

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
EEL7051 – Materiais Elétricos - Laboratório

EXPERIÊNCIA 01
ENSAIO DO DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO

1 INTRODUÇÃO

Esta aula no laboratório de materiais elétricos consiste em levantar a curva tempo versus corrente de disjuntores de baixa tensão. Esta curva representa a característica de atuação do disjuntor frente a variações na corrente que circula pelo mesmo.

Os objetivos principais são:

- Entender o que é a curva tempo x corrente de um disjuntor;
- Determinar as diferentes regiões de atuação do disjuntor;
- Entender o funcionamento dos mecanismos de atuação de um disjuntor;
- Verificar se um disjuntor está operando adequadamente.

Em sendo o disjuntor um elemento de proteção nos circuitos elétricos, sua aplicação correta, além do entendimento de seu funcionamento são essenciais para um estudante de engenharia. Não se busca nesta aula dimensionar disjuntores, detalhar sua instalação ou apresentar os diversos modelos e tipos de disjuntores. O que se pretende é o que o estudante entenda e relacione o funcionamento interno dos disjuntores com a disciplina de materiais elétricos e, perceba o quão “rico” um dispositivo simples e comumente usado em todas as instalações elétricas pode ser se abordado do ponto de vista de materiais elétricos.

2 DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO

Conforme Cotrim [1], um disjuntor é um dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção, capaz de estabelecer, 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.

Os disjuntores são normalmente usados para proteção e manobra de circuitos de distribuição e terminais, montados em quadros de distribuição padronizados. Neste caso, são montados em caixas moldadas e podem ser unipolares, bipolares e tripolares, geralmente com acionamento manual e, se forem equipados com disparadores térmicos e eletromagnéticos, serão chamados de disjuntores termomagnéticos.

Na figura 1 é mostrado o interior de um disjuntor termomagnético.

Os disjuntores possuem, no mínimo, dois níveis de proteção:

- Contra sobrecorrentes pequenas e moderadas (geralmente correntes de sobrecarga), através de disparadores eletromagnéticos ou térmicos;
- Contra sobrecorrentes elevadas (geralmente correntes de curto-circuito), através de disparadores eletromagnéticos.

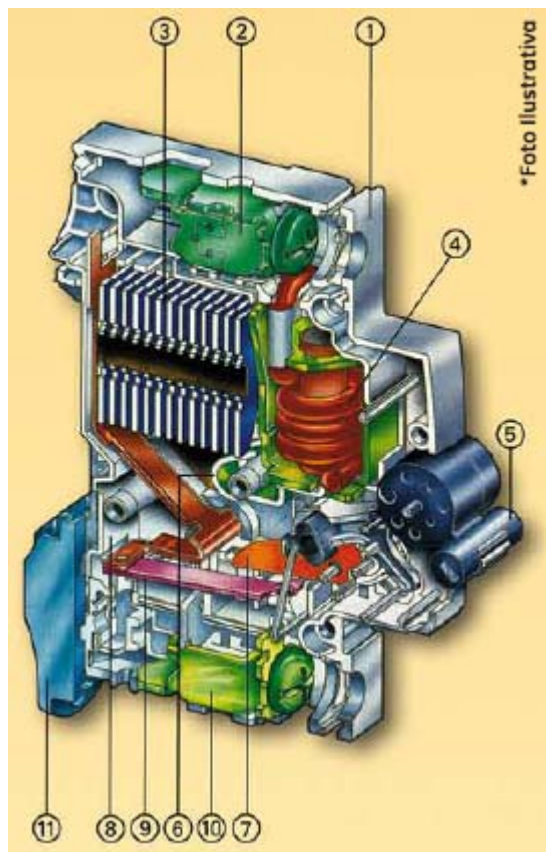


Figura 1 - Componentes de um disjuntor termomagnético [2].

Na figura 2 mostra-se o princípio de funcionamento de um disparador eletromagnético. A corrente circulando pela bobina magnetizante cria um fluxo magnético no núcleo fixo proporcional a esta corrente. Acima de determinada corrente, previamente especificada, a força de atração entre o núcleo fixo e o núcleo móvel será suficiente para vencer a inércia mecânica do conjunto, devido à mola, e provocará a abertura dos contatos principais do disjuntor.

Quando ocorrem sobrecorrentes altas, normalmente devido a curto-circuitos no circuito, o disjuntor desligará o circuito instantaneamente pela atuação do elemento eletromagnético. Se as sobrecorrentes forem baixas, este elemento não fará o disjuntor desarmar, mesmo que a sobrecorrente dure um tempo grande.

