

Programa de Formação Técnica Continuada

Categoria de Emprego para
Motores CA / CC



Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

Índice

1. Introdução.....	2	3.3 Chaves manuais estrela triângulo.....	4
2. Os motores.....	2	3.4 Chaves compensadoras manuais de partida.....	4
2.1 Motores de indução tipo gaiola.....	2	3.5 Chaves estrela-triângulo automáticas.....	5
2.2 Motores de indução com rotor bobinado.....	3	3.6 Chaves compensadoras automáticas.....	5
2.3 Motores de corrente contínua.....	3	3.7 Chaves magnéticas automáticas para partida direta de motores.....	5
3. O desenvolvimento histórico dos dispositivos de partida para motores.....	4	4. As cargas resistivas.....	5
3.1 Chaves de faca.....	4	5. As cargas de iluminação.....	5
3.2 Chaves interruptoras.....	4	6. A classificação dos contadores em categorias.....	6

Classificação dos contadores

1. Introdução

A suportabilidade dos contadores aos esforços decorrentes da interrupção de correntes superiores à sua corrente nominal e a sua durabilidade ao ser submetido a operações repetidas levou a uma classificação dos contadores pela IEC. Essa classificação leva em conta:

- A frequência das operações liga - desliga
- valor das sobrecargas
- fator de potência da carga
- tipo de operação dos motores: na partida, na frenagem, na inversão da rotação, etc.

Uma das cargas que pode apresentar variação muito grande na solicitação elétrica e térmica dos contadores é a constituída pelos motores que podem ser manobrados em várias situações:

- Partida, quando as correntes podem chegar a 7 (ou mais) vezes a corrente nominal
- Frenagem em carga, em que o motor é bloqueado pela inversão do campo girante ou pela inserção de corrente no estator.
- Inversão, quando além de bloqueado o motor deve partir para trabalhar em sentido inverso de rotação.

Vamos examinar essas situações para os diversos tipos de motores e os outros tipos de cargas que os contadores acionam.

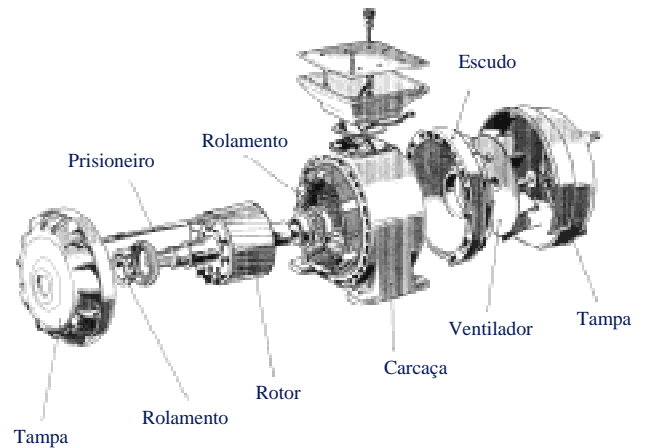
2. Os motores

Os motores são máquinas que recebem energia elétrica da rede caracterizada por tensão, corrente e fator de potência e fornecem energia mecânica no seu eixo caracterizada pela rotação e conjugado. São os seguintes os tipos de motores a serem considerados:

