

Dimensionamento, especificações e aplicação de disjuntores elétrico sendo o equipamento de proteção e manobra mais viável é utilizado.

Hudson Fabricio Dias Silveira¹

Mikaella Priscila Alves Dias²

Resumo:

O artigo em questão abordara um assunto de extrema importância da Engenharia Elétrica, trata-se de um dispositivos de proteções e manobra para circuitos elétricos, chamados de disjuntores, iremos estudar desde como e o funcionamento dos disjuntores, passando por estudos de como especificar esses dispositivos ate os tipos de curvas de atuação especifica para cada carga e sua maneira correta de dimensionamento, para ter seu circuito devidamente protegido.

Palavra-chave: disjuntores, proteção, funciometo, atuação.

Abstract:

The article in question will address a subject of extreme importance of Electrical Engineering in low voltage, it is a protection devices and maneuver for electrical circuits, called circuit breakers, we will study from how and the operation of the circuit breakers, passing through studies of how specify these devices up to the types of performance curves specified for each load and their correct way of sizing to have their circuits properly protected.

Keyword: breakers, protection, function, function

¹ Graduando de Engenharia Elétrica Faculdades Santo Agostinho FASA, 2018 Montes Claros MG- Brasil
E-mail: hudson.dias@yahoo.com.br

² Bacharel em Engenharia Elétrica Faculdades Santo Agostinho FASA, 2018 Montes Claros MG- Brasil
E-mail: mikaellap@fasa.edu.br

1. Introdução.

De acordo com (Niskier 2013,p164) disjuntores são equipamentos de proteção e manobra, capaz de conduzir e interromper corrente elétrica em condições normais e ou em condições anormais. Sendo considerados como condição anormal efeitos provenientes de curto-circuito ou sobre corrente. Entende-se como curto circuito quando dois ou mais condutores se tocam sem que estejam eletricamente isolados, e sobrecarga quando o valor de sua corrente nominal se eleva devido a fatores externo.

Quando há a necessidade de comprar um disjuntor quem não se deparou com dois modelos, um preto e o outro branco, e com a pergunta do vendedor “e ai vai querer DIN ou NEMA”, “qual escolher?”. Para qual aplicação se destina cada modelo? Como dimensionar meu equipamento para que meu circuito esteja realmente protegido? Muitos leigos veem em suas residências instalados disjuntores NEMA mal dimensionados e reclamam que os cabos estão aquecendo e o disjuntor não desarma. Já nas indústrias e locais com muitos circuitos e importante que o dimensionamento seja bem feito para que a coordenação e seletividade de todo o sistema atue de maneira a interromper o estabelecimento de corrente elétrica o mais próximo possível do sinistro sem perdas nas demais instalações do sistema.

Estas e outras perguntas tentarão ser esclarecidas neste artigo. Muitos livros não dão tanta importância no perfeito dimensionamento deste equipamento quanto ao dimensionamento de condutores elétricos. Enquanto o dimensionamento de condutores elétricos possuem capítulos inteiros, as especificações de disjuntores têm apenas subitens em alguns capítulos, o que acredito ser errado uma vez que os disjuntores tem a finalidade de proteção dos condutores, sendo o dispositivo mais utilizado devido a diversas características como fácil manuseio, e não serem autodestrutivos, com o custo benefício mais viável.

Neste artigo vamos esclarecer que os disjuntores há muito tempo deixou de ser apenas uma chave para seccionamento do seu circuito, passando a ser muitas vezes a principal ou única proteção utilizada em residências ou indústrias. Ninguém gostaria de ficar rearmando disjuntores todo o tempo, nem muito menos ter seus equipamentos ou circuitos danificados por motivo de seus disjuntores não terem desarmados, motivos estes que torna este assunto tão importante. Tentaremos esclarecer as características e

métodos de funcionamento dos dois modelos de disjuntores utilizado atualmente no Brasil

