

# Seletividade de disjuntores de proteção em linhas de 24 VDC

Por Reinaldo Cozzo



Este artigo propõe-se a analisar a aplicação de disjuntores termomagnéticos em painéis industriais alimentados por linhas de extra baixa tensão (12 VDC, 24 VDC ou 48 VDC). O foco concentra-se nas vantagens e nas limitações de seu uso quanto à seletividade no desligamento das cargas alimentadas nesse tipo de sistema. Focaremos também os diversos tipos de fontes de alimentação que podem suprir energia a este tipo de painel mostrando a relação existente entre o comportamento de saída dessas fontes e a maior ou menor seletividade dos disjuntores.

## Disjuntores termomagnéticos

Comumente empregados na proteção de circuitos industriais e residenciais, os disjuntores termomagnéticos já são largamente utilizados no mercado e plenamente definidos em normas técnicas, que são basicamente as descritas a seguir.

- NBR IEC 60947-2 Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão – Parte 2: Disjuntores
- NBR NM 60898 Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares

- IEC 60934 (circuit-breakers for equipment): para aplicação de disjuntores em equipamentos.

Construtivamente, o disjuntor termomagnético é composto por um supervisor de corrente magnético contendo uma solenóide, uma armadura e uma trava e outro supervisor de corrente independente composto por um conjunto bimetálico. Na ocorrência de uma corrente acima do valor nominal, um dos dois sistemas atuará forçando a abertura do disjuntor.

Em termos de funcionamento, o supervisor de corrente composto pelo bimetálico atua quando aquecido por uma sobrecorrente. Este aquecimento provoca diferentes dilatações nas duas ligas metálicas que compõem o bimetálico, levando a uma distorção mecânica que destrava a chave e forçando seu desligamento. Este processo normalmente demanda segundos ou minutos e está associado a sobrecorrentes relativamente baixas (até três vezes a corrente nominal para disjuntores curva B ou até cinco vezes a corrente nominal para disjuntores curva C).

Na ocorrência de sobrecorrentes maiores que as mencionadas anteriormente, entra em operação o supervisor de corrente magnético, no qual o solenóide movimenta a armadura

destravando o disjuntor e provocando sua abertura. Este processo é muito rápido (na casa de milissegundos), sendo que um tempo típico para o desligamento neste caso é de 5 ms.

A Figura 1 mostra a curva de acionamento de disjuntores com diferentes curvas características, conforme a norma NBR NM 60898.

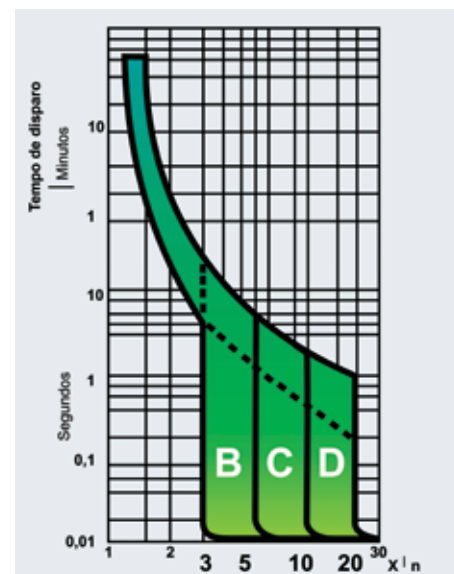


Figura 1 – Curva de acionamento de disjuntores, conforme a NBR NM 60898

Comercialmente, o mercado disponibiliza este tipo de disjuntor para circuitos de corrente com um, dois ou três polos e com correntes nominais de 0,5 A a 100 A (embora as opções de corrente menores que 2 A sejam mais raras entre os distribuidores de material elétrico). Além disso, temos tanto a opção de disjuntores fixos como disjuntores plugáveis (Figura 2).