2.1 Os motores de indução tipo gaiola

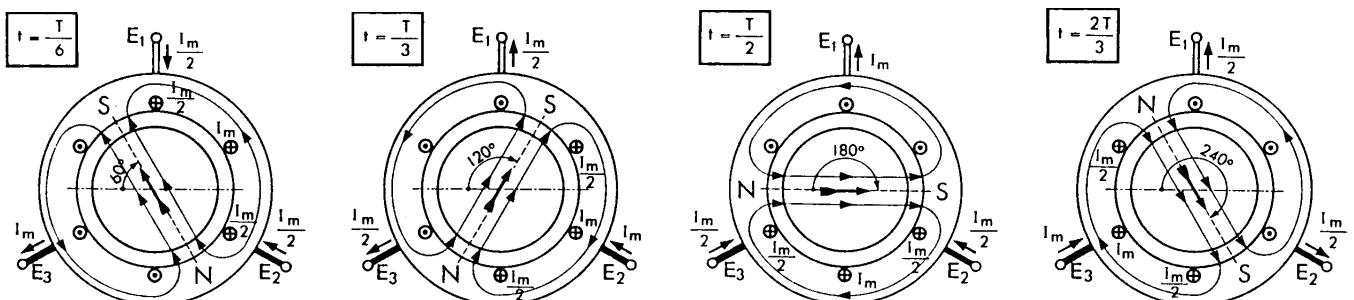
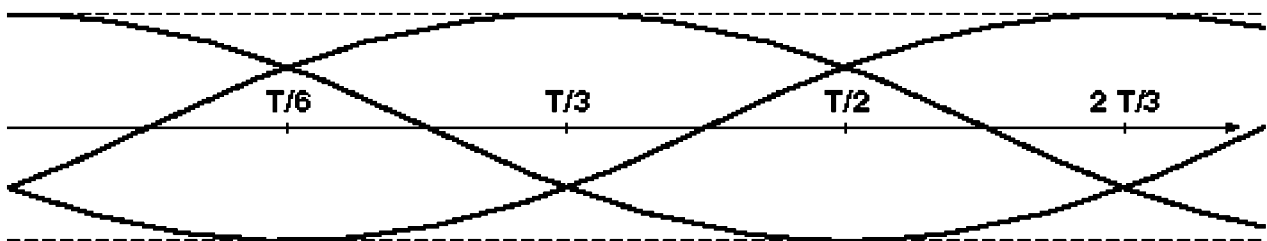
Nestes motores há:

- Um estator com enrolamento montado na carcaça do motor que vai fornecer o campo girante do motor
- Um rotor com o enrolamento constituído por barras curto-circuitadas que sob ação do campo girante irá fornecer energia mecânica no eixo do motor.



Quando o motor é energizado ele funciona como um transformador com o secundário em curto-circuito e portanto exige da linha uma corrente muito maior que a nominal, podendo chegar a 7 vezes a corrente nominal. À medida que o campo girante "arrasta" o rotor aumentando sua velocidade a corrente vai diminuindo até atingir a corrente nominal quando a rotação atinge seu valor nominal.

Se o motor é energizado em vazio ele adquire rapidamente sua velocidade nominal e a diminuição da corrente será, correspondentemente, rápida também. Nesta situação, o motor pode partir com uma tensão bem abaixo da nominal (50%, por exemplo) e quando

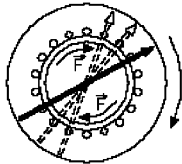


sua velocidade estiver próxima da nominal poderá ser alimentado com sua tensão nominal.

Se o motor partir "em carga" a situação é mais complicada, pois se tentarmos dar a partida com 50% da tensão nominal ele pode não conseguir atingir sua rotação nominal e começar a aquecer por estar com uma corrente maior que a nominal. Isto acontece porque o conjugado oferecido pelo motor no seu eixo será menor quando a tensão for menor (a corrente é menor e a energia elétrica de entrada será menor e portanto a energia mecânica disponível no eixo será menor).

Será preciso partir com 65%, 80% ou 100% da tensão nominal com correntes correspondentemente maiores e solicitações elétricas aos contadores (e aos circuitos) cada vez maiores.

As empresas fornecedoras de energia elétrica (as concessionárias) exigem que haja uma limitação da corrente de partida dos motores, de acordo com as condições do seu sistema: a potência instalada disponível (gerada ou comprada) e o dimensionamento dos condutores. Esta exigência é feita para não prejudicar a qualidade da energia fornecida pois no momento da partida de um motor grande de um consumidor haverá uma queda de tensão nos alimentadores e outros consumidores receberão a energia sob uma tensão mais baixa. Uma concessionária de uma pequena cidade irá, pois, exigir redução da corrente de partida em motores pequenos enquanto que concessionárias de grandes cidades poderão admitir a partida direta (com 100% da tensão) de motores bem maiores.