2. Material e métodos.

Atualmente no Brasil podemos encontrar dois modelos de disjuntores, DIM que e o padrão europeu e atende o mercado de acordo com a norma da ABNT NBR NM60898 e NEMA padrão norte-americano baseado na norma RTQ contida na portaria do INMETRO 243, apesar de que os disjuntores no Brasil precisam seguir parâmetros estipulados pela NBR-5361 (Disjuntores de Baixa Tensão) que no momento passa por um cancelamento provisório, e consecutivamente a IEC 60947-2 (Disjuntores Industriais) IEC 60898 (Disjuntores Residenciais). As normas IEC “International Electrotechnical Commission” como falada são elaboradas através de representantes de diversos países visando estabelecer um padrão mínimo de qualidade e segurança aceita pelas diversas nações participantes. E a RTQ “Regulamento técnico da Qualidade“ e estabelecido pelos técnicos do INMETRO com o intuito de padronizar uma norma.

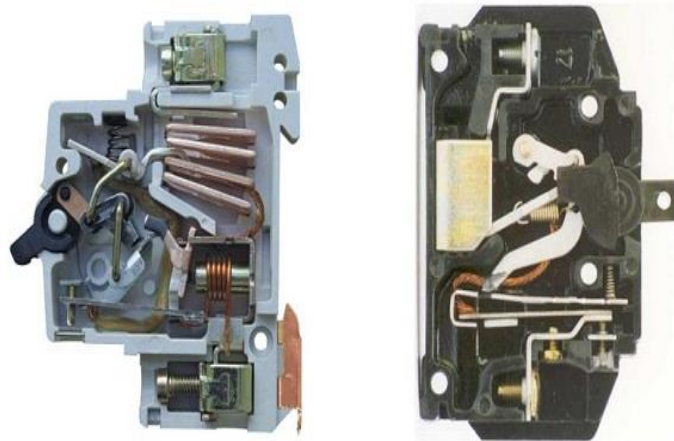


Fig 1: Modelos de disjuntor IEC e NEMA

Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-os-disjuntores/>

A principal vantagem dos disjuntores é que fazem ser mais viáveis financeiramente e devido ao sua atuação em dois tipos distintos de sinistros, curto-circuito e sobrecarga, evitando assim o uso em certas ocasiões de dois equipamentos de proteção, além de serem religáveis e de fácil manuseio os disjuntores são considerados um dispositivo de

manobra e proteção, vantagens estas em relação aos fusíveis que são de difícil manuseio e autodestrutivos e são considerado um equipamento apenas de proteção.

2.1 Funcionamento.

Para começarmos a estudar como especificar os disjuntores e fundamental que saibamos como e seu funcionamento, por isso o primeiro termo a ser entendido será o termo “Termomagnético”, método de funcionamento de todos os disjuntores usados no Brasil.

Termomagnético é a junção de duas palavras, Térmica mais magnética, ou seja existem duas forma de desarme dos disjuntores. A primeira maneira a ser estudada a térmica consiste na aplicação da “integral de Joule” e nos estudos de dilatação térmica e transferência de calor, entre materiais metálicos. Já o segundo método de atuação tem como origem as “Equações de Maxwell” em relação ao campo magnético (MAMEDE FILHO 2012, p345).

Os dois métodos de atuação dos disjuntores consistem em uma relação direta com a corrente elétrica, que e a sofre alteração com todas as anomalias que por ventura venha a ocorrer em um circuito elétrico.

