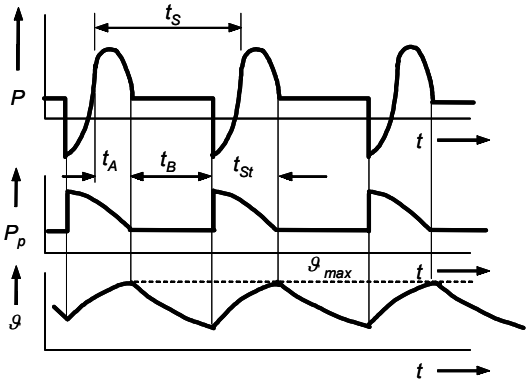
S_5: Serviço intermitente com influência da frenagem elétrica

Fator de duração do ciclo: $$t_r = \frac{t_A + t_B + t_{Br}}{t_A + t_B + t_{Br} + t_{St}}$$



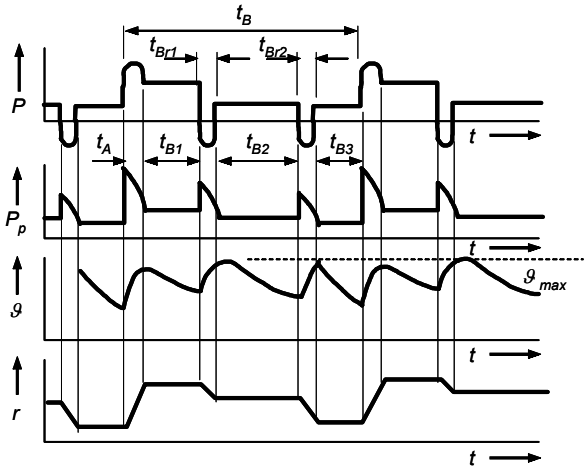
S_6: Serviço contínuo com carga intermitente

Fator de duração do ciclo: $$t_r = \frac{t_B}{t_B + t_L}$$



S_7: Serviço ininterrupto com partida e frenagem elétrica

Fator de duração do ciclo: $$t_r = 1$$



S_8: Serviço ininterrupto com variações periódicas de velocidade

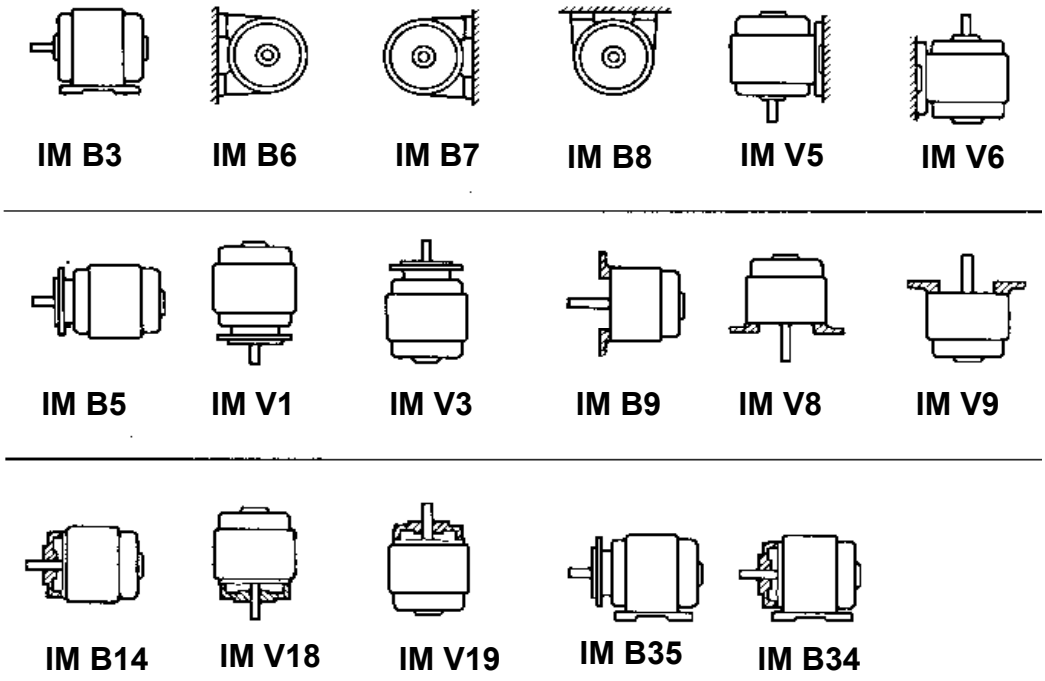
Fatores de duração do ciclo: $$t_{r1} = \frac{t_A + t_{B1}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

$$t_{r2} = \frac{t_{Br1} + t_{Br2}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

2.7. Formas Construtivas

Na construção do motor, um dos aspectos a serem considerados é a sua fixação, que pode ser feita de diversas maneiras, dependendo basicamente do projeto da máquina mecânica acionada. A norma brasileira, baseada na IEC, define as seguintes formas, identificadas pelas letras IM (de International Mounting System), seguido de uma letra e um ou dois números característicos.

Formas construtivas NBR 5031 / DIN IEC 34 Parte 7



3. Instalações dos Acionamentos Elétricos

Consideram-se aplicações normais, para as finalidades das prescrições que se seguem, as definidas por:

Cargas industriais e similares

- motores de indução de gaiola trifásicos, de potência não superior a 200 CV (150 kW), com características normalizadas conforme NBR 7094;
- cargas acionadas em regime S1 e com características de partida conforme NBR 7094.

Cargas residenciais e comerciais

- motores de potência nominal não superior a 2 CV (1,5 kW), constituindo parte integrante de aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais.

3.1 Seleção dos Condutores de Alimentação de Motores

A seleção e dimensionamento dos condutores de alimentação de motores devem basear-se nos seguintes parâmetros:

- corrente nominal do motor;
- corrente de rotor bloqueado do motor;
- método de partida empregado;
- tempo de aceleração;
- regime de funcionamento;
- características do condutor;
- corrente de curto-circuito presumida;
- tempo de eliminação do curto-circuito;
- queda de tensão admissível;
- maneira de instalar os condutores;
- condições especiais, se existirem.

Em aplicações normais, os condutores do circuito terminal de alimentação de um único motor devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à corrente nominal do motor. Em aplicações especiais, os condutores do circuito terminal de alimentação de um único motor devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à máxima corrente absorvida em funcionamento durante o ciclo de operação. Em caso de partida prolongada, com tempo de aceleração superior a 5 s, deve ser levado em conta o aquecimento do condutor durante o transitório de partida.

NOTA - Para motores de característica nominal com mais de uma potência e/ou velocidade, o condutor selecionado deve ser o que resulte em maior seção, quando considerada individualmente cada potência e velocidade.

Os condutores que alimentam dois ou mais motores devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à soma das capacidades determinadas para cada motor, separadamente, mais as correntes nominais das outras cargas alimentadas pelo mesmo circuito.

O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que, durante o funcionamento em regime do motor, as quedas de tensão nos terminais do motor e em outros pontos de utilização da instalação não ultrapassem os limites estipulados.

NOTA - Para aplicações especiais, a corrente considerada para o cálculo da queda de tensão deve ser a máxima que ocorre em funcionamento durante o ciclo de operação.

Durante o funcionamento em regime, a queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer motor, não deve ser maior que os valores da tabela 54 – NBR 5410

	Queda de Tensão
A – Alimentação diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão:	5%
B – Alimentação diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma instalação de alta tensão:	8%
C – Que possuam fonte própria	8%

Tabela 54 – NBR 5410

O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que, durante a partida do motor, a queda de tensão nos terminais de alimentação do sistema de partida não ultrapasse 10% da tensão nominal do mesmo, para os demais pontos de utilização da instalação.

NOTAS

- A queda de tensão nos terminais de alimentação do sistema de partida do motor pode ser superior a 10% da tensão nominal do motor em casos específicos em que é levado em conta o aumento do tempo de aceleração devido à menor tensão nos terminais.

- Para cálculo da queda de tensão, o fator de potência do motor com rotor bloqueado pode ser considerado igual a 0,3.

Proteção contra sobrecorrentes

As proteções contra sobrecorrentes compreendem as correntes de sobrecargas e de curto-circuito

Os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes devem poder interromper qualquer sobrecorrente igual ao inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Tais dispositivos podem ser disjuntores que devem satisfazer as prescrições das normas NBR IEC 60947-2 ou NBR IEC 60898 ou NBR5361; dispositivos de seccionamento combinados com fusíveis conforme a IEC 60947-3; Estes dispositivos de proteção devem protegem contra sobrecorrente os componentes do sistema de partida (contator, relé de sobrecarga, etc) IEC 60947-4, motores e cabos.

Proteção contra correntes de sobrecarga

Os condutores e os motores devem ser protegidos contra correntes de sobrecarga por um dos seguintes meios:

- dispositivo de proteção integrante do motor, sensível à temperatura dos enrolamentos;
- dispositivo de proteção independente, sensível à corrente absorvida pelo motor.

O dispositivo de proteção independente pode ser instalado:

- próximo aos equipamentos elétricos do motor
- ou em local remoto no conjunto de manobra e proteção dedicado.

No caso dos dispositivos de proteção está instalado no motor, este deve estar conforme a IEC 60204-1.

No caso em que o dispositivo de proteção está instalado em local remoto, este deve estar conforme com a norma do produto.

Para aplicações normais, quando for utilizado dispositivo de proteção independente, este deve ter corrente nominal igual à corrente nominal do motor ou possuir faixa de ajuste que abranja este valor, ajustado no valor da corrente nominal do motor.

Para aplicações especiais, recomenda-se o emprego de dispositivo de proteção integrante de motor, sensível à temperatura dos enrolamentos. Entretanto, quando for empregado dispositivo de proteção independente, sensível à corrente absorvida pelo motor, ele deve ter características de atuação compatíveis com o regime, corrente de partida, tempo de aceleração e tempo admissível com rotor bloqueado do motor.

Os condutores que alimentam motores de potência nominal não superior a 0,5 cv (0,37 kW) em aplicações residenciais e comerciais, conforme 6.5.3.3-b – NBR 5410), podem ser considerados protegidos pelo dispositivo de proteção contra sobrecarga do circuito terminal se este tiver corrente nominal ou de ajuste igual à capacidade de condução de corrente dos condutores de alimentação do motor.

Proteção contra correntes de curto-circuito

A proteção contra correntes de curto-circuito dos condutores que alimentam motores deve ser garantida pelos dispositivos de proteção do circuito terminal. Para que a proteção seja efetiva, é necessário que sejam atendidas as prescrições abaixo.

NOTA - Na determinação de valores para a proteção contra correntes de curto-circuito, os dispositivos selecionados devem atender às prescrições de 5.3.4, 5.7.4.2 e 6.3.4.3 – NBR 5410.

Os circuitos terminais que alimentam um só motor podem ser protegidos contra correntes de curto-circuito utilizando-se:

- dispositivo fusível tipo g: para aplicações normais, conforme 6.5.3.3 – NBR 5410, a corrente nominal do dispositivo fusível não deve ser superior ao valor obtido multiplicando-se a corrente de rotor bloqueado do motor pelo fator indicado na tabela 54; quando o valor obtido não corresponder a valor padronizado, pode ser utilizado dispositivo fusível de corrente nominal imediatamente superior;
- disjuntor ou dispositivo de controle e proteção com corrente de disparo maior que a corrente de rotor bloqueado do motor. A corrente de disparo deve suficiente para não operar no primeiro pico de partida do motor, mas também deve ser compatível com a coordenação de partida exigida entre contatores e relés de sobrecarga.

NOTA - Para motores de indução fabricados conforme a NBR 7094, pode ser adotado para a corrente de rotor bloqueado o valor máximo admissível indicado naquela norma.

Quando houver mais de um motor ou outras cargas alimentadas por um único circuito terminal, os motores devem ser protegidos individualmente contra correntes de sobrecargas e de curtos-circuitos deve ser por um dos seguintes meios:

- utilizando-se um dispositivo de proteção capaz de proteger os condutores de alimentação do motor de menor corrente nominal e que não atue indevidamente sob qualquer condição de carga normal no circuito; ou
- utilizando-se proteção individual na derivação de cada motor,

NOTAS

- O meio referido na alínea b) – NBR 5410 é recomendado para motores de potência nominal superior a 0,5 cv (0,37 kW).
- Quando mais de um motor é alimentado por um único circuito terminal, é preferível que as cargas de outra natureza sejam alimentadas por outros circuitos terminais.
- Um único circuito terminal pode alimentar um ou mais motores e uma ou mais outras cargas, desde que cada um deles não prejudique o funcionamento adequado dos demais e que as outras cargas sejam protegidas adequadamente.

As características dos dispositivos de partida do motor devem estar coordenadas com o dispositivo de proteção contra curto-circuito, de modo a não causar risco às pessoas ou à instalação. Para definição do tipo de coordenação, a ser utilizada deve estar conforme a IEC 60947-4-1 ou a IEC 60947-6-2

NOTA - A coordenação dos dispositivos em condições de curto circuito, determina a extensão dos danos nos respectivos dispositivos de partida, após a ocorrência deste defeito

Proteção contra subtensões

Onde uma queda de tensão, ou uma queda e subseqüente restauração da tensão possa implicar em situações de risco para pessoas ou propriedades, precauções adequadas devem ser tomadas. Precauções também devem ser tomadas onde uma parte da instalação ou equipamento específico possa ser danificada por uma queda de tensão.

Um dispositivo de proteção contra subtensão não é exigido se o dano à instalação ou equipamento específico for considerado aceitável, desde que não haja risco às pessoas.

NOTA - Esta prescrição se aplica particularmente a aparelhos que contenham motores capazes de partir automaticamente depois de uma parada devido a uma subtensão abaixo de certo valor.

3.2. Controle de Motores

Os motores devem ser controlados por partida adequada e, se necessário, por dispositivos de controle.

Dispositivos de partida podem ser combinados com dispositivos para assegurar a proteção de motores, nestes casos, eles devem estar de acordo com as regras aplicáveis a dispositivos de proteção.

Os circuitos de controle de motores devem ser projetados de forma a prevenir a partida automática de um motor após a parada em função de uma falta ou uma queda de tensão, se tal partida puder causar risco.

NOTA - Esta prescrição pode não ser satisfeita em certos casos, como por exemplo, quando a partida de um motor for especificada em intervalos em resposta a um dispositivo de seccionamento automático, ou quando a não - partida de um motor após uma breve interrupção na alimentação puder causar risco.

Onde a frenagem do motor por contra-corrente for empregada, cuidados devem ser tomados para evitar a reversão do sentido de rotação ao fim da frenagem se tal reversão puder causar risco.