Para reduzir a tensão de entrada, podem ser usados:

- resistores ou indutores em série
- transformadores ou auto-transformadores
- chaves estrela-triângulo
- chaves compensadoras

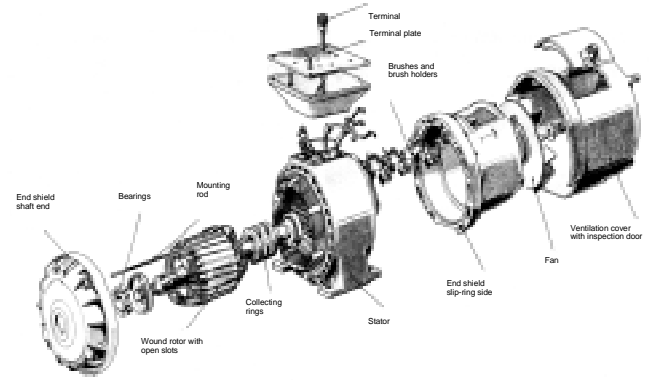
Seus usos serão apresentados mais adiante.

2.2 Motores de indução com rotor bobinado

Os enrolamentos do rotor são análogos aos do estator e os terminais são ligados a 3 anéis coletores com escovas.

Os motores com rotores bobinados e anéis encontram seu maior campo de aplicação quando há necessidade de torques elevados de partida.

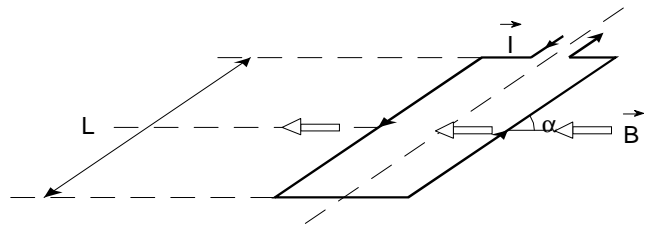
A partida é feita introduzindo-se um resistor em série com o enrolamento do motor através dos anéis. Com isto, é reduzida a corrente sem diminuir ou mesmo aumentar o torque de partida. Se forem usados



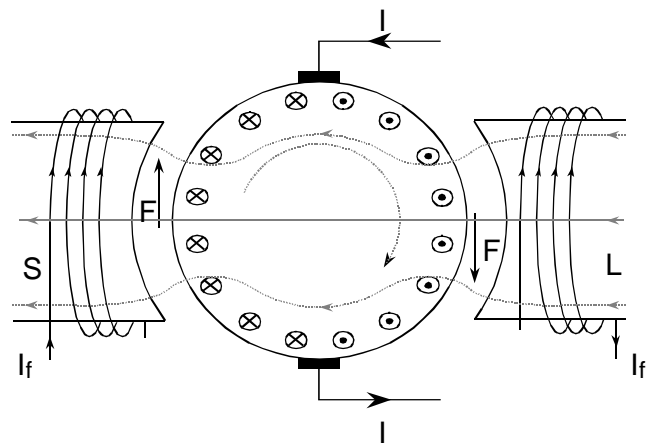
diferentes valores de resistores pode-se conseguir valores elevados do torque na partida (por exemplo 3 vezes o torque nominal) com uma corrente de partida 1,5 vezes a nominal. A contra-partida é o aumento das perdas.