Figura 2 – Exemplos de disjuntores fixos e disjuntores plugáveis

Conforme já mencionamos, a utilização deste dispositivo em circuitos AC (de 110VAC a 440VAC) está muito difundida, mas ele não ocorre em circuitos DC de baixa tensão associados a painéis elétricos.

### Disjuntores eletrônicos

No caso de circuitos DC em tensão extra baixa (24 VDC), o mercado disponibiliza os chamados “disjuntores eletrônicos”, que são, basicamente, dispositivos eletrônicos que monitoram a corrente de cada circuito e o desligam com muita precisão e rapidez quando esta corrente excede um valor pré-determinado. Infelizmente a utilização deste dispositivo ainda é muito limitada em função do alto custo deste tipo de proteção (um disjuntor eletrônico tem um custo que varia de cinco a dez vezes o valor de um disjuntor termomagnético padrão).



Figura 3 - disjuntores eletrônicos

Neste sentido, mantém-se a questão: qual a melhor forma (do ponto de vista técnico e econômico) de eliminar seletivamente sobrecargas em painéis elétricos com linhas de alimentação em extra baixa tensão (24VDC)?

### Proteção de instrumentos em painéis elétricos com extra baixa tensão

A maioria dos painéis elétricos utilizados em automação, instrumentação ou controle de processos hoje trabalha (por questões de segurança) com tensões menores que 60 VDC. A situação mais comum é de 24 VDC, podendo eventualmente utilizar-se 12VDC ou 48VDC.

Nesta condição, temos tanto painéis extremamente pequenos (com uns poucos relés, contatores, sensores e, eventualmente, um pequeno CLP), como painéis de maior porte com grandes sistemas de controle, instrumentos diversos e que controlam/alimentam também unidades terminais remotas, sensores e válvulas.

Estes painéis possuem fontes de alimentação responsáveis por converter a tensão da rede AC (monofásica ou trifásica) em uma tensão DC estável (exemplo 24VDC) e nos painéis de maior porte estas fontes de alimentação podem ser previstas para fornecer correntes que vão de 10 A a 40 A.

Na ocorrência de uma sobrecarga em algum dos instrumentos que compõem o painel ou as unidades remotas, o circuito composto por esse instrumento solicitará uma corrente excessiva da fonte de alimentação. Na ausência de algum dispositivo que limite a corrente deste circuito de modo eficiente a fonte por si só atua como limitador de corrente e pode:

- 1) reduzir sua tensão de saída prejudicando o funcionamento de toda a máquina;
- 2) desligar-se por sobrecorrente, novamente prejudicando o funcionamento de toda a máquina;
- 3) danificar-se se ficar exposta por muito tempo à condição de sobrecarga sem circuitos internos que a protejam desta condição.

Naturalmente nenhuma destas condições é desejável. O ideal seria que existissem dispositivos de proteção em cada um dos principais circuitos do painel e que estes dispositivos desligassem apenas os circuitos defeituosos na ocorrência de sobrecarga, informassem a unidade de controle (CLP) que sinalizaria o local da falha e mantivessem o restante do painel ativo e operante.

Considerando que cada circuito ou grupo de circuitos deveria receber um dispositivo

de proteção, o custo do produto usado neste procedimento tem peso relevante e normalmente inviabiliza o uso de disjuntores eletrônicos.

A solução natural seria a utilização de disjuntores termomagnéticos de baixa corrente (2 A ou 4 A) em cada um dos circuitos, mas, mesmo esta solução, embora economicamente viável, muitas vezes não se mostra tecnicamente satisfatória. A razão está no comportamento das fontes de alimentação que alimentam estes circuitos.

### Fontes de alimentação chaveadas comuns

As fontes de alimentação (ou conversores AC/DC) utilizadas em painéis elétricos podem ser divididas em alguns grupos:

Em função das vantagens oferecidas pelas fontes de alimentação chaveadas (menor peso, menores dimensões, utilização de transformadores menores, custo reduzido), a maioria das fontes fornecidas hoje no mercado são fontes eletrônicas reguladas de primário chaveado (ou simplesmente fontes chaveadas).