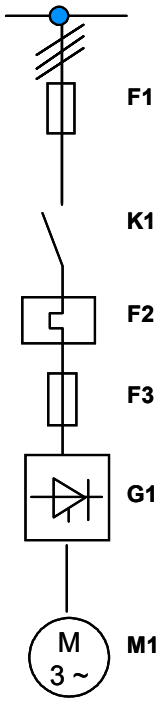
Onde a segurança depende do sentido de rotação de um motor, cuidados devem ser tomados para prevenir a reversão de operação devida, por exemplo, à queda de uma fase.

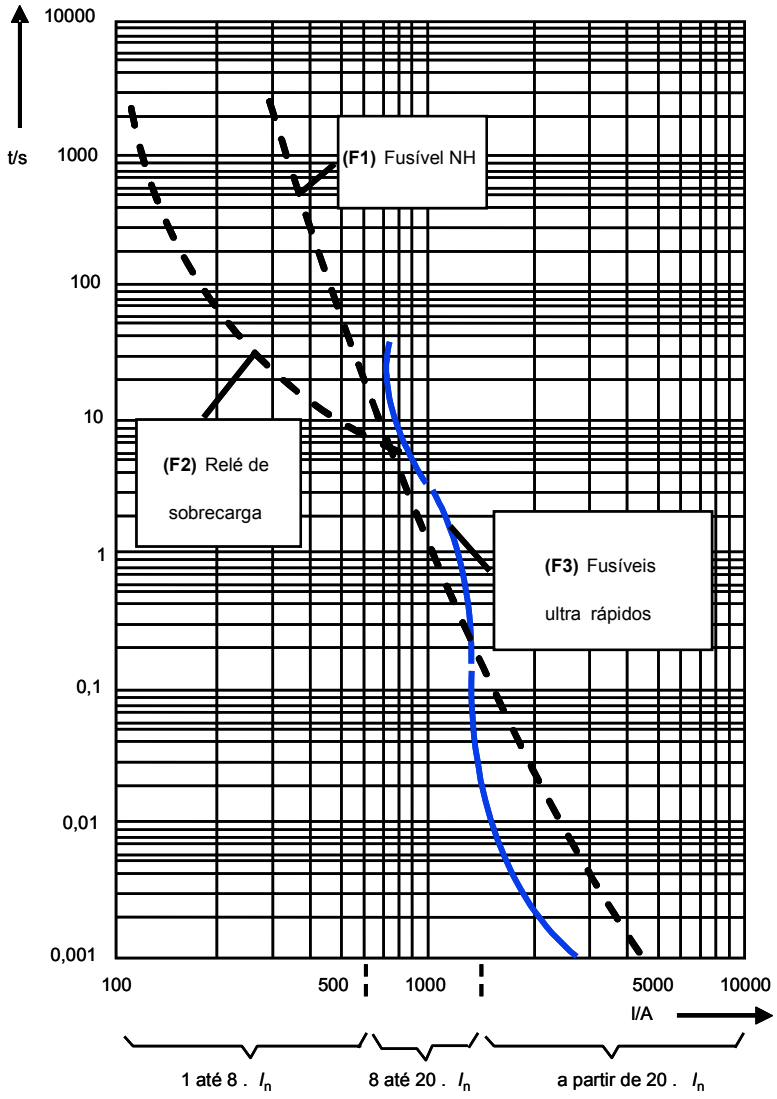
Dispositivos de partida podem ser combinados àqueles que providenciam proteção ao motor; eles devem satisfazer às regras aplicáveis a dispositivos de proteção.

Os diferentes dispositivos para seccionamento e ajuste de um motor, ou de um conjunto de motores combinados, devem ser agrupados.

Coordenação de proteção

Partida e parada suave (soft-starter)





F1 - Fusíveis retardados NH para proteção do sistema

K1 - Contator de alimentação e retaguarda de manobra

F2 - Relé de sobrecarga para proteção do motor

F3 - Fusíveis ultra-rápidos para proteção de retaguarda da eletrônica de potência

G1- Dispositivo de partida e parada suave (soft-starter)

4. Componentes Fundamentais dos Sistemas de Acionamentos de Motores

4.1 Os Contatores

O contator é um dispositivo de manobra de operação por energização de uma bobina cujo núcleo tem uma parte móvel solidária aos contatos móveis.

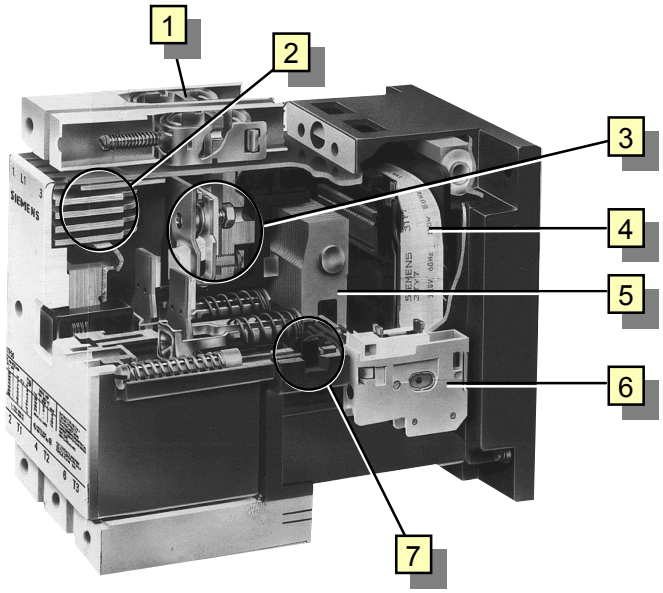
O contator opera sob correntes de carga e de sobrecarga, mas não de curto circuito. É denominado de potência quando comando circuitos de força e auxiliar quando é usado para multiplicar o número de contatos de um dispositivo de comando.

A energização da bobina é feita por uma botoeira do tipo liga-desliga; o desligamento pode ser realizado também por um contator NF do relé de proteção contra sobre cargas.

A proteção contra curto-circuitos é proporcionada por fusíveis ou disjuntores.

A vista explodida da figura a seguir mostra o princípio construtivo e as partes de um contator típico.

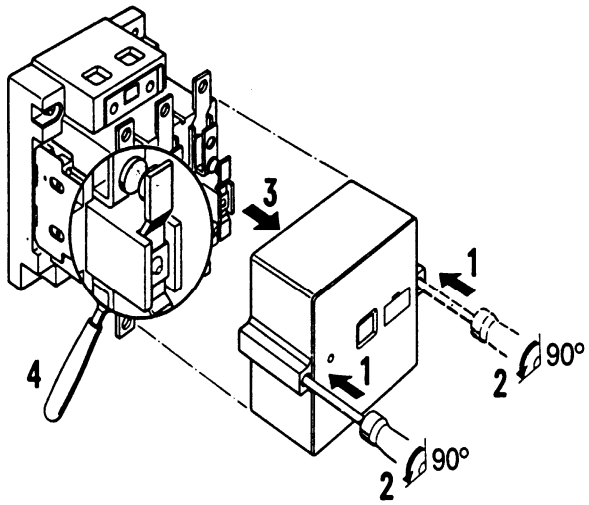
Princípio construtivo e partes de um contator típico



1 - Terminais de conexão
2 - Câmara de extinção
3 - Contatos de potência
4 - Bobina
5 - Sistema magnético (núcleo móvel)
6 - Contatos auxiliares
7 - Elemento de bloqueio quando retirada a câmara de extinção de arco

Figura 8 - Contator

Análise e substituição dos contatos de contatores



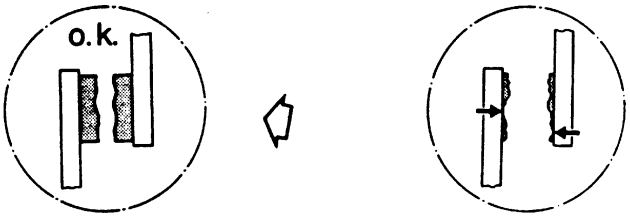


Fig. 9A - Contato normal de uso **Fig. 9B - Contato desgastado**

A vida elétrica dos contatos pode ser prevista por cálculo e acompanhada por inspeção visual.

Embora os contatos aparentemente estejam com mau aspecto como na figura 9A, eles estão ainda em condição de operação normal; não se deve “aplainar” os contatos com lima ou outras ferramentas.

Somente quando em algum ponto acaba o material do contato, como indicado na figura 9B é que os contatos devem ser trocados.

O estado do contato pode ser analisado sem inspeção visual através da indicação de “vida útil restante” .

Funcionamento do Contator

Acompanhando a Figura 8, quando a bobina (4) é energizada o campo magnético atrai a parte móvel do núcleo (5) ao qual estão solidários os contatos móveis que vão se encontrar com os contatos fixos (3) estabelecendo o fechamento do circuito e tensionando a mola para desligamento.

Quando há uma sobrecarga, o relé correspondente opera, abrindo o contato NF que está em série com a bobina, desenergizando-a e abrindo o circuito por ação da mola.

O religamento pode ser automático ou por uma botoeira, de acordo com as condições do circuito.

O contator tem ainda contatos auxiliares NA e NF (6) em quantidade variável com as necessidades do circuito, para comandar outros dispositivos, ou para sinalizar sua posição (ligado-desligado) ou ainda para intertravamentos.

Os contatos precisam ser feitos de material bom condutor e resistente às temperaturas dos arcos que se formam ao estabelecer ou interromper em corrente.

Uma das principais características dos contatores é o elevado número de operações que depende do tipo da carga que ele opera, pois a duração do arco depende; para uma tensão e uma dada corrente:

- da velocidade de separação dos contatos;
- da velocidade de fechamento do contator,
- do fator de potência da carga

que vão determinar o tempo de extinção do arco e, em conseqüência, o esforço térmico sobre os contatos.

Para a especificação correta de um contator são necessárias informações sobre o circuito, sobre a carga, o regime de manobra da carga, a categoria de emprego, tipo de coordenação (1 ou 2) com o fusível ou disjuntor, a família de relés de sobrecarga aplicável.

Comandos dos Contadores

Comando convencional

É feito energização e desenergização direta e indireta da bobina magnética com uma faixa de operação normal de 0,8 a 1,1 vezes a tensão nominal.

Comando através da eletrônica

A bobina magnética é energizada e desenergizada com uma potência necessária para ligar/desligar e funcionamento contínuo através de uma eletrônica de comando, onde:

- A faixa de operação é 0,7 a 1,25 vezes a tensão de comando.
- Atuação independente de curtas quedas de tensão.
- Mesmo que a tensão caia a zero com duração de 25ms (+- 1,5 ciclos) não ocorrerão desligamento indesejados.
- Operação normal em redes fracas e instáveis.
- Baixo consumo de ligação e retenção.
- Imunidade a interferências.

Através do comando eletrônico permite-se a alimentação diretamente de uma saída PLC 24 VCC (≤ 30mA) comando convencional com a tensão de comando ligada através de contato, assim como, ter a indicação da "vida útil restante" dos contatos.

O Comando eletrônico pode permitir até a comunicação com interface AS integrada.

Supressão de Surtos de Tensão

A desenergização de carga indutivas como bobina do contator provoca surto de tensão que podem ser atenuadas por módulos RC, varistores, diodos ou combinação de diodos.

Os Contatos Auxiliares

Usados para sinalização, comando ou intertravamentos os contatos auxiliares devem possuir elevada confiabilidade de contato, permitindo operar comandos eletrônicos com correntes ≥ 1mA e tensão de 17V.

Contatores para elevadas correntes podem ter em sua construção a operação dos contatos em uma câmara de vácuo, o que permite obter-se especialmente, uma maior vida útil dos contatos do que os contatores com contatos de operação convencional.

Categorias de emprego dos contatores (conforme IEC 60947-1)

Corrente alternada

AC – 1	Cargas não indutivas ou de baixa indutividade - Resistências
AC - 2	Motores com rotor bobinado (com anéis) Partida com desligamento durante a partida e em regime nominal
AC - 3	Motores com rotor em curto-circuito (gaiola) Partida com desligamento em regime nominal
AC - 4	Motores com rotor em curto-circuito (gaiola) Partida com desligamento durante a partida, partida com inversão de rotação, manobras intermitentes
AC – 5a	Lâmpadas de descarga em gás (fluorescentes, vapor de mercúrio ou sódio)
AC - 5b	Lâmpadas incandescentes
AC - 6a	Transformadores
AC - 6b	Banco de capacitores
AC - 7a	Cargas de aparelhos residenciais ou similares de baixa indutividade
AC - 7b	Motores de aparelhos residenciais
AC - 8	Motores-compressores para refrigeração com proteção de sobrecarga

Corrente contínua

DC - 1	Cargas não indutivas ou de baixa indutividade - Resistências
DC - 3	Motores de derivação (shunt) Partidas normais, partidas com inversão de rotação, manobras intermitentes, frenagem
DC - 5	Motores série Partidas normais, partidas com inversão de rotação, manobras intermitentes, frenagem
DC - 6	Lâmpadas incandescentes Contatores auxiliares / Contatos auxiliares

Contatos auxiliares

Corrente alternada

AC – 12	Cargas resistivas e eletrônicas
AC - 13	Cargas eletrônicas com transformador de isolação

AC - 14 Cargas eletromagnéticas ≤ 72 VA

AC - 15 Cargas eletromagnéticas > 72 VA

Corrente contínua

DC - 12 Cargas resistivas e eletrônicas

DC - 13 Cargas eletromagnéticas

DC - 14 Cargas eletromagnéticas com resistências de limitação

As categorias de emprego foram criadas para facilitar a escolha pelo usuário do contator mais adequado para sua instalação tanto do ponto de vista econômico como o técnico.

Foram levados em conta os fatores que levam a uma maior duração do arco, as correntes associadas ao ligamento e desligamento das cargas, o de potência do circuito e a freqüência com que são executadas as operações mais críticas.

Assim, podem exemplificar com alguns casos:

AC- 1 Cargas resistivas

Esta categoria se destina à operação de cargas resistivas ou de baixa indutividade ou não indutivas.

Nesses casos a corrente se anula praticamente ao mesmo tempo em que a tensão e a extinção do arco fica mais fácil.

AC- 2 Motores com rotor bobinado (com anéis).

Na aplicação destes motores freqüentemente eles são desligados durante a partida e, portanto com uma corrente muito alta. Nesta função, além de fechar com uma corrente alta, o contator é chamado a interromper esta elevada corrente como uma operação normal. Naturalmente, depois de entrar em regime o motor vai ser desligado sob a corrente nominal da carga.

AC- 3 Motores com rotor em curto-circuito (gaiola)

Os contatores para esta categoria proporcionam o ligamento com a corrente de partida, mas o desligamento se dá depois de completada a partida com a corrente nominal de carga.