2.3 Motores de corrente contínua

Nestes motores o controle da velocidade é feito pelo inserção de resistores com derivações que permitem ir reduzindo gradativamente o valor da resistência e, ao mesmo tempo, obter um elevado torque de partida.



$$F(N) = L 2 I B \sin \alpha$$

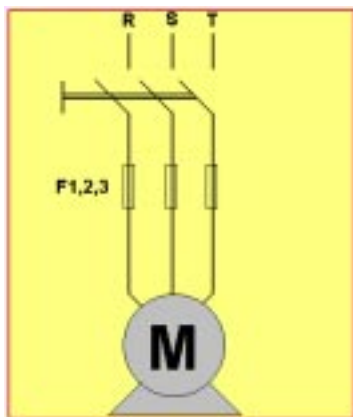


Torque é igual a:
 $T = K \Phi I$
 (Φ = fluxo de campo)

3. O desenvolvimento histórico dos dispositivos de partida para os motores.

3.1 Chaves de faca

É o dispositivo mais simples que só é aplicável a motores muito pequenos devido ao desgaste na faca e nos contatos provocados pelo arco tanto no fechamento quanto na abertura. Estas chaves não permitem o desligamento automático por sobrecarga.



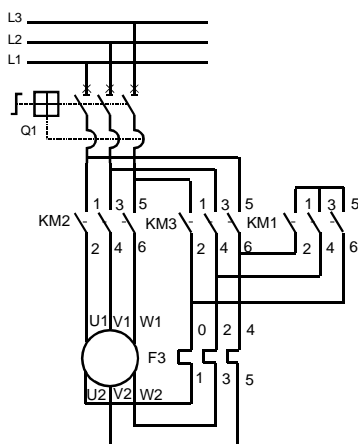
Associadas a fusíveis, oferecem proteção contra curto-circuitos. Não permitem comando à distâncias.

3.2 Chaves interruptoras

Nestas chaves a velocidade de abertura não depende do operador. O movimento das facas é comandado por uma mola que é liberada quando a alavanca chega a uma dada posição. Diminui o desgaste na abertura mas continuam havendo os outros inconvenientes da chave de faca simples.

3.3 Chaves manuais estrela-triângulo

O motor é energizado com $V_N / \sqrt{3}$ até se aproximar de sua velocidade nominal e nesse instante o operador muda a chave para a outra posição em que o motor passa a ser alimentado com sua tensão nominal. É necessário que os terminais das bobinas sejam acessíveis para que sejam feitas as conexões.



Na alimentação são instalados disparadores de sobrecarga em duas fases para desligamento em caso de sobrecarga no motor. É instalada também uma bobina de tensão nula entre duas fases da alimentação.

Com isto já se podia:

- Desligar o motor remotamente.
- Desligar o motor em caso de sobrecarga, diretamente em duas fases e indiretamente na terceira fase.

Continuava a ser necessária a partida no local, o uso de fusíveis para proteção contra os curto-circuitos e não se podia melhorar o torque de partida que ficava reduzida a $(1/3)$, já que ele é proporcional ao quadrado da tensão aplicada na hora da partida.

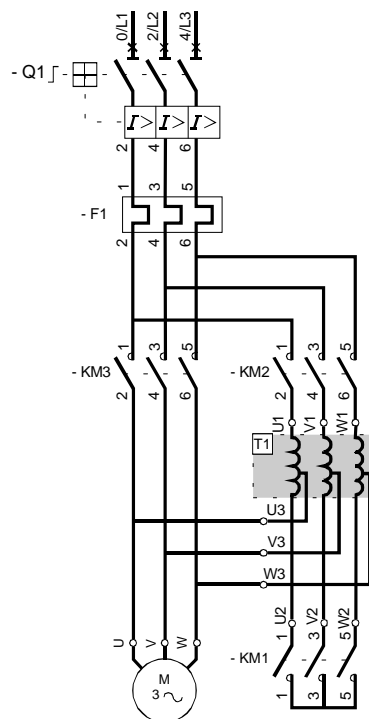
3.4 Chaves compensadoras manuais de partida

Este foi durante algumas décadas o dispositivo mais usado para partida de motores.

Esta chave possuía um auto-transformador com três derivações: 50%, 65% e 80% da tensão nominal.

Existiam duas versões para os auto-transformadores:

- com dois enrolamentos, para motores bifásicos ou trifásicos alimentados em delta aberto.
- Com três enrolamentos para motores trifásicos alimentados em triângulo.