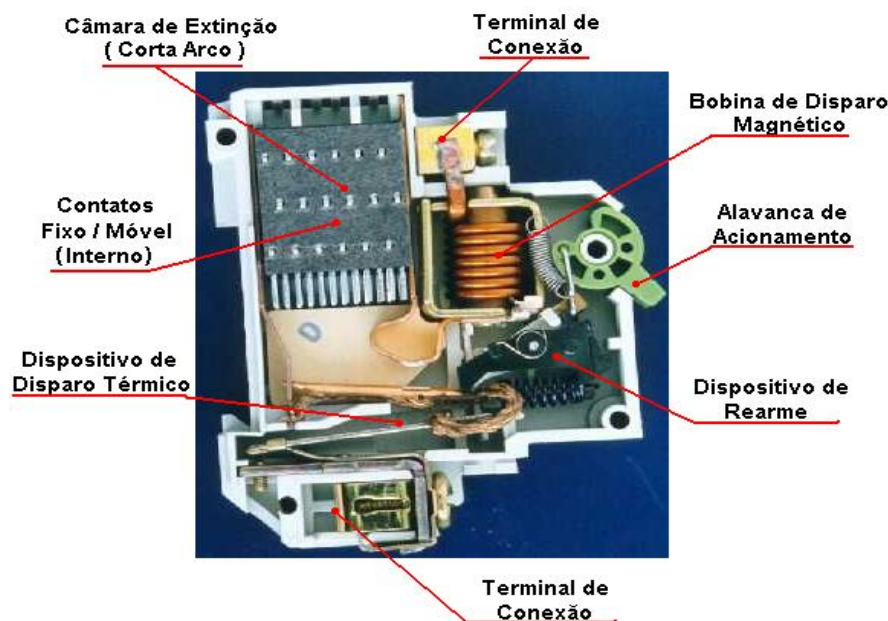


Fig 2. Partes internas de um disjuntor

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAesc4AL/instalacoes-eletrica-industrial-fusiveis-disjuntores?part=2>

Como mostra na fig 2 os disjuntores possuem dois modos de disparos, um trata-se de um bobina na qual abre os contatos do disjuntor quando houver um curto-circuito, o outro método e disparado através de uma lamina bi metálica que ao sofrer um sobrecarga ira se dilatar mais que o normal e abrirá o circuito de acordo com o calculo i^2t . Os disjuntores também possuem uma câmara de extinção que tem como finalidade a extinção de arcos elétricos provocado durante a abertura e fechamento de seus contatos (COTRIN 2013, p 205).

2.2 Especificações técnicas dos disjuntores.

Para especificarmos corretamente nossos dispositivos e precisa saber as peculiaridades de cada disjuntor e para isso iremos estudar suas curvas de atuação, e corresponde-las com as curvas características de cada tipo de carga. Os disjuntores de norma IEC ou DIN nome comumente conhecido possuem três curvas de atuação que são com características distintas, estas curvas são conhecidas como curvas B,C e D, (NERY 2014, p 2014).

Os disjuntores de curva B mais adequado para residências e cargas de baixas intensidades característica de cagas resistivas, tem atuação de 3 a 5 vezes de sua corrente nominal.

Exemplo: fornos elétricos e ferro de passar.