É, pois uma operação das mais comuns. O fato de que eventualmente haja desligamento durante a partida não leva à necessidade de usar contatores mais robustos, o que conta é a operação normal.

AC- 4 Motores com rotor em curto-circuito (gaiola).

Nesta categoria os motores são desligados habitualmente durante a partida (correntes 4,5/ ou 6 vezes a nominal). Além disso, também freqüentemente é feita inversão da rotação na partida e há manobras intermitentes.

O que distingue está categoria da anterior é a freqüência com que são realizados os desligamentos e ligamentos com correntes várias vezes maior que a nominal da carga.

AC- 6a Transformadores

Os transformadores têm corrente de ligamento, quando estão sem carga, de ordem de 11 vezes a corrente nominal, o que define uma especificação dedicada do contator.

AC- 6b Bancos de capacitores

Neste caso temos várias situações de difícil operação: ligamento do banco com correntes 20 a 30 vezes nominal; desligamento do banco com a corrente reanulando quando a tensão passa pelo valor crista o que aumenta a duração do arco e dá origem reignições (restrikes).

Se os bancos tiverem a função de compensar quedas de tensão a operação pode ser várias vezes por dia, ou mesmo por hora.

Quando houver bancos em paralelo, as correntes dos bancos já energizados concorrem para aumentar a corrente de ligamento que atingirá muitas dezenas ou centenas de vezes a corrente nominal de um banco.

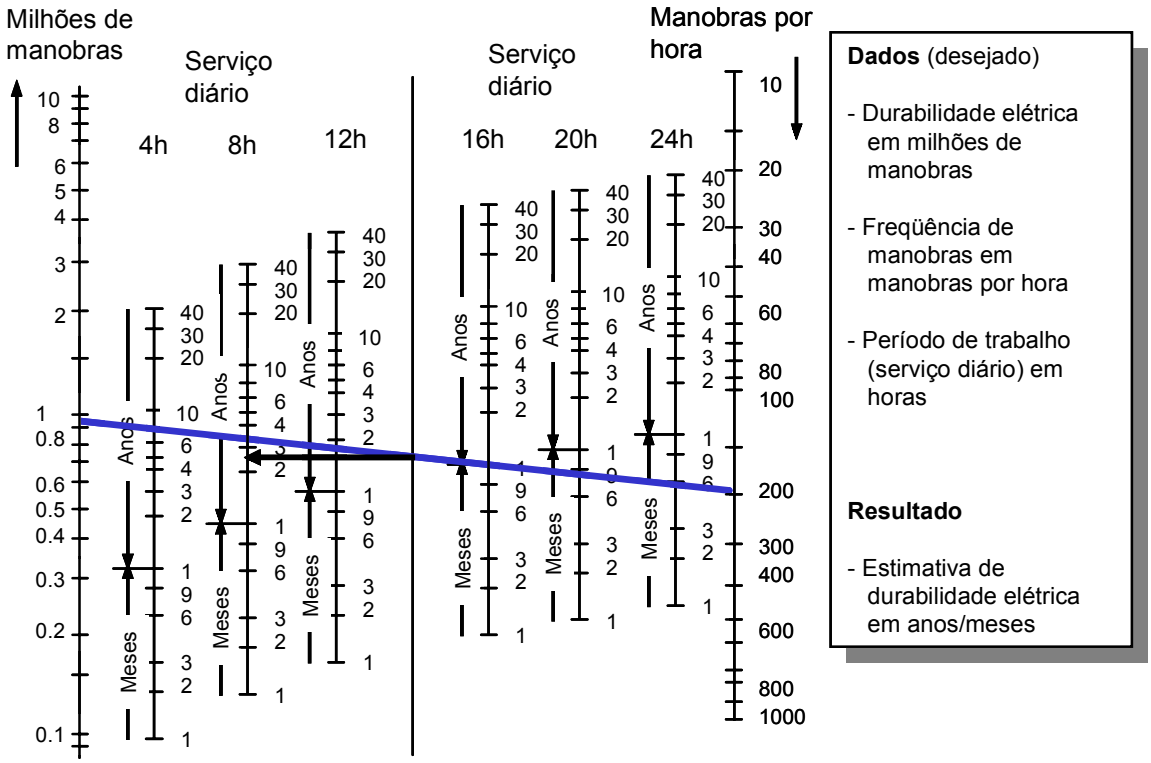
Os contatores apropriados são equipados com resistores de pré-inserção (que serão ligados antes dos contatos principais se fecharem) e entre os bancos deverão ser instalados indutores de alguns μH ou os bancos serão espaçados de modo que os condutores proporcionarão a indutância necessária.

Durabilidades mecânica e elétrica dos contatores

A durabilidade mecânica de um contator é o número mínimo de operações que o contator pode efetuar sem corrente de carga. É um valor da ordem de 10 a 15 milhões de operação e é um dado indicado no catálogo do fabricante.

A durabilidade elétrica de um contator é o número de operações que o contator pode executar, função da freqüência de manobras e da categoria de emprego.

O nomograma abaixo permite estimar do tempo da durabilidade elétrica do contator.



Nesse gráfico entramos com a durabilidade elétrica desejada em milhões de manobras, no exemplo 1 milhão de manobras, (1º valor de referência), com o número de manobras por hora: 200/hora (2º valor de referência) e a duração diária do serviço: 8 horas e obtemos estimativa da durabilidade elétrica do contator: igual a 2,5 anos.

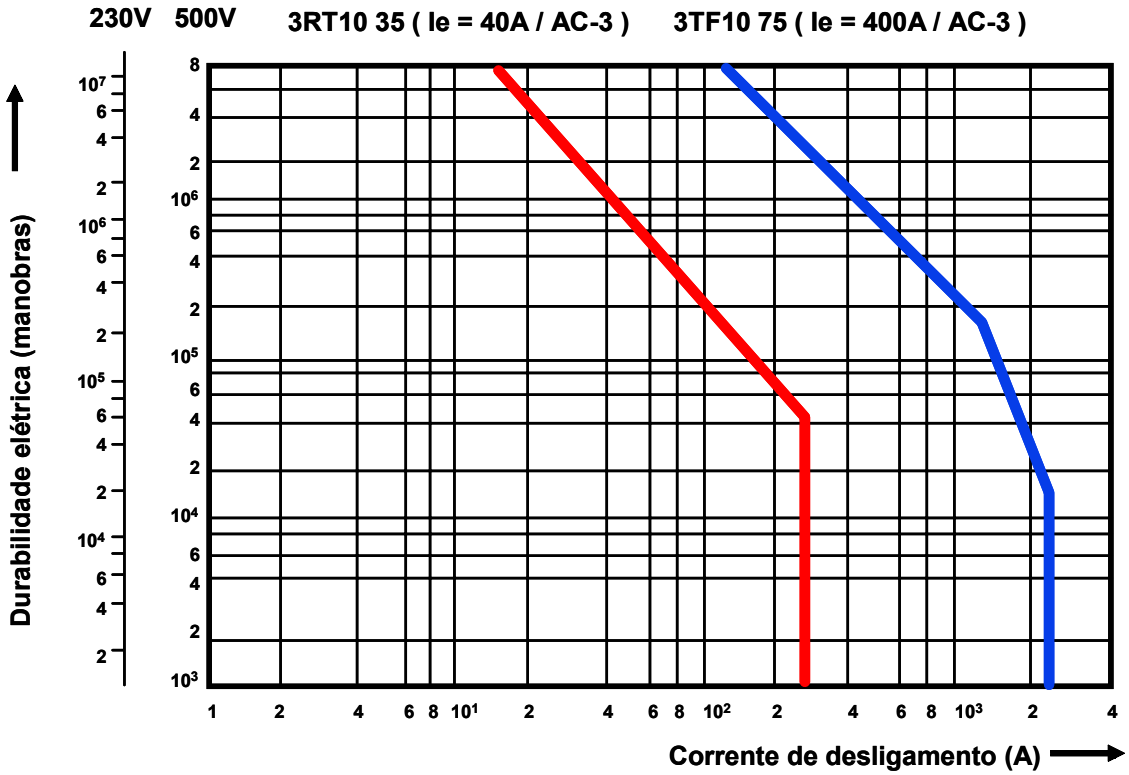
A seqüência para utilização do nomograma é a seguinte:

Unem-se os pontos correspondentes ao 1º valor de referência (1 milhão) e ao segundo valor de referência (200), obtendo-se uma reta que cruza a linha de referência. A partir desse ponto de cruzamento, traça-se uma linha horizontal até encontrar a linha correspondente ao número diário de horas de serviço (4h, 8h, 12h, 16h, 20h ou 24h) e determina-se a estimativa de durabilidade elétrica do contator (no exemplo 2,5 anos).

Esse nomograma é fornecido pelo fabricante. O fabricante oferece ainda, em catálogo, gráficos de estimativa de durabilidade elétrica do contator em número de manobras.

Nesses gráficos, são mostrados a durabilidade elétrica do contator em base a corrente de desligamento e a categoria de emprego.

Entrando nesse gráfico com a corrente de desligamento no eixo horizontal, obtemos no eixo vertical para cada um dos contatores a durabilidade elétrica em número de manobras para 230 V e 500 V.



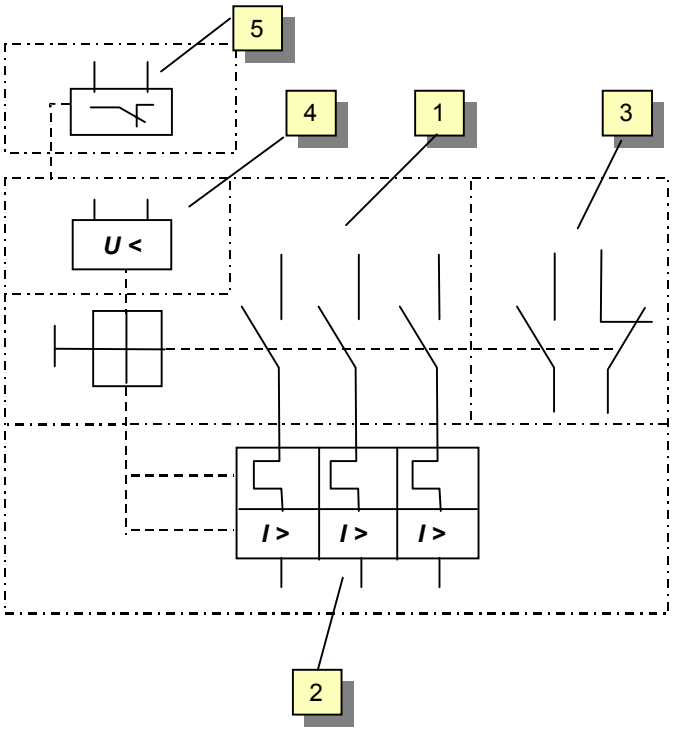
4.2. Os Disjuntores

O disjuntor é um dispositivo de proteção capaz de:

- Ligar e desligar corrente nominal e sobrecorrentes de sobrecarga e curto-circuito

A operação do disjuntor é feita manualmente ou comandada pelos réles de sobrecarga (bimetálico ou eletrônico) e de curto-circuito (eletromagnético).

Representação esquemática de um disjuntor tripolar.



1 – Contatos principais
2 – Relés de sobrecorrentes de sobrecarga e de curto-circuito
3 – Contatos auxiliares
4 – Relé de subtensão
5 – Relé de desligamento à distância

Características principais em base temperatura e altitude definidas:

- Tensão, corrente e freqüências nominais.
- Correntes máximas de curto-circuito

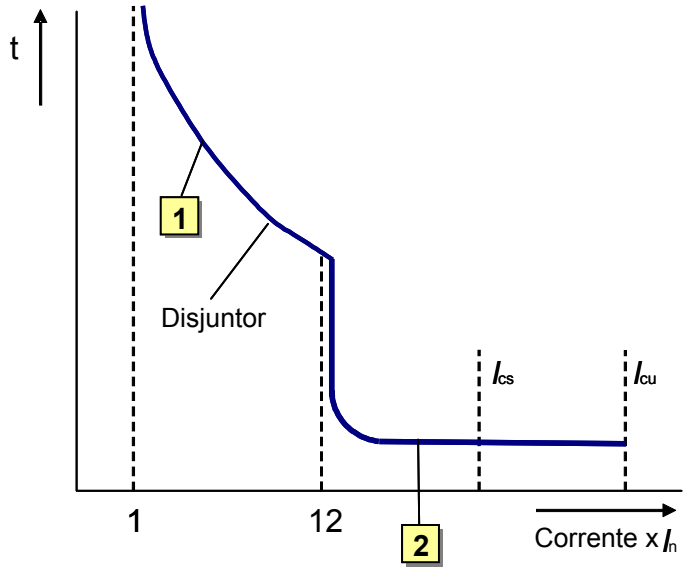
Os valores das características principais são gravados na carcaça ou em uma placa.

Se a temperatura e/ ou a altitude forem superiores aos valores referidos o disjuntor deverá ser ajustado em seus valores nominais.

Se a corrente máxima de interrupção do disjuntor for inferior à corrente de curto-circuito no local de instalação, pode ser utilizado fusível em série que estará coordenado para uma proteção de retaguarda.

A curva de atuação do disjuntor tem uma faixa corrente de sobrecarga até cerca de 10 x I_N.

A partir desse valor começa a atuação por uma corrente de curto-circuito.



1 – Curva do relé de sobrecarga

2 – Curva do relé de curto-circuito

Para a proteção de motores os disjuntores-motores, devem ser preparados para se ajustar a permitir a partida nominal e a corrente, garantindo a adequada proteção do motor.

4.3. Relés de Proteção contra sobrecarga

As sobrecargas podem ser causadas por:

- Rotor bloqueado
- Freqüência elevada de manobra
- Partida prolongada
- Sobrecarga em regime de operação
- Falta de fase
- Variação de tensão e freqüência

A sobrecarga causa um aquecimento suportável pelos equipamentos até um valor determinado por um intervalo de tempo limitado.

A função do relé de proteção contra sobrecarga é desligar a alimentação antes que sejam atingidos os valores de corrente e de tempo que causam deterioração da isolação.

São dois os tipos de relé de proteção contra sobrecarga, conforme princípio construtivo:

- Relés de sobrecarga bimetálico
- Relés de sobrecarga eletrônico

O relé de sobrecarga bimetálico

Neste relé o sensor é uma lâmina bimetálica dentro de uma espiral pela qual passa a corrente de carga do circuito. O valor de corrente conduzida pela espiral aquece a lâmina bimetálica que se dilata e inclina provocando o desligamento do contato que irá desenergizar a bobina abrindo o contator ou o disparo do disjuntor desligando a carga.