Graças à três derivações (ou taps) era possível melhorar o torque de partida: se as condições de carga não permitiam atingir a rotação nominal com 50% da tensão, mudava-se a derivação para 65%, ou, se

necessário, 80%. Com isto acertava-se o torque do motor às condições de partida. Essa era a vantagem em relação à estrela-triângulo. A mudança da posição "Partida" para a posição "Marcha" era feita pelo operador quando sentia que o motor estava alcançando sua rotação nominal.

Os disparadores de sobrecarga eram instalados em duas fases e os contatos eram instalados em uma caixa com óleo isolante para aumentar a durabilidade dos contatos. Outras características:

- Podia-se desligar à distância, mas não se podia ligar à distância
- A sobrecarga era detectada somente em duas fases
- Havia desligamento quando das faltas de tensão, por uma bobina de tensão nula ligada entre duas fases; se houvesse falta na terceira fase o motor continuava a ser alimentado e só seria desligado pelo relé de sobrecarga.
- O disparador de sobrecarga atuava, desligando a chave, quando o tempo de partida do motor era elevado, como os grandes ventiladores.

3.5 Chaves estrela-triângulo automáticas

Com a melhoria da qualidade dos contatores e o abaixamento do seu custo, as chaves manuais foram substituídas por "chaves automáticas" constituídas por conjuntos de contatores dentro de uma caixa metálica.

Com isto foram suprimidas algumas das desvantagens das chaves manuais e as novas chaves permitiram:

- Partida e parada no local ou à distância.
- Disparadores de sobre carga nas três fases
- Desligamento da chave quando há falta de tensão em qualquer das 3 fases.
- Dispensar o uso de fusíveis pelo uso de modernos disjuntores limitadores.
- Durabilidade elevada, de acordo com a vida elétrica dos contatores.
- Passagem da posição "partida" para a posição "marcha" automaticamente, comandada por:
- Disparadores de tempo ajustados para cada caso
- Sensores de velocidade instalados nos motores

3.6 Chaves compensadoras automáticas

Quando há necessidade de redução da corrente de partida com um certo controle do torque são usadas atualmente estas chaves que contêm um auto-transformador trifásico ou bifásico e que têm as seguintes características:

- Não usam fusíveis, se os disjuntores forem limitadores
- Podem ser comandados no local ou à distância
- Têm três disparadores de sobrecarga
- Desligam em caso de falta de qualquer fase através dos disparadores correspondentes
- Permitem controlar o torque, na partida, se necessário pela mudança na derivação do

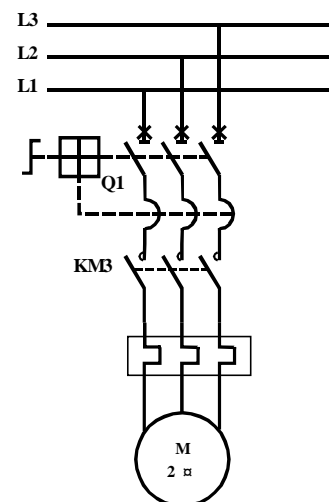
transformador

- Têm uma durabilidade elevada, de acordo com a dos vida elétrica dos contatores utilizados
- O ciclo de operações permite um elevado número de operações/hora.

3.7 Chaves magnéticas automáticas para partida direta dos motores

Quando o regulamento da concessionária ou a subestação própria permitem (o que é o caso das grandes indústrias) os motores são ligados sob a tensão nominal através de contator ou contatores em caixas blindadas permitindo:

- partida e desligamento no local ou à distância
- controle da sobrecarga, desligando quando necessário
- sensores de temperatura instaladas nos motores que comandam o desligamento por corte da tensão em circuito auxiliar.
- ciclo de serviço permitindo um elevado número de partidas por hora, de acordo com o tipo de contator empregado



4. As cargas resistivas

A operação destas cargas não apresenta dificuldade para os contatores pois o fator de potência é muito favorável para a interrupção (muito próximo de 1) e elas não são operadas com alta frequência de desligamentos e ligamentos.