O princípio de funcionamento do disparador térmico é mostrado na figura 3. Este dispositivo opera baseado no princípio dos pares (bimetálico) termoelétricos, isto é, nas diferentes dilatações que apresentam os metais quando submetidos a uma variação de temperatura [1].

A corrente pode circular diretamente pela lâmina bimetálica provocando o aquecimento da mesma, ou através de um elemento resistivo (com baixa resistência) que irá aquecer, provocando então o aquecimento do par bimetálico. Para correntes inferiores ou iguais a corrente nominal do disjuntor, este não deverá desarmar. Já para correntes acima da nominal, o calor provocado pela circulação da corrente elétrica fará a lâmina bimetálica se curvar, mais rapidamente quanto maior for a corrente, até provocar a atuação do disjuntor, desligando o circuito.

Nota-se que o tempo de permanência da sobrecorrente é determinante para a atuação do elemento térmico, por isso, para pequenas sobrecorrentes, o tempo para o disjuntor desarmar pode ser da ordem de minutos.

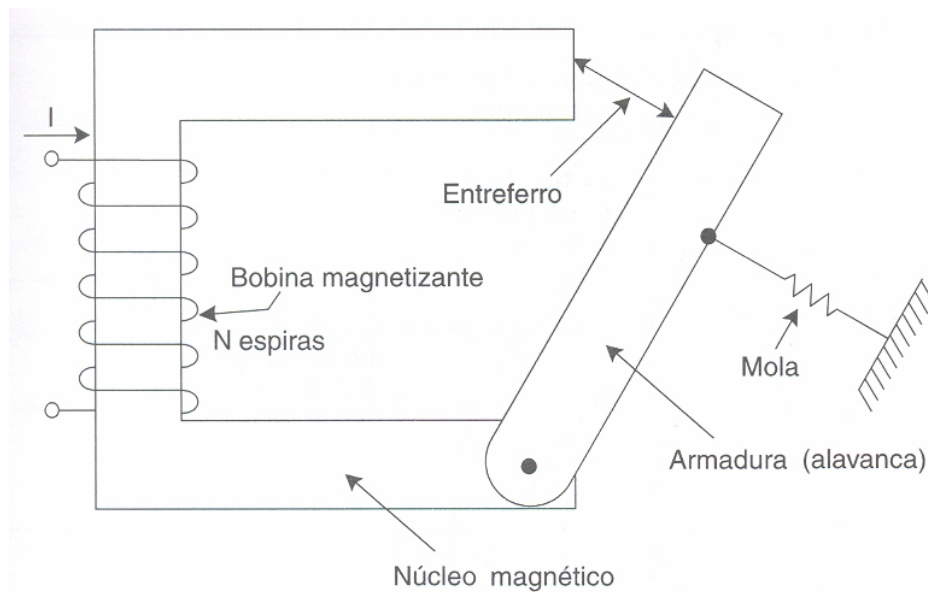


Figura 2 – Princípio de funcionamento do disparador eletromagnético [1].

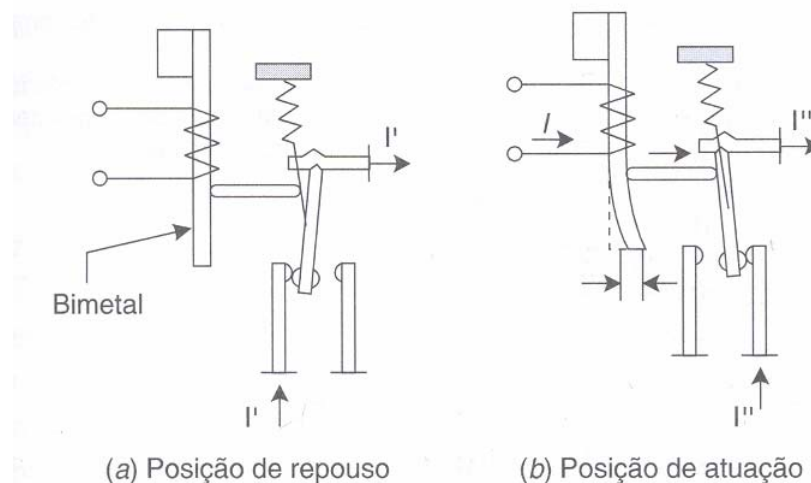


Figura 3 – Princípio de funcionamento do disparador bimetálico [1].