Note-se que este sensor atua pelo aquecimento provocado pela corrente da carga e não atua por sobreaquecimento no motor de outras origens como por exemplo, obstrução da entrada de ventilação.

Apresentamos a seguir o princípio construtivo e um desenho esquemático de um relé de sobrecarga bimetálico.

A lâmina bimetálica é constituída por lâminas, soldadas, de dois metais com coeficientes de dilatação diferentes (níquel e ferro, por exemplo) que se curva deslocando o cursor do relé (5) que desligará o contato (2) ou o disparo do disjuntor.

O relé de sobrecarga bimetálico deve se ajustar a permitir a corrente de partida de um motor.

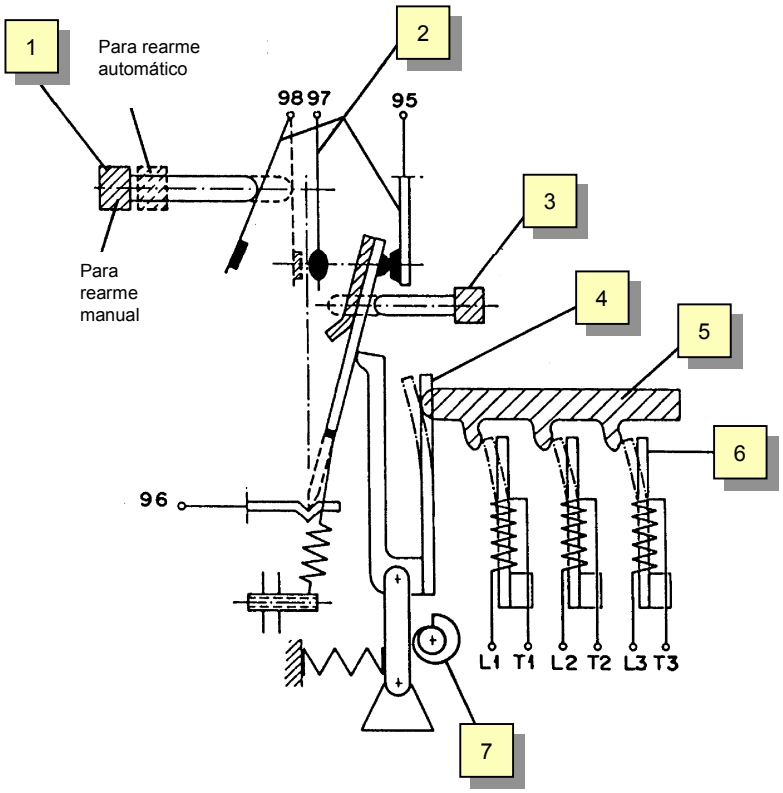
O relé de sobrecarga bimetálico deve ter uma curva corrente-tempo de acordo com a curva correspondente da carga que vai proteger; em outras palavras, o relé deve de uma certa forma ser uma imagem térmica da carga.

Relé de sobrecarga bimetálico com sensibilidade à falta de fase

O relé de sobrecarga bimetálico com sensibilidade à falta de fase apresenta duas curvas de corrente-tempo: uma para sobrecarga trifásica e outra para falta de fase.

Salientamos que a curva do relé é feita a partir da posição da lâmina sem a passagem de corrente (estado frio) enquanto que em serviço a lâmina estará pré-aquecida pela corrente de carga normal e o tempo real de desligamento será menor, considerando-se aceitável um tempo da ordem de 25% do tempo à partir do estado frio.

Princípio construtivo



1 - Botão de rearme

2 - Contatos auxiliares

3 - Botão de teste

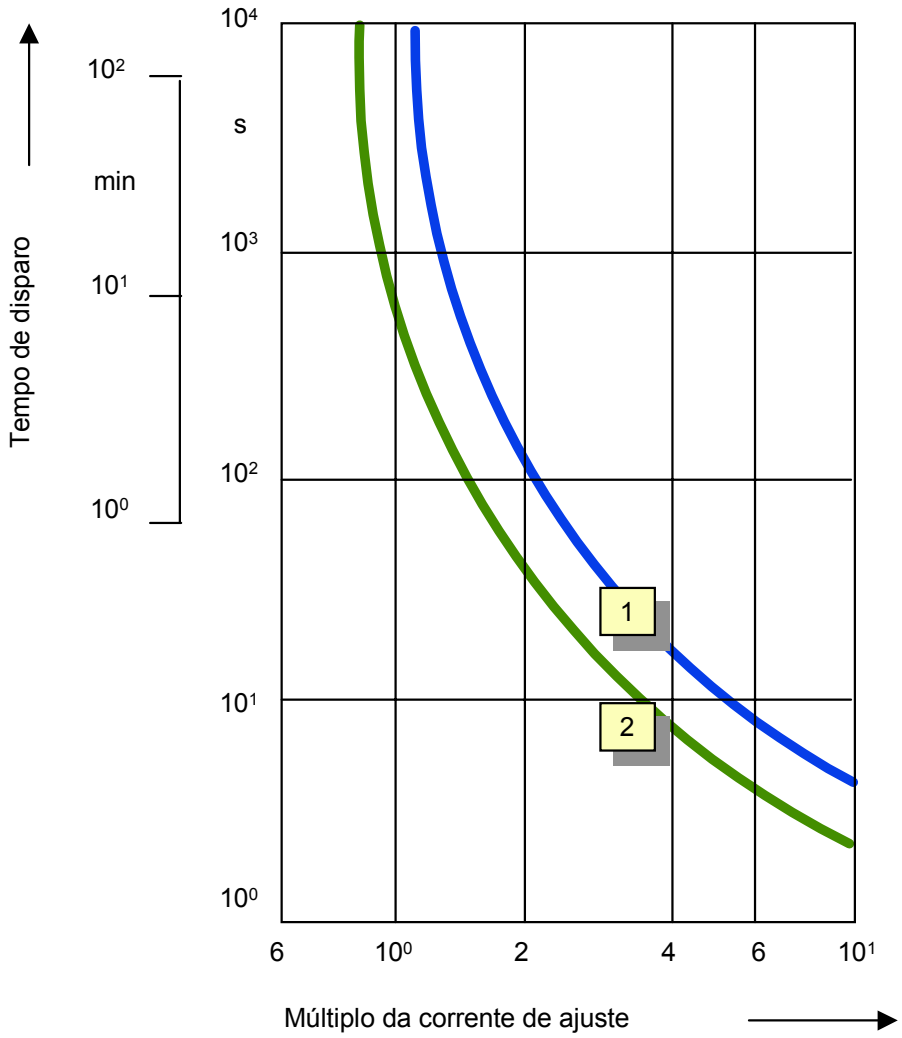
4 - Lâmina bimetálica auxiliar

5 - Cursor de arraste

6 - Lâmina bimetálica principal

7 - Ajuste de corrente

Curvas características típicas de disparo



1 – Carga trifásica equilibrada

2 – Carga bifásica (falta de uma fase)

O relé de sobrecarga eletrônico

Um relé de sobrecarga eletrônico, além de atuar em função da corrente da carga, pode detectar aquecimento do equipamento protegido. Em outras palavras, um relé de sobrecarga eletrônico pode permitir através de sensores de temperatura no motor, a proteção contra sobreaquecimento.

SIEMENS

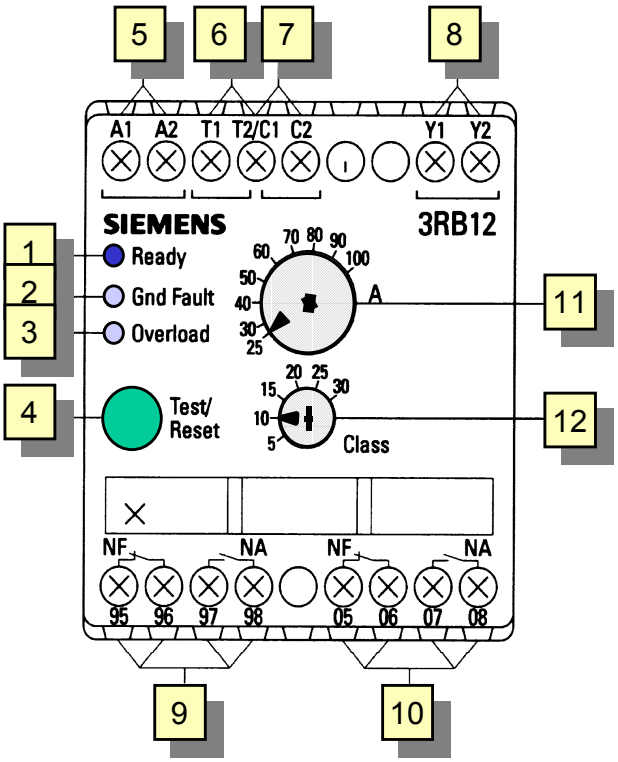
O relé de sobrecarga eletrônico, além de atuar em função da corrente da carga, pode:

- supervisionar a temperatura no motor através de sensores de temperatura;
- as curvas tempo-corrente podem ser ajustadas para o tempo de partida;
- no caso do rotor bloqueado a atuação é rápida.

Um relé de sobrecarga eletrônico pode inclur outras funções como detecção de corrente de fuga.

Nas figuras a seguir são apresentados uns desenhos esquemáticos de um relé de sobrecarga eletrônico e suas características.

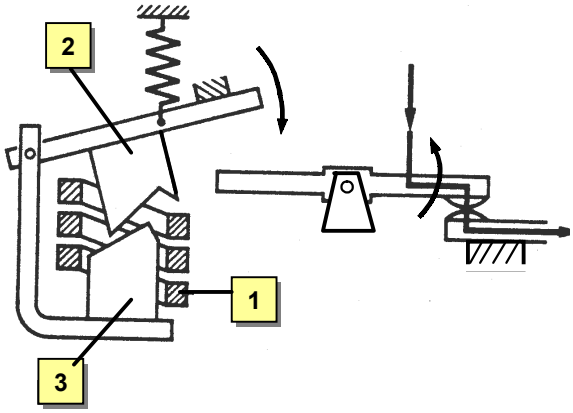
Relé de sobrecarga eletrônico



1 - Sinalização pronto para operar (LED verde)
2 - Sinalização de disparo por corrente de fuga (LED vermelho)
3 - Sinalização disparo por sobrecarga ou pelos termistores (LED vermelho)
4 - Rearme e teste
5 - Ligação para tensão de comando
6 - Ligação para os termistores
7 - Ligação para corrente de fuga pelo transformador de corrente 3UL22
8 - Ligação para rearme à distância ou automático
9 - Contatos auxiliares 1NA + 1NF para sobrecarga ou termistores
10 - Contatos auxiliares 1NA + 1NF para corrente de fuga

Disparador de curto-circuito de um disjuntor

O disparador de curto-circuito de um disjuntor pode ser do tipo eletromagnético, de atuação instantânea e completando a proteção contra as sobrecorrentes. A construção é simples e pode ser representada esquematicamente pela figura abaixo.



1 – Bobina eletromagnética

2 – Núcleo móvel e mecanismo de atuação

3 – Base e núcleo fixo

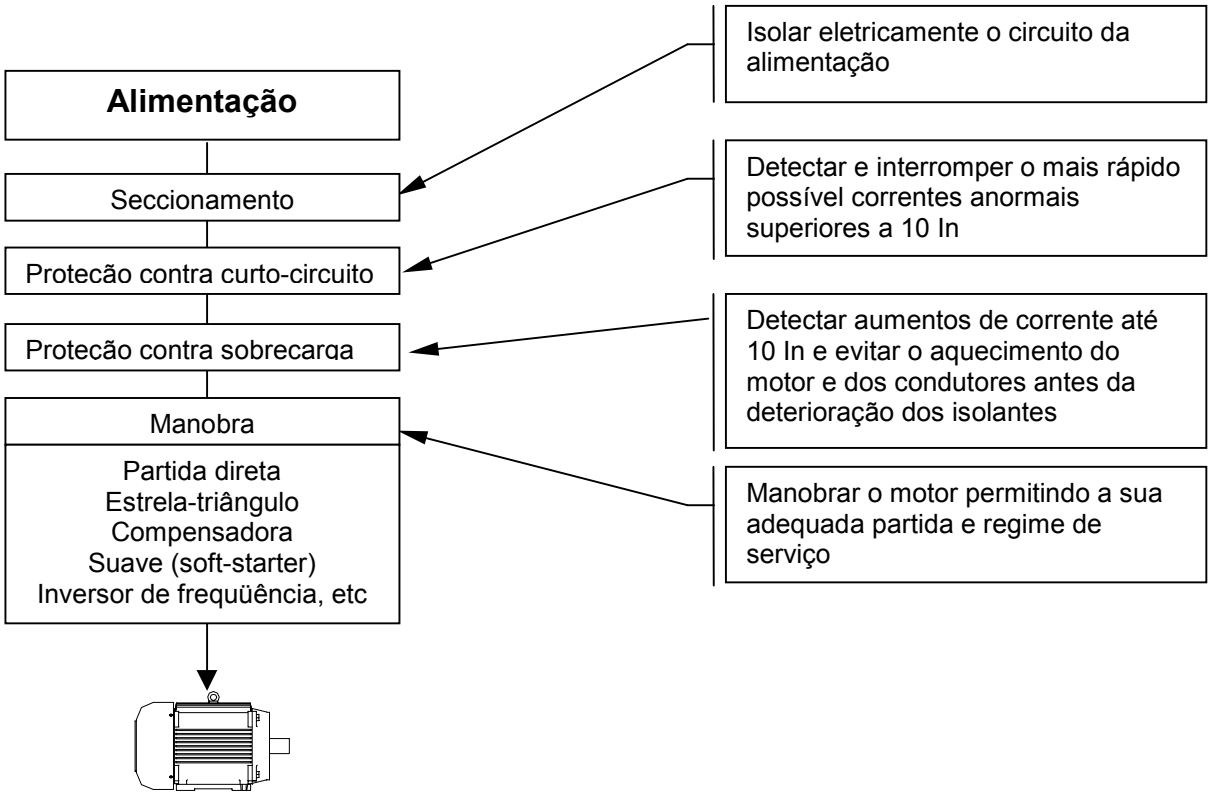
A passagem da corrente pela bobina (1) cria um campo magnético que por sua vez dá origem a uma força que irá deslocar o núcleo móvel (2) em direção à base (3). Essa força é contrabalanceada pela ação da mola que "segura" a peça móvel enquanto a força de atração for a correspondente às correntes de carga (I_n) e sobrecarga. (I_r) até ser atingida a corrente e curto-circuito (I_K).