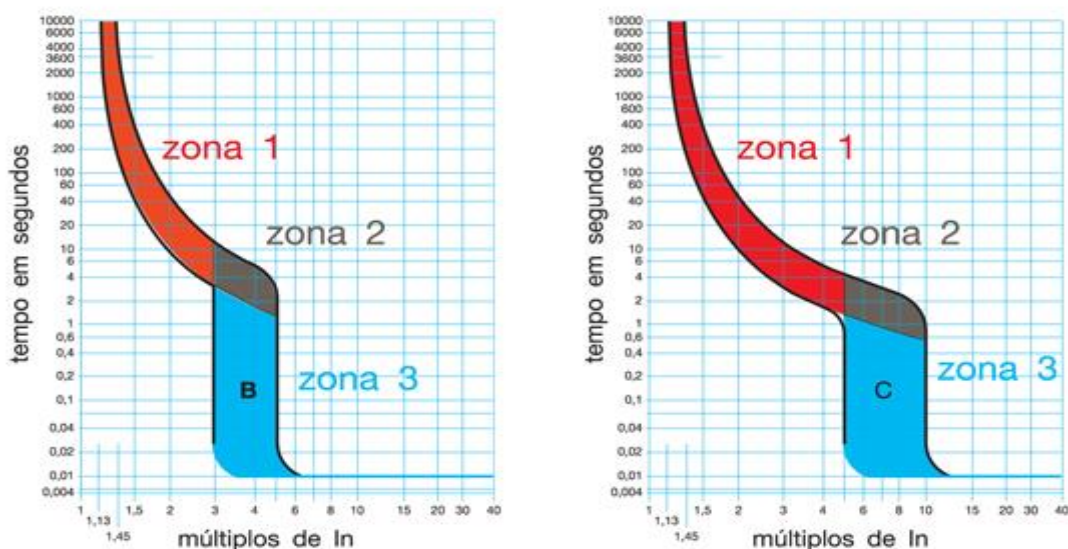


Fig 3: Grafico com curvas de atuação de curvas B e C.

Fonte: <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/proteccao-das>

Já os disjuntores de curva C são os mais utilizados em indústrias por serem para cargas indutivas, devido à sua alta corrente de partida, tem como atuação de 5 a 10 vezes da sua corrente nominal.

Exemplo: Motores elétricos de indução.

Tendo a mais alta curva de ruptura entre 10 e 20 vezes a corrente nominal os disjuntores de curva D normalmente conhecidos como disjuntores de caixa moldada são excelentes para proteger transformadores e grandes sistemas.

Disjuntor Motor: Disjuntor mais recente no mercado, tem a capacidade de ser ajustado causando uma maior capacidade de proteção, podendo substituir os reles de sobrecargas

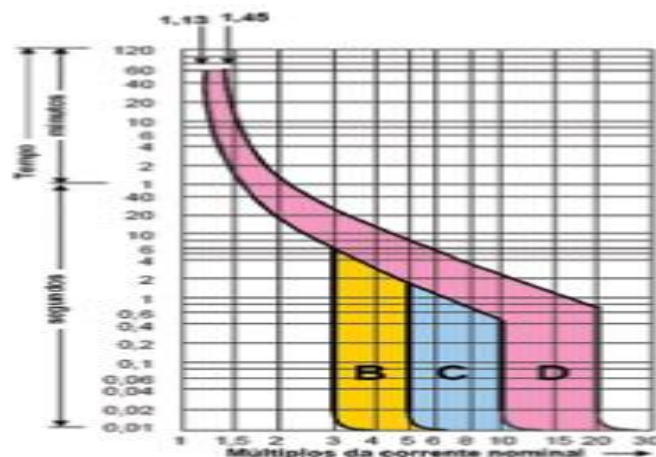


Fig 4: Curvas de disjuntores de curva B, C e D.

Fonte: <http://deltaautomacao.wixsite.com/delta/single-post/2016/01/06/Disjuntores-e-as-curvas-de-ruptura>

Os disjuntores NEMA possuem a capacidade de interrupção para disparos de curto-circuito menor que os de norma DIM, por exemplo um disjuntor de 25A tem a curva de atuação de 3 KA que equivale a cerca de 66% dos equivalentes de norma DIN. Já a falta de um disparo bobinado faz com que o disjuntor tenha um limiar de ativação pouco sensível, atuando através de um mecanismo bi metálico, com isso o seu funcionamento dependerá da grandeza do curto-circuito.

3. Dimensionamento

Após entendermos a funcionalidade de cada disjuntor, podemos começar a dimensionar nossos dispositivos de proteção. Segundo a NBR 5410 para dimensionarmos os disjuntores devemos observar os seguintes parâmetros:

- Corrente Nominal
- Capacidade de interrupção de corrente
- Numero de polos
- Tensão e frequência
- Tipo de curvas: B, C ou D
- Integral de Joule ou tempo de disparo

Como já vimos cada disjuntor tem uma curva de disparo especifica para cada tipo de carga, e a primeira especificação a ser aplicado no seu dimensionamento e justamente esta. Devemos saber qual o tipo de carga o disjuntor ira proteger, resistivas, indutivas ou capacitivas, e aplicar o modelo correto.