A curva típica de tempo versus corrente de disjuntores termomagnéticos é mostrada na figura 4. A corrente normalizada em função da corrente nominal do disjuntor é colocada no eixo horizontal (x), enquanto o tempo de atuação é marcado no eixo vertical (y). Desta forma, para cada sobrecorrente que circula pelo disjuntor se tem um tempo de atuação correspondente. Traçando o gráfico do tempo de atuação versus a corrente devem-se encontrar curvas que estejam dentro dos limites fornecidos pelo fabricante. Pode-se, assim, determinar se o disjuntor está operando adequadamente ou não.

Nota-se pela figura 4 que a partir de correntes cinco vezes maiores que a nominal ($I = 5 \cdot I_n$) é o que o disjuntor começará a desarmar por atuação do elemento magnético. Abaixo deste valor a atuação será pelo elemento térmico.

Na figura 5 mostram-se as curvas típicas para minidisjuntores (correntes menores que 10 A) onde se pode verificar que conforme a aplicação desejada, ou seja, conforme o tipo de carga a ser comandada e protegida deve-se escolher o disjuntor com a curva de atuação adequada.

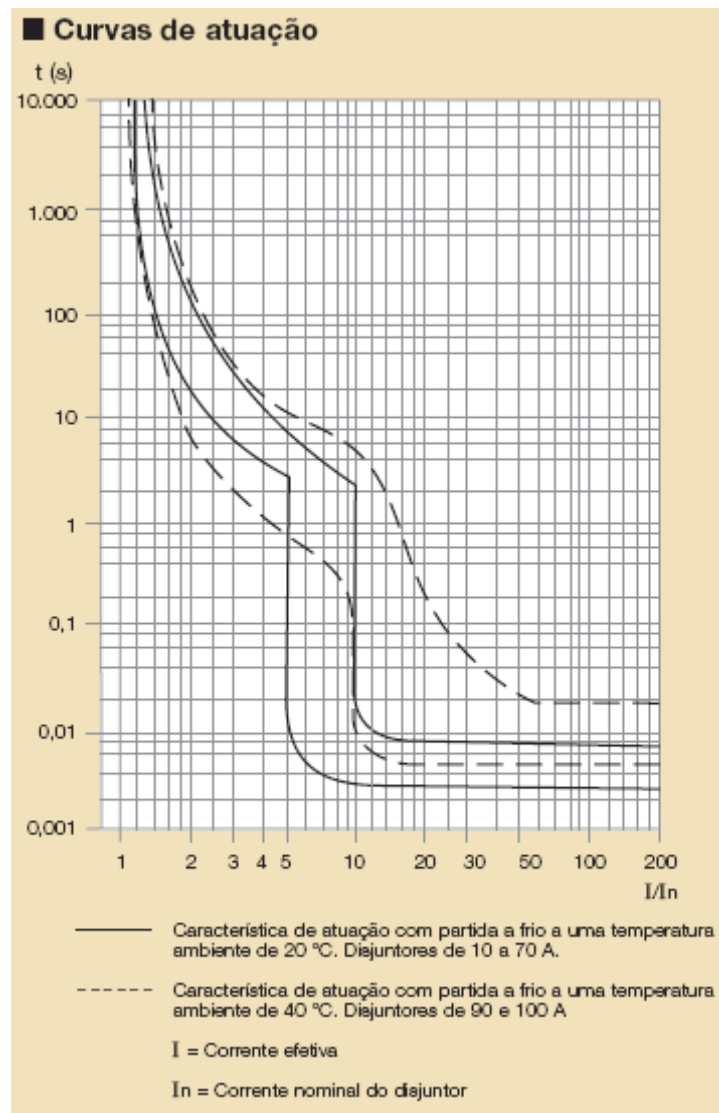


Figura 4 - Curva tempo x corrente típica de disjuntores termomagnéticos [3].