5. Métodos de Partida e Alimentação de Motores: Critérios de Dimensionamento, Esquemas de Força e Comando

Como já de conhecimento a corrente absorvida da rede pelo motor de indução trifásico durante a partida é bastante elevada, podendo atingir valores da ordem de 8 vezes a corrente de funcionamento em regime permanente de operação. Esta elevada corrente absorvida pelo motor percorre toda a rede de alimentação que deverá ser dimensionada para suportá-la. Essas correntes de partida também podem provocar necessidade de ajuste da proteção, pois o sistema de proteção deverá, de algum modo, "reconhecer" que a corrente de partida não é uma sobrecarga que deve provocar o desligamento do motor.

Analisando-se o circuito equivalente do motor apresentado anteriormente, observa-se que, para diminuir a corrente absorvida da rede, é necessário aumentar a impedância equivalente ou diminuir a tensão de alimentação. Métodos de partida são aplicados em razão de atenuar a intensidade da corrente de partida, e permitir adequado acionamento do motor-máquina.

A seguir vamos analisar alguns dos mais usuais desses métodos de partida, onde a estrutura do sistema é dado como o esquema abaixo:



Critérios para definição do método de partida:

- Característica da máquina a ser acionada
- Circunstância de disponibilidade da potência de alimentação
- Confiabilidade de serviço
- Distância da fonte de alimentação, devido a condição de queda de tensão (normal).

A corrente na partida é muito maior que a de funcionamento normal em carga e a potência absorvida é determinada pela potência mecânica no eixo, podendo resultar em sobrecarga na rede.

São quatros os métodos disponíveis para partida de motores:

- Direta
- Estrela-triângulo
- Compensadora com auto-transformador
- Suave (soft-starter) com eletrônica de potência.

A escolha entre os métodos deve considerar:

- Custos relativos entre motor e sistema de partida
- Perturbações: introduzidas na rede de alimentação
- Qualidade da partida: não são admitidos trancos em certas máquinas
- Distância da fonte de alimentação: influencia a queda de tensão

Coordenação de proteção

- Uma chave de partida, além de atender a capacidade da carga (por ex.: motor trifásico - categoria de utilização AC-3) é orientada por norma a obedecer determinados resultados quando sujeita a anormalidade de pior caso, ou seja, um curto-circuito pleno
- Um curto-circuito pleno é dado como uma fatalidade. A experiência tem registrado que um curto-circuito de ordem prática é de menos que 50% do pleno (pior caso)
- Desta forma a escolha do tipo de coordenação deve considerar as condições práticas de probabilidade do curto-circuito e as exigências de serviço da instalação.

Coordenação de proteção conforme IEC 60 947-4

- Coordenação tipo 1

  Sem riscos para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. A chave estará incapaz de continuar funcionando após desligamento, permitindo danos ao contator e ao relé de sobrecarga

- Coordenação tipo 2

  Sem riscos para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. Não pode haver danos ao relé de sobrecarga ou em outras partes com exceção de leve fundição dos contatos do contator e estes permitam fácil separação sem deformação significativa.

Definições para aplicação das coordenações de proteção

- Aplicação econômica

  - Tipo 1 para corrente presumida de curto-circuito - Iq = 50 kA

  Permite utilizar componentes básicos com dimensionamento conforme a corrente nominal da carga e com custos baixos

- Aplicação prática

  - Tipo 1 para corrente presumida de curto-circuito - Iq = 50 kA

  - Tipo 2 para a corrente de curto-circuito prática - r

  Em base a corrente de curto-circuito prática no ponto de instalação, permite utilizar componentes básicos e otimizar o dimensionamento

- Aplicação a mais segura

  - Tipo 2 para corrente presumida de curto-circuito - Iq = 50 kA

  Assegura o aproveitamento do contator e relé de sobrecarga através de ajuste do dimensionamento e conseqüente custo elevado

Corrente de curto-circuito: adotar os valores práticos da IEC 60 947-4 para escolha da coordenação de proteção ao invés da referência da corrente máxima de curto-circuito.

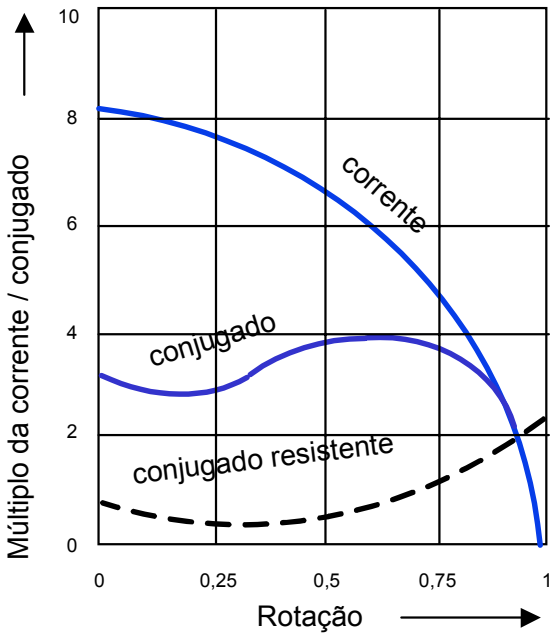
Corrente nominal I_e / AC-3 em A					**Corrente de curto-circuito prática "r" I_{kr} em kA**
0	<	I_e	≤	16	1
16	<	I_e	≤	63	3
63	<	I_e	≤	125	5
125	<	I_e	≤	315	10
315	<	I_e	≤	630	18
630	<	I_e	≤	1000	30
1000	<	I_e	≤	1600	42

5.1. Partida Direta

Dizemos que a partida é direta quando alimentamos o motor com sua tensão nominal. Ao fazer isto, solicitamos a fonte com uma corrente de 6 a 8 vezes a corrente nominal do motor. Isto pode causar queda de tensão na alimentação que seja para a rede ou para outros consumidores da mesma instalação.

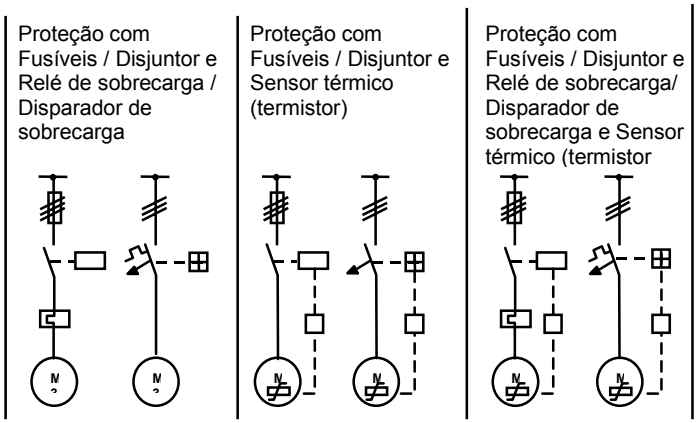
As normas brasileiras de instalações elétricas em baixa tensão NBR-5410 estabelece como limite para partida direta a potência de 5 cv em quando a alimentação é fornecida por concessionária de energia que não defina limites.

O desenvolvimento da partida se dá conforme o diagrama a seguir



Este tipo de partida se aplica a máquinas com qualquer tipo de carga, máquinas que permitem normalmente suportar o conjugado (torque) de aceleração, fonte de disponibilidade de potência para alimentação e que exijam confiabilidade de serviço pela composição e comando simples.

A tabela a seguir demonstra três formas de composição de um sistema de partida em base a qualidade da proteção do motor

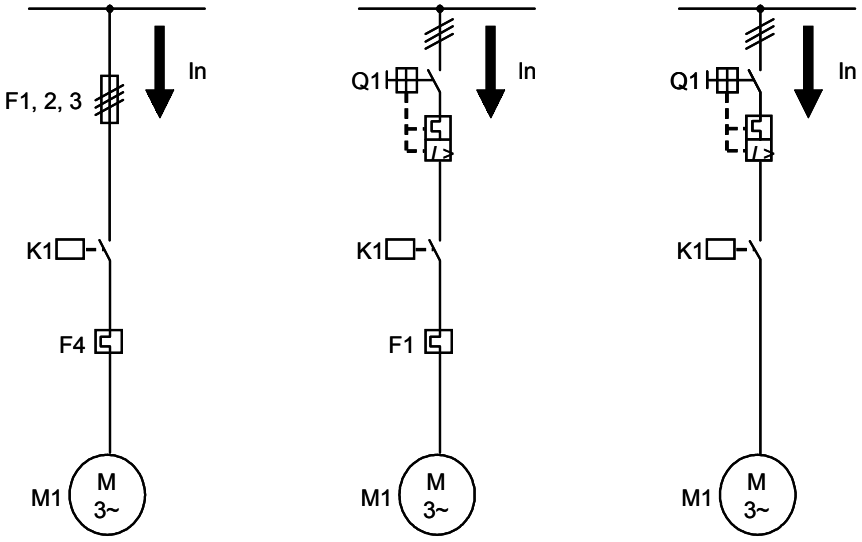


Causas de aquecimento	**Proteção dos motores**		
Sobrecarga em regime de operação	Total	Total	Total
Falta de fase	Total	Total	Total
Desvios de tensão e freqüência	Total	Total	Total
Rotor bloqueado	Total	Parcial	Total
Partida difícil (prolongada)	Sem	Total	Total
Elevada freqüência de manobras	Parcial	Total	Total
Temperatura elevada (no motor)	Sem	Total	Total
Obstrução do resfriamento (no motor)	Sem	Total	Total

A maioria dos motores instalados atualmente são protegidos de acordo com a primeira solução (1ª coluna). Para as máquinas de elevada importância e confiabilidade é aplicada a terceira solução (3º coluna).

Partida direta

Definição dos valores de corrente para especificação dos componentes



In – Corrente nominal do motor

5.2. Partida Estrela-Triângulo

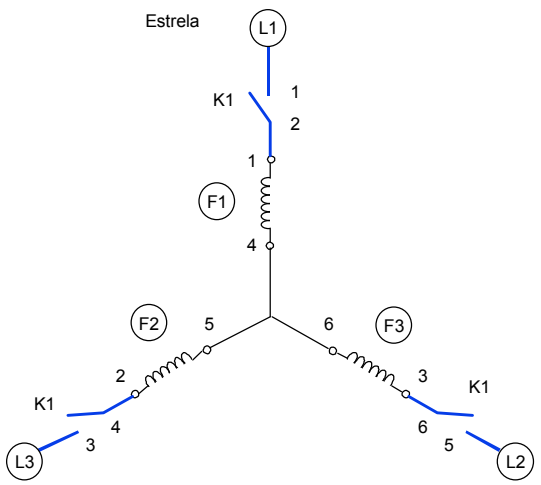
Para este tipo de partida o motor deve ter acessíveis as 3 entradas e saídas dos enrolamentos.

Atingida a rotação e a corrente nominal pode-se comutar para a ligação em triângulo, quando a corrente será igual à corrente nominal .

Na passagem de uma posição a outra há uma elevação brusca do conjugado que produz um tranco no eixo da máquina.

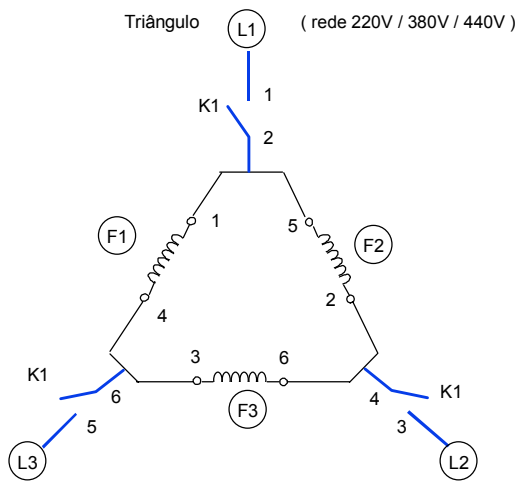
Essa operação produz uma diminuição na vida útil da máquina.

Período de partida



Rotação em sentido horário

Período nominal

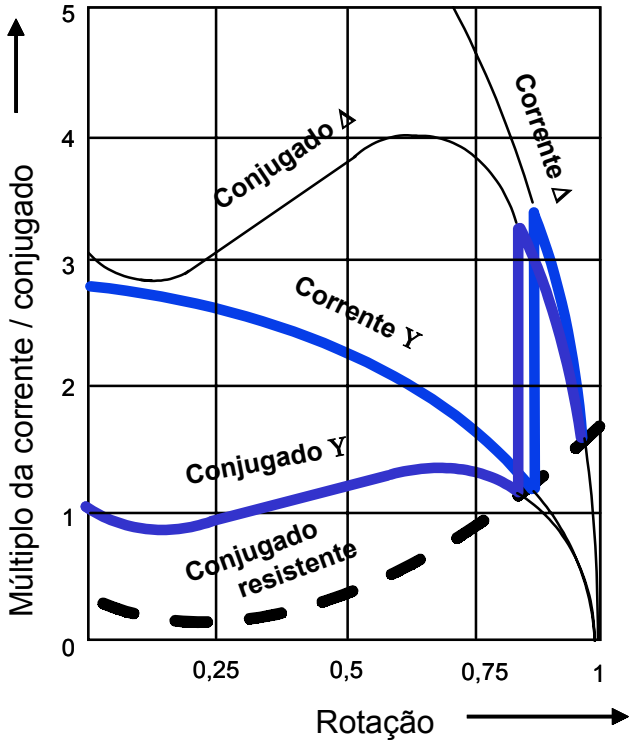


Rotação em sentido horário

L1 L2 L3 - Rede

F1 F2 F3 - Enrolamento do motor

Rotação em sentido horário



A corrente absorvida da rede de alimentação, durante a partida, também é um terço da corrente em regime permanente. Isto porque a corrente absorvida da rede é igual a corrente que percorre o estator (pois a ligação durante a partida é estrela), que por sua vez é proporcional a tensão que é aplicada ao estator, que é $\sqrt{3}$ vezes menor do que a tensão plena. Note que em regime permanente, além da tensão aplicada no estator ser a tensão plena (portanto $\sqrt{3}$ maior do que aquela aplicada durante a partida), resultando portanto em corrente no estator $\sqrt{3}$ vezes maior, a ligação em triângulo que permanece na operação de regime, determina que a corrente absorvida da rede seja $\sqrt{3}$ vezes maior do que aquela que percorre a fase (o estator). Vale dizer então, que a corrente absorvida da rede durante a partida é:

Iabs(partida) = Iestator(em estrela) = (V/ $\sqrt{3}$)/Z ,

Onde

Z impedância do motor

e corrente absorvida da rede em regime permanente é:

Iabs(regime) = Iestator(em triângulo) = $\sqrt{3}$ (V/Z);

Portanto:

Iabs(regime) / Iabs(partida) = ($\sqrt{3}$ (V/Z) / ((V/ $\sqrt{3}$)/Z) = 3

Se, uma vez passada a fase de partida, ou seja, o motor estiver alcançado sua rotação nominal e assim a corrente já forem nominais, então podemos comutar os enrolamentos para ligação de funcionamento normal, que então será ligada em triângulo, como uma corrente nominal (In).