Segundo (Nery 2014, p139) o segundo parâmetro a ser aplicado em sua especificação será o calculo para que possa ser atuado em caso de sobrecarga para isso precisamos ter em mãos o calculo da corrente nominal do circuito “Inc” e o seu calculo dependera do tipo de circuito a ser aplicado; monofásico ou bifásico e o tipo de carga; indutivo resistivo ou capacitivo. O disjuntor estipulado devera ter uma corrente de disparo “Id” maior que a corrente nominal do disjuntor “Ind” e por sua vez maior que a corrente nominal do circuito “Inc” como descrito a seguir.

Para o calculo da corrente nominal do disjuntor e utilizado um fator multiplicado para a corrente nominal do circuito como demonstrado na equação a seguir:

$$Ind = FS \times Inc$$

Onde: FS; Fator de serviço.

(1)

O fator de serviço e dado através do tipo de carga e tipo de disjuntor utilizado. Projetistas utilizam valores padronizados como demonstraremos na tabela a seguir.

Tipo de carga	FS
Cargas resistivas	1.10

Cargas Indutivas	1.15
Carga capacitiva	1.50

Tabela 3.1: fator de serviço utilizado para calculo de acordo com o tipo de carga
Fonte: Nery 2014,p 138.

Após o calculo da corrente nominal do disjuntor devemos escolher o valor padrão imediatamente menor ao valor calculado, a seguir apresentaremos alguns valores padrão de disjuntores.

Disjuntor (A)	Disjuntor (A)	Disjuntor (A)	Disjuntor (A)
6	32	100	150
10	40	125	315
16	50	160	355
20	63	200	400
25	80	224	425

Tabela 3.2: Corrente nominal dos disjuntores
Fonte: Prismian cable.

$$I_d > I_{nd} > I_{nc}$$

Onde: I_d ; Corrente de disparo.

I_{nd} : Corrente nominal do disjuntor.

I_{nc} : Corrente nominal do circuito.

Após o dimensionamento para sobrecarga chega a ver do calculo de curto-circuito. Para iniciarmos do seguinte pressuposto: que a corrente de ruptura do disjuntor " I_{rc} " deve ser maior ou igual a corrente de curto-circuito " I_{cc} " do cabo, conforme (NERY 2014, p.140).

$$I_{rc} \geq I_{cc}$$

Onde: I_{rc} ; Corrente de ruptura do disjuntor.

I_{cc} ; Corrente de curto-circuito.

(2)

Para o calculo de do cuto-circuito presumida (Cotrin 2013, p 331), estabelece que pode ser obtida por um método simplificado aplicando as seguintes expressão.

Para 127/220V ($U_0=127v$)

$$I_{cc}(KA) = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{cco}^2} + \frac{57 \times \cos \phi \times L}{I_{cco} \times K0 \times S} + \frac{5 \times L^2}{S^2}}}$$
(4)

Para 220/380V (U₀=220V) K₀

$$I_{cc}(KA) = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{I_{cco}^2} + \frac{100 \times \cos \phi \times L}{I_{cco} \times K0 \times S} + \frac{5 \times L^2}{S^2}}}$$
(5)

Onde: I_{cc}; Corrente de curto-circuito presumida a determinar (KA).
 I_{cco}; Corrente de curto-circuito presumida a montante (KA) (ver tabela 3.1).
 Cosφ; fator de potencia de curto-circuito (ver tabela 3.2).
 L; comprimento do circuito.
 S; Secção nominal dos condutores.

As tabelas 3.1 e 3.2 tem como finalidade no auxilio do calculo de curto-circuito determinando os valores aproximados de fator de potencia e corrente de curto-circuito presumida a montante.

I_{cc}(KA)	1,5 a 3	3,1 a 4,5	4,6 a 6	6,1 a 10	10,1 a 20	> 20
Cosφ	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,25

Tabela 3.1: Fator de potencia de curto-circuito.
 Fonte: Instalações elétricas Nery 2014 p 141.