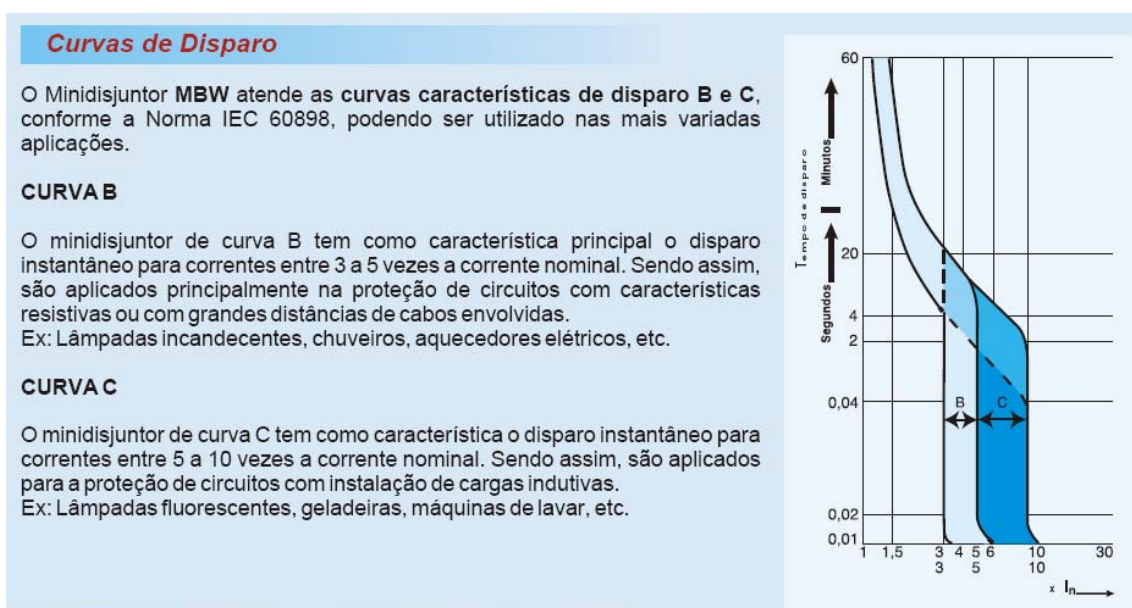


Figura 5 – Curvas típicas para minidisjuntores termomagnéticos [6].

Informações adicionais sobre esta experiência podem ser encontradas:

- [1] Instalações Elétricas. Ademaro A. M. B. Cotrim. Pearson Prentice Hall, 4ª Edição, 2003;
- [2] Disjuntores termomagnéticos GE, www.geindustrial.com.br;
- [3] Disjuntores termomagnéticos Piel Legrand, www.legrand.com.br;
- [4] Disjuntores termomagnéticos Eletromar, www.cutlerhammer.com.br;
- [5] Disjuntores termomagnéticos Siemens, www.siemens.com.br;
- [6] Disjuntores termomagnéticos WEG, www.weg.com.br.

3 ENSAIO DOS DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO

O ensaio de um disjuntor de baixa tensão consiste em submeter o mesmo a diferentes amplitudes de corrente, acima da nominal, e registrar o tempo que o mesmo leva para desarmar. A maior dificuldade na implementação de tal experimento reside no fato de se operar com correntes elevadas. Por exemplo, para um disjuntor de 10 A, para verificar os limites superiores da curva de atuação, deve-se operar com correntes da ordem de dez a vinte (10 a 20) vezes a corrente nominal, o que resulta em correntes da ordem de cem ou duzentos ampères (100 a 200 A).

Na figura 6 é mostrado o circuito que será montado para o levantamento dos pontos necessários para traçar a curva tempo versus corrente de um disjuntor termomagnético. Basicamente o circuito consiste de um variador de tensão (varivolt) que permite ajustar a tensão a ser aplicada no primário de um transformador com relação de aproximadamente 73:1 (T_1). No secundário deste transformador será conectado o disjuntor sob teste (Dj_1 a 12).

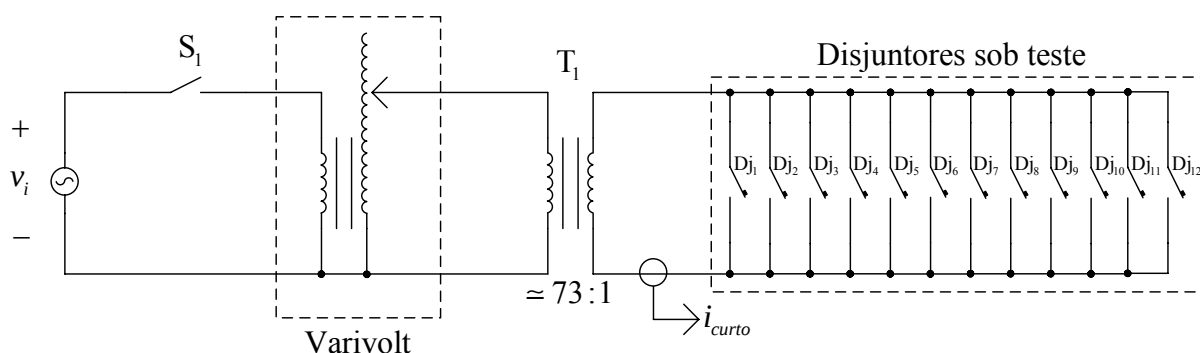


Figura 6 – Circuito a ser montado para traçar a curva tempo versus corrente de um disjuntor termomagnético.