A comutação da ligação estrela para a triângulo, dentro de um regime de carga bem definido, é feita automaticamente, por meio de relé de tempo associado ao comando de contatores.

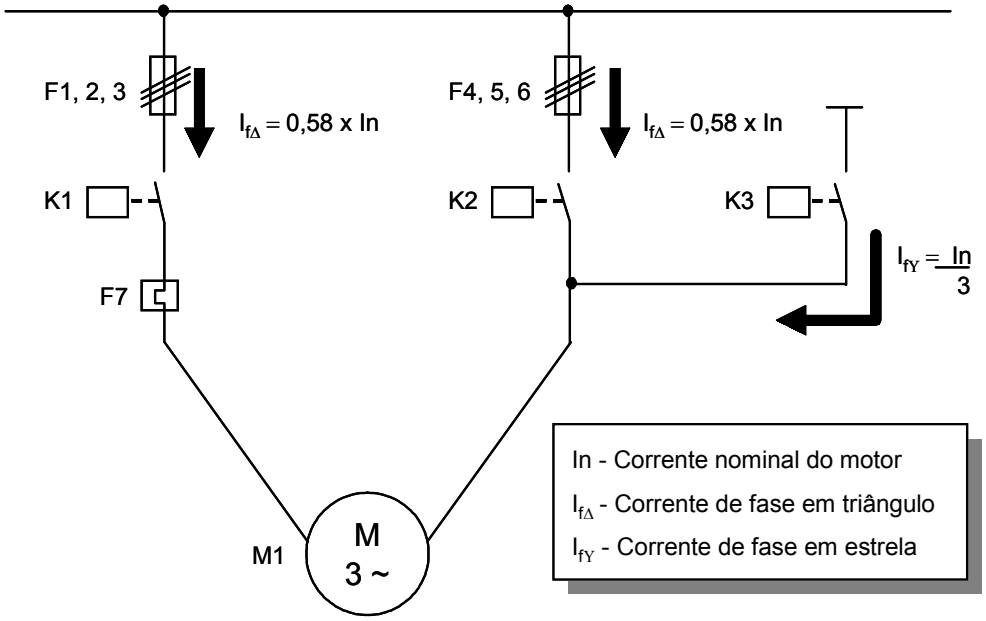
Temos que lembrar que esta comutação leva a um aumento de três vezes o valor da corrente, o que acarreta impactos mecânicos não admissíveis à máquina ou até a fadiga mecânica da máquina e do eixo do motor, reduzindo a vida útil das partes mecânicas envolvidas.

As características básicas desse acionamento são:

- aplica-se a acionamentos de máquinas que partem em vazio ou com conjugado baixo,
- baixa disponibilidade de potência para alimentação,
- a execução da partida é parametrizada em tempo,
- aplicável em motores a serem acionados em grande distância, otimizando os condutores,
- a corrente de partida Ip=1.8 a 2.6 x In.

Partida estrela-triângulo

Definição dos valores de corrente para especificação dos componentes



5.3. Partida Compensadora com Auto-Transformador

É uma solução intermediária entre a partida direta e a estrela triângulo, no sentido que permite o acionamento de máquinas grandes que partem com carga já próximas da plena carga.

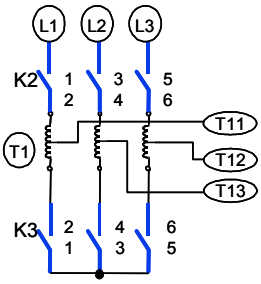
Para redução da corrente de partida é usado um auto-transformador com 2 ou 3 derivações. A maioria dos auto-transformadores atualmente empregados é com duas derivações (65% e 80%).

O procedimento normal é tentar a partida com a derivação de menor tensão (65%) e se não for conseguida em tempo razoável a rotação nominal, passar as ligações para a derivação 80%. Além da variação da tensão é possível acertar o tempo de partida por um relé de tempo. O comando pode ser feito a grandes distâncias otimizando os condutores de força.

Ao se passar da posição final (100% da tensão nominal) também a máquina sofre um solavanco com a elevação rápida do conjugado, como indicado no gráfico a seguir.

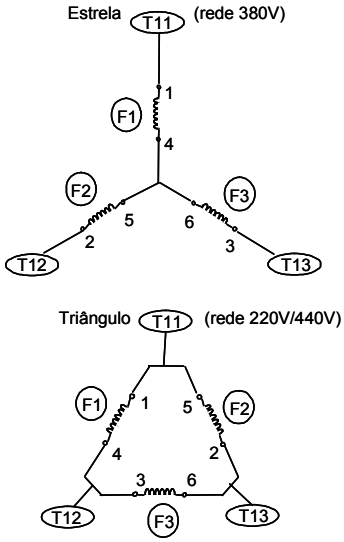
Esquema de ligação dos enrolamentos

Período de partida



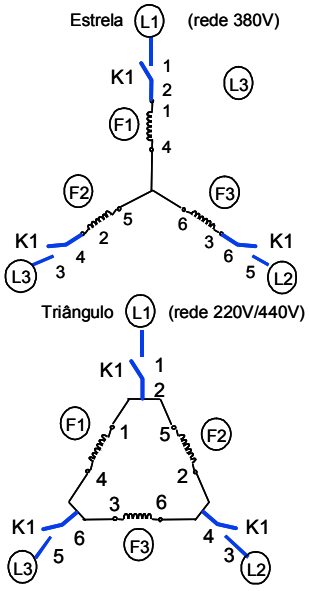
T1 Auto-transformador

T11, T12, T13 Tensão reduzida do auto-transformador



Rotação em sentido horário

Período nominal

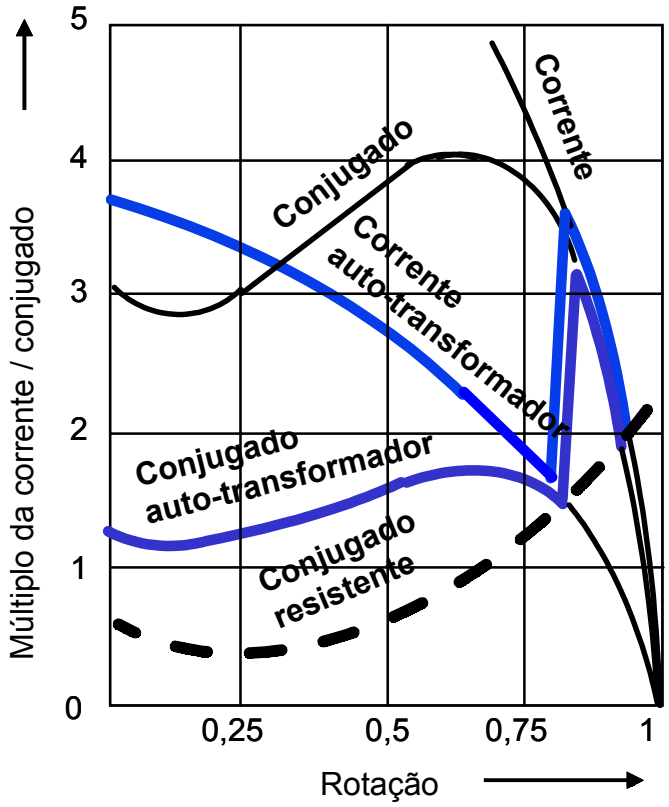


Rotação em sentido horário

L1 L2 L3 - Rede

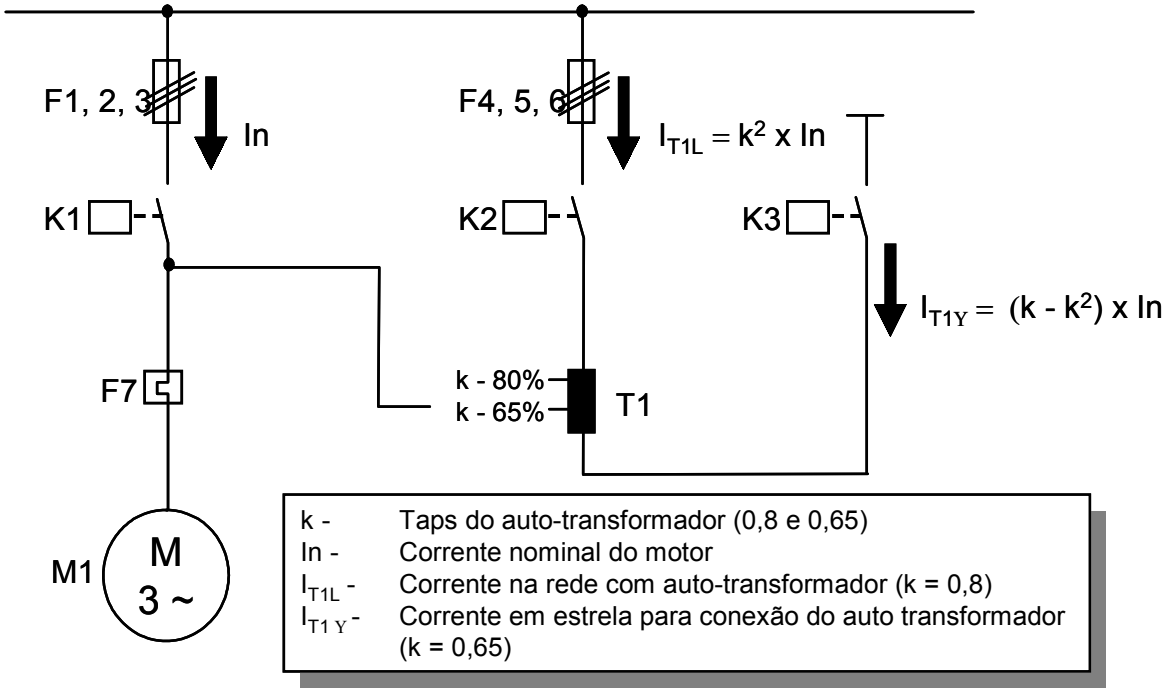
F1 F2 F3 - Enrolamento do motor

Rotação em sentido horário



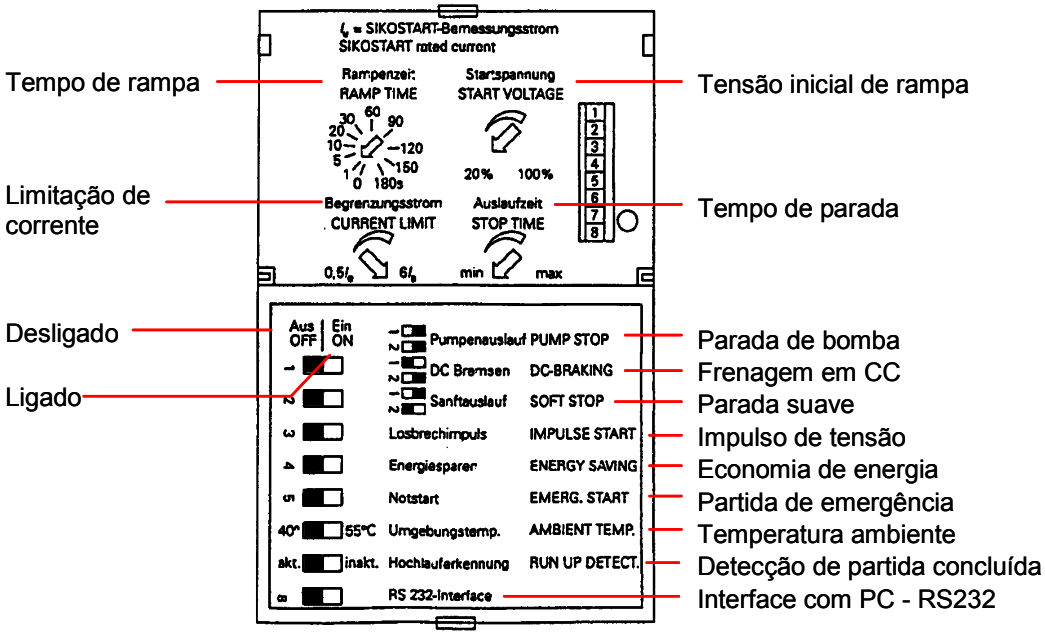
Partida por auto-transformador (compensadora)

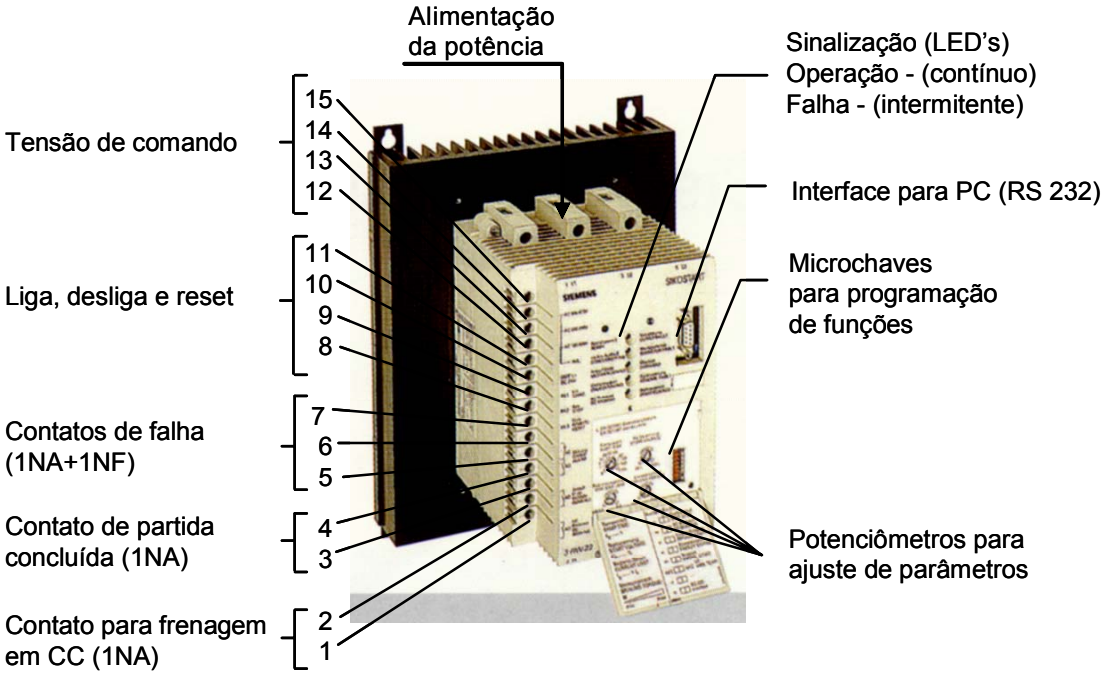
Definição dos valores de corrente para especificação dos componentes



k -	Taps do auto-transformador (0,8 e 0,65)
In -	Corrente nominal do motor
I_{T1L} -	Corrente na rede com auto-transformador (k = 0,8)
I_{T1Y} -	Corrente em estrela para conexão do auto transformador (k = 0,65)

5.4. Partida Suave (Soft-Starter)





Como vimos anteriormente, tanto a partida estrela-triângulo como a partida compensadora provocam solavancos ao passarem de uma posição de tensão reduzida para a posição de tensão plena.