Potencia transformador (KA)	127;220V	220/380V
15	1,12	0,65
30	2,75	1,30
45	3,37	1,95
74	5,62	3,25
112,5	8,44	4,88
150	11,25	6,51
225	13,12	7,59

Tabela 3.2: Corrente de curto-circuito presumida no secundário do transformador.
 Fonte: Instalações elétricas Nery 2014 p 141.

Após o cálculo da corrente de curto-circuito, deveremos calcular o tempo de duração do mesmo e para isso um segundo pressuposto deve ser adotado, onde o tempo de ruptura do disjuntor deve ser menor ou igual ao tempo de duração do curto-circuito, como mostraremos a seguir:

$$T_d \leq T$$

Onde: T_d ; Tempo de disparo do disjuntor.

T ; Tempo de duração do curto-circuito.

(6)

De acordo com (Nery 2014, p 142) conseguimos calcular o tempo de duração do curto-circuito utilizando a seguinte expressão:

$$T = \frac{K^2 \times S}{I_{cc}^2}$$

Onde: $K=115$ para condutores de cobre com isolamento PVC.

$K=135$ para condutores de cobre com isolamento EPR e XLPE.

$K=74$ para condutores em alumínio com isolamento em PVC, EPR e XLPE.

S = Seção nominal do cabo.

I_{cc} = corrente de curto-circuito.

(7)

Com todos os dados levantados conseguimos dimensionar o disjuntor correto para o circuito a ser protegido, basta ter em mãos tabelas fornecidas pelos fabricantes onde demonstram todos os gráficos de funcionalidade dos seus equipamentos.

É importante que ao especificar o disjuntor conferir a marca e analisar em sua tabela e comparar o tempo de desarme do dispositivo com o tempo de ruptura através da quantidade de ciclos que o condutor utilizado suporta, estas tabelas são disponibilizadas pelos fabricantes de cabos. O tempo de desarme deve ser menor que o tempo de ruptura do condutor.

4. Considerações finais.

Saber como utilizar os dispositivos de proteção como o disjuntor é bastante importante, assim como se atentar para os conhecimentos sejam aplicados de forma a assegurar seus circuitos contra sinistros indesejáveis.



Fig 5: Disjuntor danificado por sobrecorrente
Fonte: Proprio autor.

Tomando todos os cuidados para o correto dimensionamento de seu circuito, estaremos protegendo nossos cabos e equipamentos e com isso teremos uma coordenação e seletividade mais efetiva visando a proteção para curto-circuito e sobrecarga, e não corremos o risco do mesmo ficar desarmando quando dimensionado abaixo da capacidade norma ou danos quando dimensionado acima do capacidade nominal conforme na fig.5 em que foi encontrado pelo o autor um disjuntor estourado e o mesmo ainda encontrava-se armado. Por fim vale ressaltar que disjuntores não tem a função de proteger contra choques elétricos, função esta destinada a DRs. Que talvez será objeto de um novo artigo.

Por ultimo como uma informação adicional, muitos devem-se perguntar “por que as curvas de atuação dos disjuntores começam com a letra B, qual o motivo de não começar com a letra a” A IEC 60947 não utilizou como padrão a letra A para que não houvesse confusão com a unidade de medida da corrente elétrica que também é sinalizada pela letra A de amperes.

5. Bibliografia.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.** 2004

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60947-2: Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão, Disjuntores,** 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60898: Disjuntores para proteção de sobrecargas para instalações domésticas e similares,** 2011.

Cotrim, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas.** 5ª ed. São Paulo Pearson 2009.

Mamede Filho, J. **Instalações Elétricas Industriais.** 8ª ed. Rio de Janeiro LTC 2012.

Niskier, Júlio. **Manual de instalações elétricas** .Rio de Janeiro LTC 2013

Nery, Norberto. **Instalações elétricas, princípios e instalações.** 2º ed. São Paulo Ed.Érica LTDA 2014.