5. As cargas de iluminação

As lâmpadas incandescentes têm um comportamento similar às cargas resistivas vistas acima. As lâmpadas de descarga dependem do tipo de reator empregado e da existência de correção do fator de potência. Como a frequência de operação dos sistemas de iluminação é muito baixa (uma ou duas vezes por dia) os disjuntores não têm solicitação muito elevada.

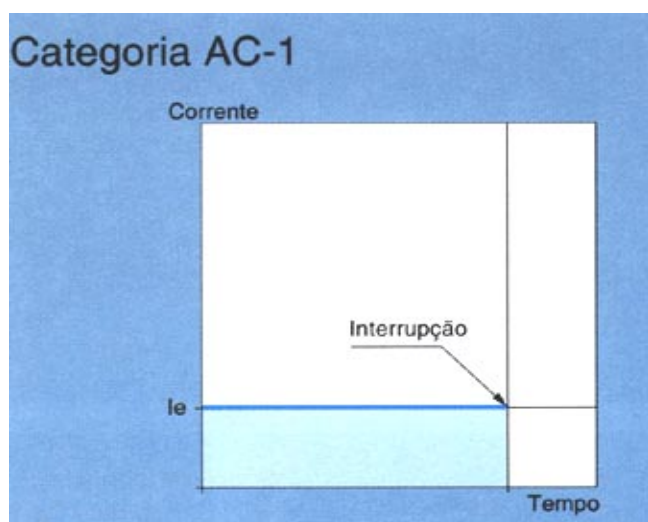
6. A classificação dos contadores em categorias

A classificação dos contadores é feita em categorias para orientar o usuário para não usar um contador não adequado para a sua aplicação. Um usuário não informado pode empregar um contador muito caro com uma vida eletro-mecânica maior que a necessária, ou, ao contrário, usar um contador de baixo custo com vida eletro-mecânica menor que a necessária.

A norma IEC 947-4 apresenta a seguinte classificação: para os contadores em CA :

AC-1 - Se aplica a todos aparelhos em CA com fator de potência $\geq 0,95$.

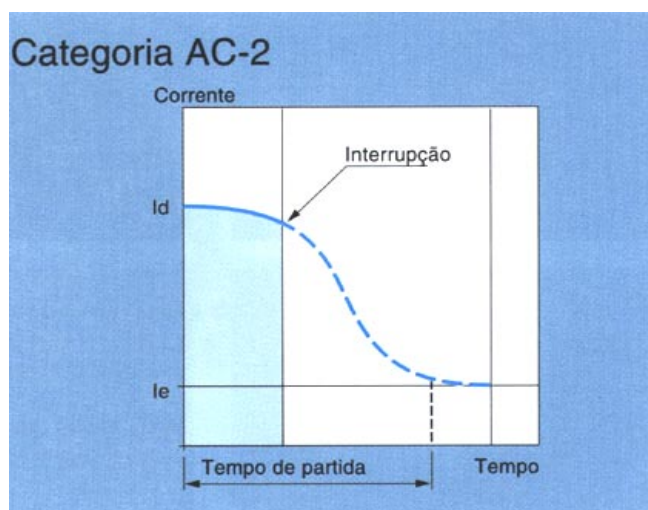
■ Exemplos: aquecimento, distribuição



AC-2 - Se aplica aos motores de anéis: para partida, frenagem em contracorrente ou acionamento por pulsos. Condições para os contadores:

■ No fechamento o contador deve estabelecer a corrente de partida de $2,5 \cdot I_N$

■ Na abertura deve interromper a corrente de partida sob a tensão da rede.