Para as cargas que exijam acionamentos suaves acopladas a motores de grande porte usa-se atualmente a partida suave com eletrônica de potência (soft-starter). É o caso dos ventiladores, bombas e compressores de grande porte, esteiras transportadoras de potência, máquinas de grande momento de inércia, etc.

É um dispositivo de manobra (microprocessado), adequado para partida e parada suave de motores assíncronos trifásicos, onde desejamos eliminar os altos conjugados de aceleração do motor e picos de corrente na partida. A partida suave é atualmente a mais utilizada em cargas acionadas por motores de potências superiores, operando em categoria de emprego AC-2 e AC-3. Assim, sua aplicação é mais encontrada em ventiladores, esteiras transportadoras, bombas, compressores, máquinas com grande momento de inércia de modo geral, e outros semelhantes.

Dados para uma melhor especificação podem ser inseridos em um programa de simulação em PC e um programa de comunicação para colocação em operação, gerenciamento e manobra em PC. Através de um programa de comunicação/parametrização podemos colocá-lo em operação, gerenciar e manobrar através de um PC.

Como principais características podemos mencionar:

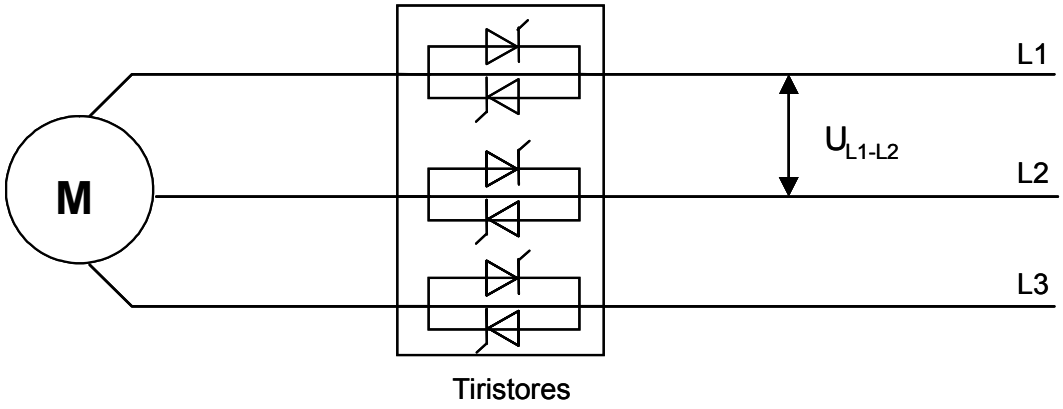
- Aplicação no acionamento de máquinas que partem em vazio e com carga;
- Permite parametrização de tensão oferecendo uma aceleração/desaceleração progressiva e uniforme da máquina, o que possibilita a redução da potência necessária;
- A qualidade de supervisão precisa ser de nível mais sofisticado;
- Ausência de choques mecânicos (trancos) na aceleração/desaceleração da máquina, o que aumenta consideravelmente os intervalos de manutenção contribuindo para uma maior VIDA ÚTIL do equipamento e
- Pelas características básicas, tem substituído a partida por auto-transformador (compensadora) e estrela-triângulo.

Neste método de partida, o controle da potência fornecida na fase de partida é feita mediante um escalonamento da fração da tensão de alimentação fornecida a cada instante, em um dado número de semicíclos de tensão, que pode ser ajustado às características desejadas, até o seu valor pleno. Esse programa de escalonamento é executado por meio de um par de tiristores por fase, ligados em anti-paralelo, e que atuam em função de um programa previamente estipulado.

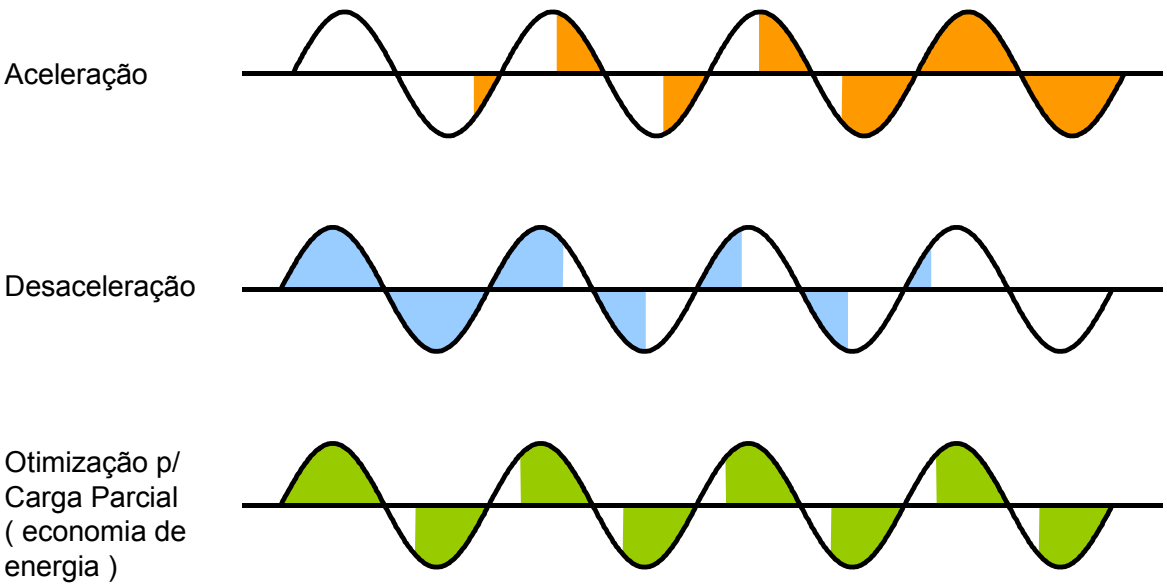
Com esse procedimento, tem-se a possibilidade de partir do estado de repouso e chegar ao de rotação plena, através de uma série de degraus, cuja variação atende plenamente à própria curva de carga.

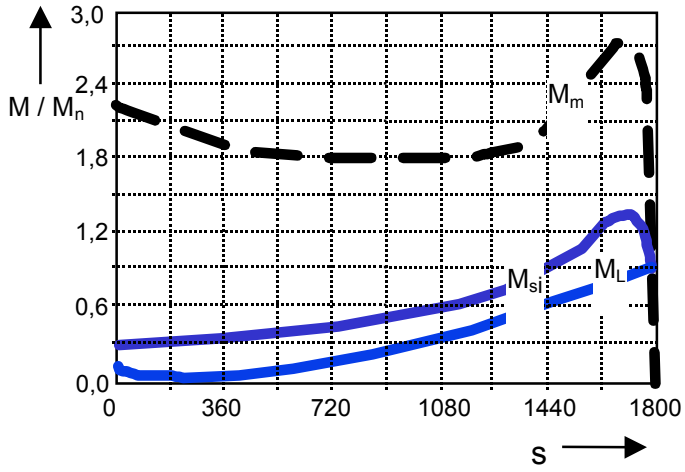
O que é feito na aceleração, pode ser feito, no sentido inverso, na desaceleração, partindo-se da onda de tensão plena e chegando-se, passo a passo, a interrupção total da ondas de tensão.

As figuras a seguir ilustram esse procedimento.



Variação de tensão no motor



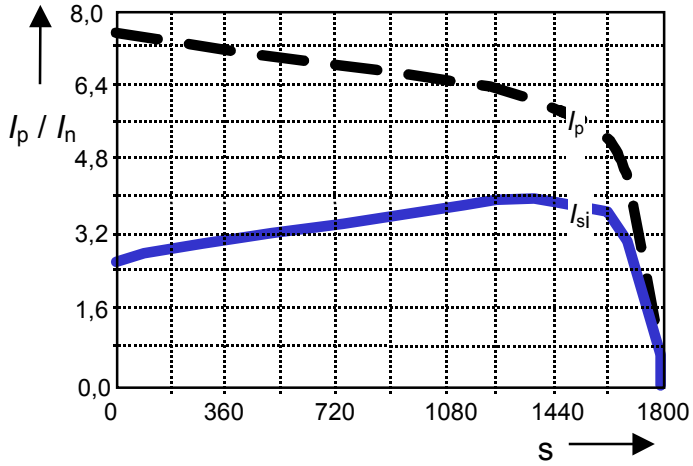


M_m - Conjugado de partida direta

M_{si} - Conjugado de partida suave

M_L - Conjugado da carga

Desenvolvimento da corrente com a rotação

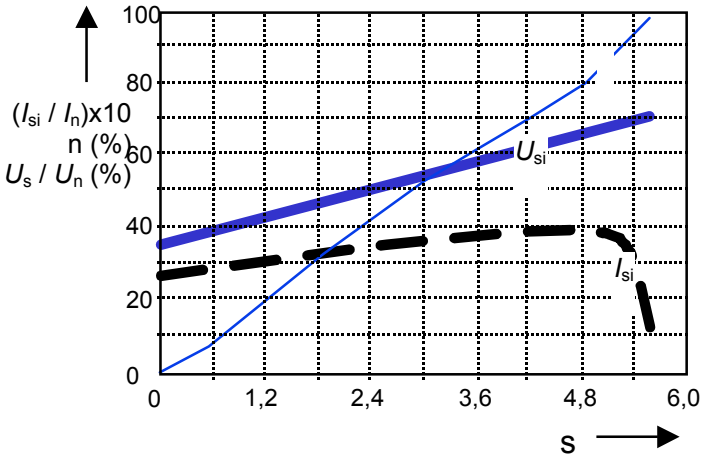


I_n – Corrente nominal

I_p - Corrente de partida direta

I_{si} - Corrente de partida suave

Desenvolvimento da tensão, corrente e rotação no tempo de partida



U_s – Tensão nominal

U_n – Tensão nominal

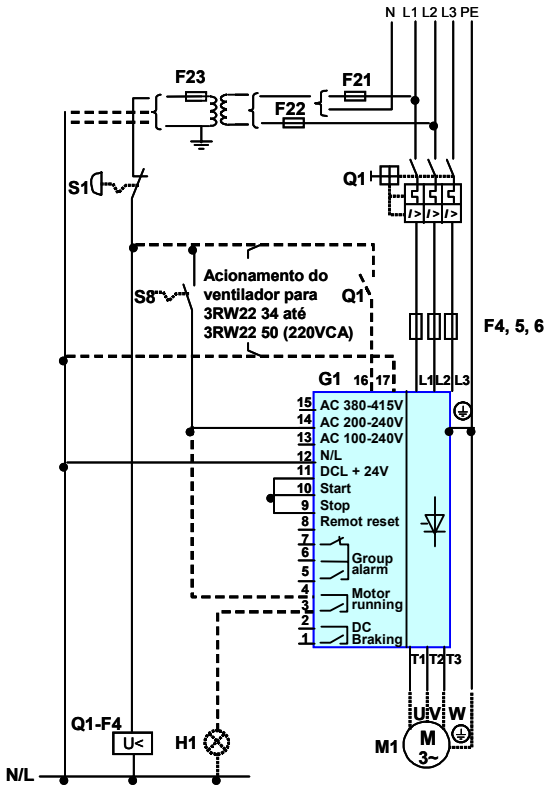
U_{si} - Tensão em rampa de partida suave

I_{si} - Corrente de partida suave

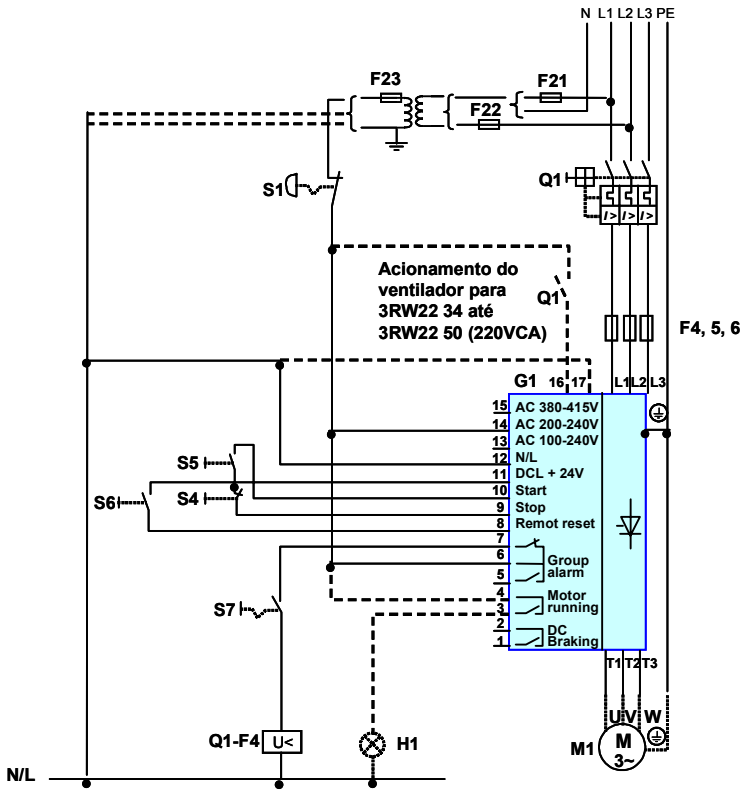
n - Rotação da partida suave

Dispositivo para partida e parada suave

Dispositivo e seus componentes



Q1 - Disjuntor (contatos auxiliares do disjuntor, consultar catálogo)
F21 a F23 - Fusíveis de comando
T1 - Transformador de comando
F4, 5 e 6 - Fusíveis
G1 - Dispositivo de partida suave (soft-starter)
M1 - Motor
S1 - Botões do comando de emergência
S2, S3 - Botões de comando
S4 - Botão de “reset”
S5 - Botão de comando (preparação do acionamento)
Q1 - F4 - Relé de mínima tensão (do disjuntor, consultar catálogo)
H1 - Sinalização



Q1 - Disjuntor (contatos auxiliares do disjuntor, consultar catálogo)
F21 a F23 - Fusíveis de comando
T1 - Transformador de comando
F4, 5 e 6 - Fusíveis
G1 - Dispositivo de partida suave (soft-starter)
M1 - Motor
S1 - Botões do comando de emergência
S2, S3 - Botões de comando
S4 - Botão de “reset”
S5 - Botão de comando (preparação do acionamento)
Q1 - F4 - Relé de mínima tensão (do disjuntor, consultar catálogo)
H1 – Sinalização

5.5 Correção do Fator de Potência

Sabemos que o fator de potência é parte da determinação da potência ativa, que se transforma em trabalho útil. Esse fator de potência depende do tipo de carga: são as cargas resistivas que tem seu valor mais elevado (praticamente igual a unidade), e cargas indutivas, que tem valores sensivelmente menores (da ordem de 0,65-0,70).