Em sua maioria, as fontes chaveadas permitem uma sobrecorrente de saída que excede em 10% a 20% sua corrente nominal. Acima deste valor, a maioria delas tem um circuito de proteção na saída que, na ocorrência de sobrecorrentes, inibe a geração de pulsos (e zera a tensão de saída).

### Acionamento de disjuntores por fontes de alimentação chaveadas com desarme por sobrecorrente

Suponhamos um painel de controle de uma máquina contendo um CLP de médio porte, circuitos locais e unidades remotas ou sensores/válvulas distribuídos ao longo da máquina. Suponha ainda que todos estes instrumentos sejam alimentados por uma fonte chaveada com saída 24 VDC/10 A com 20% de reserva de corrente e que cada ramo disponha de um disjuntor de 4 A, curva C, com cargas que exijam, em condições normais, 3 A (Figura 5).

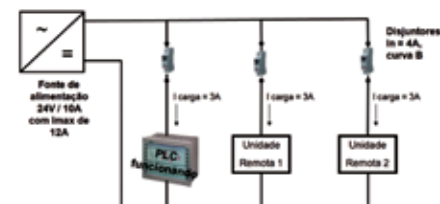


Figura 5 – Esquema de um circuito com CLP e unidades remotas alimentados por uma fonte chaveada com saída 24VDC/10A, com disjuntores de 4A, curva C.

Na ocorrência de uma sobrecarga em qualquer um destes instrumentos, o circuito passará a solicitar da fonte de alimentação uma corrente excessiva que se somará às outras correntes já solicitadas pelas outras cargas que compõem o painel. Quando a soma destas correntes atingir o limite da fonte (neste caso, 12 A), a fonte desligará sua saída e, conseqüentemente, toda a máquina.

Considerando que o disjuntor de 4 A que alimenta a carga defeituosa precisaria de 12 A a 20 A de corrente para desarmar por efeito magnético, ele nunca chegará nesta condição e, tendo em vista que o desarme da fonte ocorre em segundos, não haverá tempo hábil para que o supervisor térmico atue, ou seja, a fonte deixará de operar sem que o disjuntor tenha sequer atuado.

Isto posto, fica claro que, tratando-se de fontes chaveadas sem reservas de potência e com desarme por sobrecorrente, a utilização de disjuntores termomagnéticos em painéis de extra baixa tensão é inócua.

### Acionamento de disjuntores por fontes de alimentação chaveadas com curva U<sub>xi</sub>

Com o avanço tecnológico, as fontes de alimentação passaram a dispor de sistemas microcontrolados que puderam ser programados para adequar o comportamento da fonte de alimentação a diferentes situações.

Um destes avanços é o comportamento U<sub>xi</sub> da saída da fonte de alimentação. Fontes com esta característica, ao serem submetidas a uma sobrecorrente maior que a permitida por sua reserva de potência, reduzem proporcionalmente sua tensão de saída sem levá-la a zero, mas mantém a corrente de saída. A Figura 6 ilustra este comportamento.

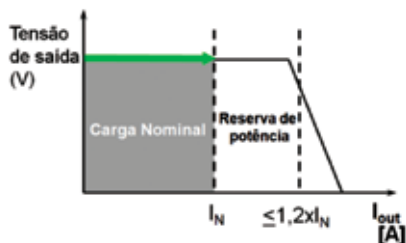


Figura 6 – Comportamento U<sub>xi</sub> da saída de fontes de alimentação

Uma fonte deste tipo aplicada no circuito anterior forneceria 24 V até que a corrente atingisse 12 A. Após este limite, ela reduziria sua tensão de saída mantendo a corrente entre

12 A e 13 A por tempo indeterminado.

Supondo que cada disjuntor alimentando as cargas sem defeito mantivesse o consumo de 3 A, a carga defeituosa receberia os 6 A restantes, o que, após alguns minutos, acionaria o bimetálico do disjuntor isolando a carga. Após este evento, as outras cargas voltariam à tensão normal e o sistema poderia operar sem a carga defeituosa.