Os procedimentos para realizar o ensaio serão:

- a. Conectar as ponteiras de corrente e de tensão ao osciloscópio e ajustar o mesmo;
- b. Conectar o circuito à rede de energia elétrica, com a chave S_1 aberta;
- c. Ajustar o varivolt para a posição desejada, conforme é mostrado na curva da figura 7;
- d. Ligar o disjuntor Dj_i escolhido para o teste naquele momento;
- e. Preparar o osciloscópio para a aquisição;
- f. Ligar instantaneamente a chave S_1 e aguardar a atuação do disjuntor sob teste;
- g. Verificar se a aquisição foi realizada corretamente;
- h. Desligar a chave S_1 .

Para correntes muito altas, a ponteira de corrente pode ser colocada no primário do transformador T_1 , amostrando-se então uma corrente menor e com fator de escala $\approx 73:1$.

Para verificar as condições de operação do disjuntor serão feitos 5 testes, sempre com disjuntores diferentes para eliminar o efeito do aquecimento de seus elementos. Os valores exatos de corrente e o tempo de atuação devem ser anotados na tabela 1.

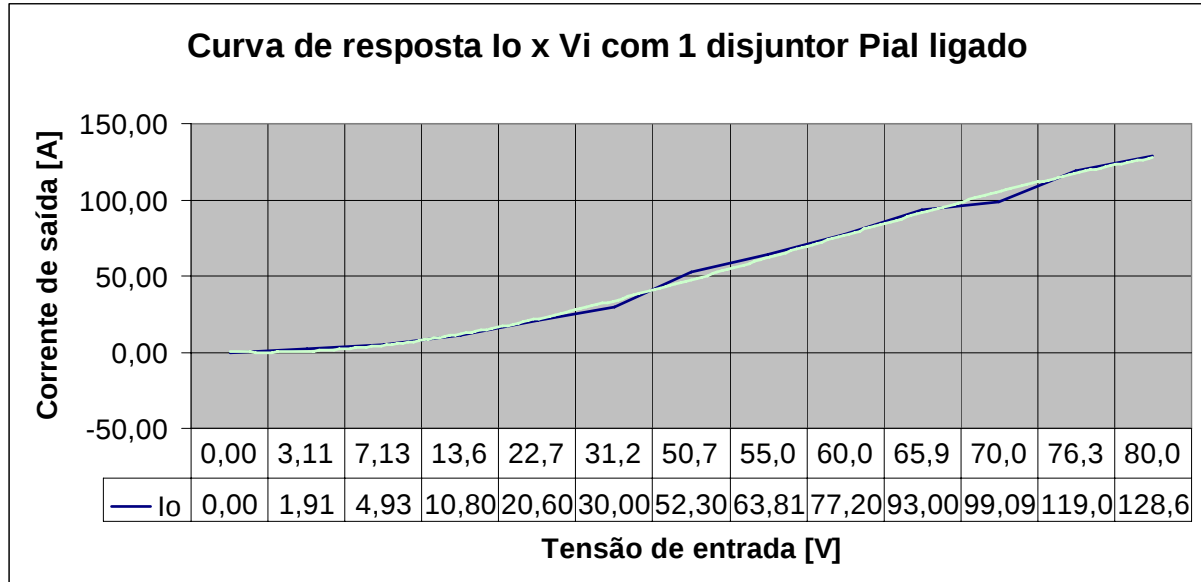


Figura 7 – Curva de resposta da corrente de saída em função da corrente de entrada do transformador T_1 .

Tabela 1 – Valores de corrente e tempo medidos.

Disjuntor Pial Legrand					
Constante de multiplicação $k \times I_n$	Corrente desejada [A]	Corrente medida [A]	Tempo medido [s]	Escala de tempo no osciloscópio	Método para aquisição no osciloscópio
≈ 3	30,00			1 s	Run/Stop
≈ 5	52,30			1 s	Run/Stop
≈ 7	77,20			400 ms	Run/Stop
≈ 10	99,09			100 ms	Trigger
≈ 12	119,0			20 ms	Trigger

Para o relatório:

- Marque os pontos tempo versus corrente no gráfico em anexo, conforme o disjuntor utilizado;
- Apresente algumas formas de onda adquiridas com o osciloscópio e comente a respeito das mesmas;
- Comente os resultados obtidos com o ensaio dos disjuntores;
- Explique, sob o ponto de vista de materiais elétricos, o funcionamento do dispositivo térmico do disjuntor;
- Qual a finalidade da câmara de extinção do arco elétrica e como funciona a mesma?
- Explique porque um disjuntor normalmente emprega dois dispositivos de proteção, o térmico e o magnético.

4 ANEXOS