Sabemos que esse fator de potência resulta do defasamento vetorial entre tensão e corrente, e que o defasamento indutivo é contrario ao capacitivo. Portanto, se temos um baixo fator de potência indutivo, podemos compensa-lo sobrepondo a ele um defasamento capacitivo.

Isso, na realidade, se faz, associando motores (carga indutiva) com capacitores (carga capacitiva). Nesse sentido, para possibilitar uma rápida correção do fator de potência da carga principal ligada, se essa tem baixo fator de potência, podemos utilizar o esquema de ligação de capacitores indicado, para uma compensação individual, que, porém não é a única existente. Indicamos ainda uma tabela que possibilita o calculo da potência capacitiva a ser instalada, em função do fator de potência que se quer alcançar. Valores de referência são compreendidos entre 0,95 e 0,98, lembrando que, pela atual legislação da área energética, o valor mínimo é de 0,92.

6. Glossário

Para o devido entendimento dos termos técnicos utilizados nesse texto, destacamos os que seguem, extraídos das respectivas normas técnicas.

6.1 Seccionadores

Dispositivo de manobra (mecânico) que assegura, na posição aberta, uma distância de isolamento que satisfaz requisitos de segurança especificados.

Nota: um seccionador deve ser capaz de fechar ou abrir um circuito, ou quando a corrente estabelecida ou interrompida é desprezível, ou quando não se verifica uma variação significativa na tensão entre terminais de cada um dos seus pólos.

Um seccionador deve ser capaz também de conduzir correntes em condições normais de circuito, e também de conduzir por tempo especificado, as correntes em condições anormais do circuito, tais como as de curto-circuito.

Interruptor

Chave seca de baixa tensão, de construção e características elétricas adequadas à manobra de circuitos de iluminação em instalações prediais, de aparelhos eletrodomésticos e luminárias, e aplicações equivalentes.

Nota do autor: essa manobra é entendida como sendo em condições nominais de serviço. Portanto, o interruptor interrompe cargas nominais.

Contator

Dispositivo de manobra (mecânico) de operação não manual, que tem uma única posição de repouso e é capaz de estabelecer (ligar), conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, inclusive sobrecargas de funcionamento previstas.

Disjuntor

Dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção, capaz de estabelecer (ligar), conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir por tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito.

Fusível encapsulado

Fusível cujo elemento fusível é completamente encerrado num invólucro fechado, o qual é capaz de impedir a formação de arco externo e a emissão de gases, chama ou partículas metálicas para o exterior quando da fusão do elemento fusível, dentro dos limites de sua característica nominal.

Relé (elétrico)

Dispositivo elétrico destinado a produzir modificações súbitas e predeterminado em um ou mais circuitos elétricos de saída, quando certas condições são satisfeitas no circuito de entrada que controlam o dispositivo.

Notas do autor: O relé seja de que tipo for, não interrompe o circuito principal, mas sim faz atuar o dispositivo de manobra desse circuito principal.

Assim, por exemplo, existem relés que atuam em sobrecorrente de sobrecarga ou de curto-circuito, ou de relés que atuam perante uma variação inadmissível de tensão.

Por outro lado, os reles de sobrecorrente perante sobrecarga (ou simplesmente relés de sobrecarga), por razões construtivas, podem ser térmicos (quando atuam em função do efeito joule da corrente sobre sensores bimetálicos), ou senão eletrônicos, que atuam em função de sobrecarga e que podem adicionalmente ter outras funções, como supervisão dos termistores (que são componentes semicondutores), ou da corrente de fuga.

Quanto as grandezas elétricas mais utilizadas nesse estudo, destacamos:

Corrente nominal

Corrente cujo valor é especificado pelo fabricante do dispositivo.

Nota do autor: Essa corrente é obtida quando da realização dos ensaios normalizados, conforme comentário anterior.

Corrente de curto-circuito

Sobrecorrente que resulta de uma falha, de impedância insignificante entre condutores energizados que apresentam uma diferença de potencial em funcionamento normal.

Corrente de partida

Valor eficaz da corrente absorvida pelo motor durante a partida, determinado por meio das características corrente-velocidade.

Sobrecorrente

Corrente cujo valor excede o valor nominal.

Sobrecarga

A parte da carga existente que excede a plena carga.

Nota: Esse termo não deve ser utilizado como sinônimo de “sobrecorrente”.

Nota do autor: “Sobrecorrente” é um termo que engloba a “sobrecarga” e o “curto-circuito”.

Capacidade de interrupção

Um valor de corrente de interrupção que o dispositivo é capaz de interromper, sob uma tensão dada e em condições prescritas de emprego e funcionamento, dadas em normas individuais.

Notas do autor: A “capacidade de interrupção” era antigamente chamada de “capacidade de ruptura”, termo que não deve mais ser usado. O valor da “capacidade de interrupção” é de particular importância na indicação das características de disjuntores, que são, por definição, dispositivos capazes de interromper correntes de curto-circuito, o que os demais dispositivos de manobra não fazem.

Resistência de contato

Resistência elétrica entre duas superfícies de contato, unida em condições especificada.

Nota do autor: esse valor é de particular interesse entre peças de contato, onde se destaca o uso de metais de baixa resistência de contato, que são normalmente produzidos por metais de baixo índice de oxidação, ou senão ainda, quando duas peças condutoras são colocadas em contato físico, passando a corrente elétrica de uma superfície a outra.

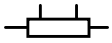
É por exemplo, o que acontece entre o encaixe de fusíveis na base e a peça externa de contato do fusível, que não pode ser fabricada com materiais que possam apresentar elevada resistência de contato.

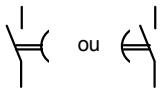
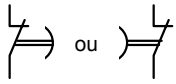
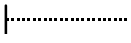
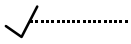
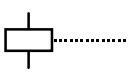
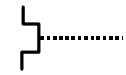
Utilização dos contatores

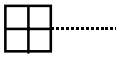
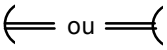
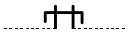
Desvio dos valores nominais de operação

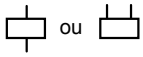
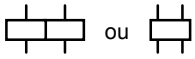
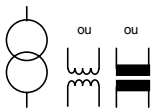
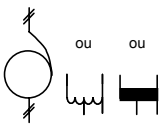
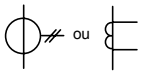
Defeitos	Causas
Ruído de vibração Perda acelerada de massa dos contatos Destruição dos contatos Destruição da bobina (~1min)	Subtensão no comando Transformador de comando sub-dimensionado Tensão de comando derivada da potência Falha de conexão e condução
Soldagem leve (separável) Área de brilho fosco Perda de massa com deformações do contato Áreas fundidas Soldagem intensa (inseparável)	Capacidade de ligação e condução inadequada
Perda acelerada da massa dos contatos Destruição das partes adjacentes aos contatos	Capacidade de interrupção inadequada
Destruição das partes adjacentes aos contatos Soldagem intensa (não separável)	Durabilidade elétrica inadequada
Soldagem leve (separável) Área de brilho fosco Destruição dos contatos	Freqüência de manobras inadequada
Perda de massa com pingos de derretimento Destruição das partes adjacentes aos contatos	Curto-circuito

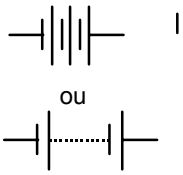
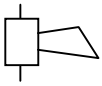
6.2. Símbolos Gráficos (conforme NBR / IEC / DIN)

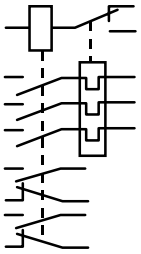
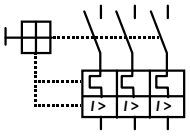
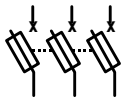
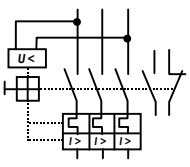
Símbolo	Descrição
	Resistor
	Resistor variável Reostato
	Resistor com derivações fixas
	Enrolamento / Bobina
	Enrolamento com núcleo magnético e derivações
	Capacitor
	Terra
	Massa (estrutura)
	Contato normalmente aberto (NA)
	Contato normalmente aberto prolongado (NA)
	Contato normalmente fechado (NF)
	Contato normalmente fechado prolongado (NF)
	Contato comutador

Símbolo	Descrição
	Contato normalmente aberto (NA) com fechamento temporizado
	Contato normalmente fechado (NF) com abertura temporizada
	Disjuntor (unifilar)
	Disjuntor motor (unifilar) com relés disparadores de sobrecarga e curto-circuito
	Seccionador
	Seccionador sob carga
	Fusível
	Tomada e plugue
	Acionamento manual
	Acionamento pelo pé
	Acionamento saliente de emergência
	Bobina de acionamento (ex.:contator)
	Acionamento por sobrecarga (ex.:bimetal)

Símbolo	Descrição
	Acionamento por energia mecânica acumulada
	Acionamento por motor
	Acionamento com bloqueio mecânico
	Acionamento com bloqueio mecânico em duas direções
	Acionamento com posição fixa
	Acionamento temporizado
	Acoplamento mecânico desacoplado
	Acoplamento mecânico acoplado
	Acionamento manual (ex.: seccionador e comutador)
	Acionamento por impulso (ex.: botão e comando)
	Acionamento por bloqueio mecânico de múltiplas posições (ex.: comutador de 4 posições)
	Acionamento mecânico (ex.: chave fim de curso)

Símbolo	Descrição
	Acionamento eletromagnético (ex.: bobina de contator)
	Acion. magnético duplo (ex.: bobina c/ duplo enrolamento)
	Acionamento temporizado no desligamento (ex.: relé de tempo temporizado no deslig.)
	Acionamento temporizado na ligação (ex.: relé de tempo temporizado na ligação)
	Acionamento temporizado na ligação e no desligamento (ex.: relé de tempo temporizado na ligação e desligamento)
	Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)
	Sensor
	Transformador e Transformador de potencial para medição
	Auto-transformador
	Transformador de corrente para medição
	Motor trifásico
	Tiristor

Símbolo	Descrição
	Diodo Zener
	Inversor de freqüência
	Conversor
	Pilha (unidade de energia)
	Bateria (várias unidades de energia)
	Buzina
	Campainha

Símbolo	Descrição
	Sirene
	Lâmpadas / Sinalização
	Contator e relé de sobrecarga com contatos auxiliares
	Disjuntor com relés disparadores de sobrecarga e curto-circuito
	Seccionador sob carga
	Seccionador-fusível sob carga
	Disjuntor com relés disparadores de sobrecarga, curto-circuito e subtensão

6.3. Símbolos literais

Para identificação de componentes em esquemas elétricos conforme IEC 113.2 e NBR 5280.

Símbolo	Componente	Exemplos
A	Conjuntos e subconjuntos	Equipam. laser e maser. Combinações diversas
B	Transdutores	Sensores termoelétricos, células termoelétricas, células fotoelétricas, transdutores a cristal, microfones fonocaptores, gravadores de disco
C	Capacitores	
D	Elementos binários, dispositivos de temporização, dispositivos de memória	Elementos combinados, mono e bi-estáveis, registradores, gravadores de fita ou de disco.
E	Componentes diversos	Dispositivos de iluminação, de aquecimento, etc
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relés
G	Geradores, fontes de alimentação	Geradores rotativos, alternadores, conversores de freqüência, soft-starter, baterias, osciladores.
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares.
L	Indutores	Bobinas de indução e de bloqueio
M	Motores	
N	Amplificadores, reguladores	Componentes analógicos, amplificadores de inversão, magnéticos, operacionais, por válvulas, transistores.
P	Instrumentos de medição e de ensaio	Instrumentos indicadores, registradores e integradores, geradores de sinal, relógios
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
R	Resistores	Reostatos, potenciômetros, termistores, resistores em derivação, derivadores
S	Dispositivos de manobra, seletores auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim-de-curso) e seletores
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores.
U	Moduladores, conversores	Discriminadores, demoduladores, codificadores transmissores telegráficos
V	Válvulas eletrônicas, semicondutores	Válvulas, válvulas sob pressão, diodos, transistores, tiristores
W	Antenas, guias de transmissão e de onda	Jampers, cabos, barras coletoras, acopladores dipolos, antenas parabólicas.
X	Terminais, tomadas e plugues	Blocos de conectores e terminais, jaques,
Y	Dispositivos mecânicos operados mecanica-mente	Freios, embreagens, válvulas pneumáticas
Z	Cargas corretivas, transformadores diferenciais. Equalizadores, limitadores	Rede de balanceamento de cabos, filtros a cristal

Fábrica
São Paulo:
Rua Cel. Bento Bicudo, 111
Lapa 05069-900
Tel. (55 11) 3833-4511
Fax (55 11) 3833-4655

Vendas
Belo Horizonte:
Tel. (55 31) 3289-4400
Fax (55 31) 3289-4444

Brasília:
Tel. (55 61) 348-7600
Fax (55 61) 348-7639

Campinas:
Tel. (55 19) 3754-6100
Fax (55 19) 3754-6111

Curitiba:
Tel. (55 41) 360-1171
Fax (55 41) 360-1170

Fortaleza:
Tel. (55 85) 261-7855
Fax (55 85) 244-1650

Porto Alegre:
Tel. (55 51) 3358-1818
Fax (55 51) 3358-1714

Recife:
Tel. (55 81) 3461-6200
Fax (55 81) 3461-6276

Rio de Janeiro:
Tel. (55 21) 2583-3379
Fax (55 21) 2583-3474

Salvador:
Tel. (55 71) 340-1421
Fax (55 71) 340-1433

São Paulo:
Tel. (55 11) 3817-3000
Fax (55 11) 3817-3071

Produtos e Sistemas Industriais,
Prediais e Automação Siemens
Central de Atendimento Siemens
Tel. 0800-119484
e-mail: atendimento@siemens.com.br
www.siemens.com.br

Siemens Ltda.

As informações aqui contidas correspondem ao estado atual técnico, e estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.

Produzido em mai/03
IND2-3/2125-CA