Neste caso, embora a máquina tenha parado seu funcionamento devido à queda de tensão da fonte, o disjuntor do circuito defeituoso terá sido acionado e tornado possível para o CLP indicar a causa da falha após o retorno da tensão da fonte.

### Acionamento de disjuntores por fontes de alimentação chaveadas com curva U<sub>xi</sub> e tecnologia SFB

O estado da arte, entretanto, no tocante a acionamento de disjuntores termomagnéticos em linhas de extra baixa tensão é atingido quando se trabalha com fontes de alimentação que disponham da tecnologia SFB (Selective Fuse Breaking).

Nessas fontes, além da reserva de potência e da característica U<sub>xi</sub>, a fonte pode ainda disponibilizar para a carga (caso ela o solicite) uma reserva de até seis vezes a corrente nominal da fonte por um período de até 12 ms.

Atente que a tensão de saída da fonte permanece inalterada nesse processo, ou seja, a fonte não injeta corrente extra na carga. Ela apenas fornece a corrente solicitada pela carga. Este procedimento tem um benefício imediato quando se alimentam cargas com picos de consumo muito elevados (cargas muito indutivas ou muito capacitivas), pois esta reserva é seis vezes a corrente nominal da fonte para suprir estes picos de corrente sem afetar o restante do circuito. Outra vantagem aparece no momento de uma sobrecarga em algum dos circuitos. Considerando o mesmo circuito mencionado anteriormente:

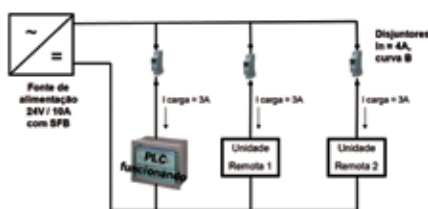


Figura 7 – Circuito com fontes de alimentação com tecnologia SFB (Selective Fuse Breaking)

Cada uma das cargas recebe, em condições normais, 3 A (total de 9 A). Ocorrendo uma sobrecarga em um dos circuitos, a fonte pode fornecer até 60 A por 12 ms, ou seja, o circuito com sobrecarga tem a sua disposição de até 56 A por um curto intervalo de tempo (sem que os outros circuitos sejam afetados, visto que a tensão de 24 VDC permanece constante).

Esta capacidade de corrente garante a abertura do disjuntor por efeito magnético em 5 ms, isolando imediatamente a carga com defeito sem que o restante da máquina seja afetado. Caso o sistema não disponha de disjuntor, após os 12 ms disponibilizando a corrente, a fonte passa para o comportamento U<sub>xi</sub>, conforme descrito anteriormente.

Uma vantagem adicional é que fontes de alimentação com esta tecnologia possuem, adicionalmente, uma reserva de potência de 50% que, em certas condições, pode operar indefinidamente (ou seja, uma fonte de 10 A pode fornecer continuamente 15 A, desde que certas condições de temperatura e ventilação sejam seguidas).

### Conclusão

O uso de disjuntores termomagnéticos na linha de extra baixa tensão (24 VDC) em conjunto com fontes de alimentação chaveadas com dimensionamento próximo ao limite da carga e que se desarmem por sobrecorrente traz, efetivamente, pouco benefício quanto à disponibilidade de sistema ou à facilidade de localização de falhas.

Por outro lado, estes mesmo disjuntores, se utilizados em conjunto com fontes que tenham reserva de potência e que tenham a tecnologia SFB, serão atuados imediatamente diante de sobrecargas, isolando circuitos com problemas, mantendo o funcionamento do restante do sistema e aumentando assim a disponibilidade do sistema como um todo, bem como a sua facilidade de manutenção.

Reinaldo Cozzo é engenheiro electricista e gerente de produto da linha Interface da Phoenix Contact.