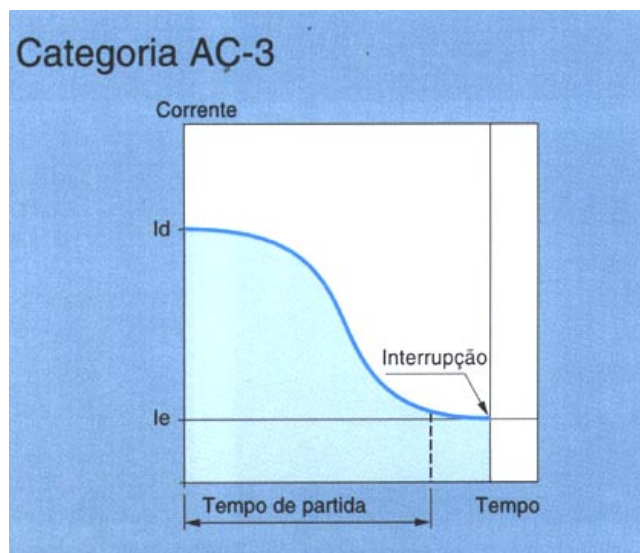


AC3 - Se aplica aos motores em Gaiola com interrupção de I_N . Condições para os contadores:

■ No fechamento deve estabelecer a corrente de partida de 5 a $7 \cdot I_N$.

■ Na abertura, interromper a corrente de partida sob uma tensão inferior à nominal, da ordem de 20% da V_N

■ Exemplos de aplicação: elevadores, escadas rolantes, correias transportadoras, compressores, bombas, misturadores não metálicos, climatizadores.

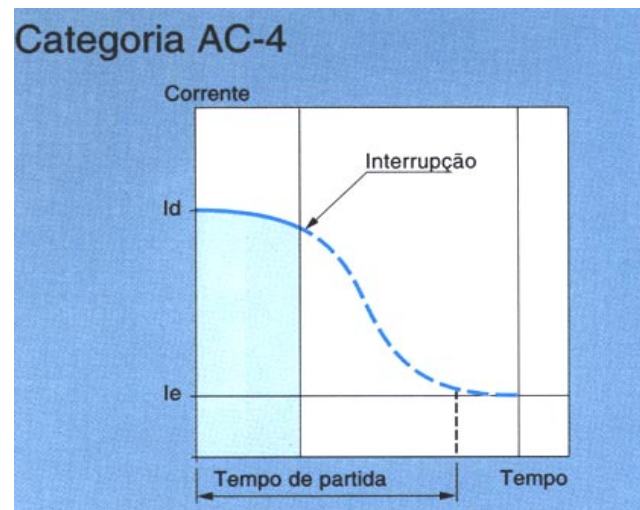


AC4 - Nestas categorias os contadores são empregados nos casos em que há frenagem por contracorrente e acionamento por pulsos tanto nos motores em gaiola como nos com anéis.

Condições para os contadores:

O contador deve estabelecer uma corrente que pode atingir 5 a $7 \cdot I_N$.

No desligamento a corrente a ser interrompida é da mesma ordem de grandeza e a tensão será tão maior quanto menor for a velocidade do motor, podendo ser igual à da rede o que é uma condição severa.



Para os contatores trabalhando em CC. a IEC 947-4 estabelece a seguinte classificação:

DC-1 - Os contatores desta categoria se destinam a operar aparelhos cujas constante de tempo (C/R) é inferior ou igual a 1 ms.

DC-2 - Neste caso os contatores podem ser aplicados para partida, frenagem contracorrente bem como acionamento por impulsos de motores shunt; a constante de tempo deve ser inferior ou no máximo igual a 2 ms. Condição para os contatores:

■ No desligamento o contator deve ser capaz de interromper a corrente de 2,5 vezes a corrente nominal sob a tensão nominal e no ligamento, estabelece a mesma corrente.

DC-5 - Os contatores desta classe são aplicados na partida, frenagem contracorrente e acionamento por pulsos de motores série com constante de tempo $\leq 7,5$ ms.

O contator deve ser capaz de estabelecer um pico de corrente com valor igual a 2,5 vezes corrente nominal e interromper a mesma corrente sob uma tensão que pode chegar a ser igual à da rede.