

Programa de Formação Técnica Continuada

Técnicas de Interrupção dos Circuitos



Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

Índice

1. Introdução

1.1 Conceito de rigidez dielétrica.....	2
1.2 Lei de Paschen.....	2
1.3 Corrente através de gás ionizado.....	2
1.4 Interpretação do andamento da curva de Paschen	3
1.5 Os gases eletro-negativos como dielétricos e como meio de interrupção.....	3
1.6 Propriedades do arco elétrico.....	4
1.7 Meios para conseguir interromper o arco.....	4
1.8 As distâncias entre contatos na posição aberta em vários aparelhos com isolação gasosa..	4

2. A evolução histórica dos interruptores

2.1 Interruptores de chifres.....	4
2.2 Câmara de extinção com chapas metálicas..	5
2.3 O princípio físico é o seguinte :.....	5
2.4 Câmara de Interrupção com chapas isolantes..	5
2.5 Contatos planos separados por ação da gravidade.....	6
2.6 Contatos móveis operados por molas.....	6
2.7 Melhor material para os contatos.....	6
2.8 Uso de contatos adinâmicos.....	6
2.8.1 Uso de contatos dinâmicos.....	7

3. Fatores que influenciam a capacidade de interrupção

3.1 Corrente contínua x corrente alternada.....	7
3.2 Cargas lineares.....	7
3.2.1 Resistores.....	7
3.2.2 Capacitores.....	8
3.2.3 Indutores.....	8
3.2.4 Cargas formadas por resistores, indutores e capacitores.....	8
3.3 Cargas não lineares.....	8
3.4 A altitude.....	9
3.5 Temperatura ambiente.....	9
3.6 Umidade.....	9
3.7 Freqüência.....	9

4. O ciclo de religamento.....9

5. Fechamento de bancos de capacitores.10

1. Introdução

Para uma melhor compreensão dos fenômenos ligados à interrupção de correntes é conveniente fazer uma revisão do histórico da disrupção dos dielétricos gasosos.

1.1 Conceito de rigidez dielétrica

Foi introduzido por Maxwell em 1873 como sendo a relação entre a tensão que produz a disrupção entre dois eletrodos e a distância entre eles e que é válida para campos uniformes:

Onde: E é a rigidez dielétrica em kV/cm, Vd é a tensão que provocou a disrupção em kV e d é a distância entre os eletrodos em cm.

$$E = \frac{Vd}{e}$$

1.2 Lei de Paschen

Foi enunciada em 1889: "a tensão disruptiva de um gás, a temperatura constante, é função do produto pressão x distância entre os eletrodos". A curva que exprime a lei de Paschen tem o aspecto geral mostrado abaixo, com um mínimo bem definido para cada gás.



Por essa lei, se multiplicarmos a pressão por um fator k e dividirmos a distância pelo mesmo fator k, a tensão disruptiva continua a mesma.

Esta lei tem uma importância tecnológica fundamental pois a partir dela podemos efetuar:

- correção das distâncias de isolamento com a variação da altitude. Sabendo-se que a medida que aumenta a altitude diminui a pressão atmosférica a distância de isolamento deve ser aumentada para continuar apresentando a mesma tensão suportável (sob a mesma temperatura). Levando em conta a temperatura a correção para a distância se faz aproximadamente com a densidade do ar dada por:

$$\delta = \frac{0,386p}{273 + t}$$

onde p é a pressão atmosférica em mmHg e t é a temperatura em °C, adotando-se como valores de referência $p_0 = 760\text{mmHg}$ e $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Para outras unidades a fórmula é a seguinte:

$$\delta = \frac{p T_0}{p_0 T}$$

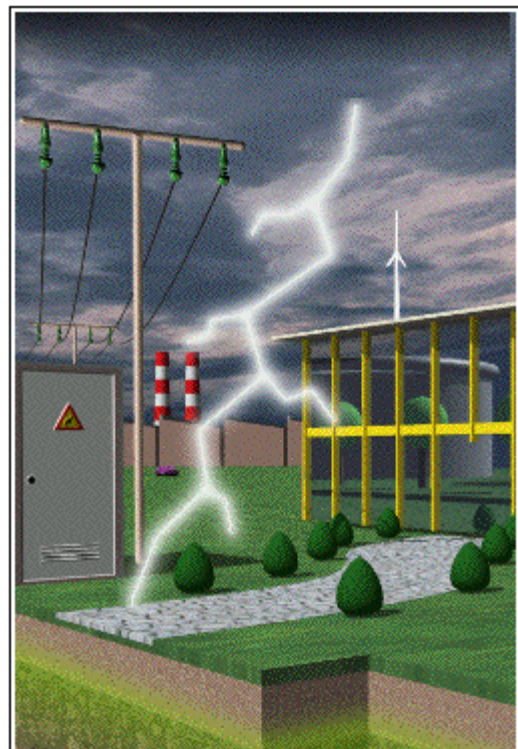
onde p é a pressão em uma nova altitude, p_0 é a pressão ao nível do mar adotada como referência T_0 é a temperatura de referência em Kelvin e T é a nova temperatura em Kelvin

- uso de disjuntores de ar comprimido: para estes disjuntores a distância entre os contatos na posição aberta pode ser muito menor, proporcionalmente à pressão utilizada.
- uso de instalações encapsuladas e disjuntores em SF_6 : este gás é melhor dielétrico que o ar e sob pressões relativamente baixas apresenta rigidez dielétrica equivalente ao ar sob altas pressões e as dimensões desses equipamentos e instalações ficam mais atrativas construtiva e economicamente.

1.3 Corrente através de gás ionizado

No ar, na superfície da Terra, há uma certa quantidade de íons (cerca de 2.000 a $3.000/\text{cm}^3$) causados pelo bombardeamento por raios cósmicos e por radiação emitida pelo solo (que varia de região para região da crosta terrestre).

Por ocasião das tempestades essa quantidade aumenta muito, cerca de 10 vezes.

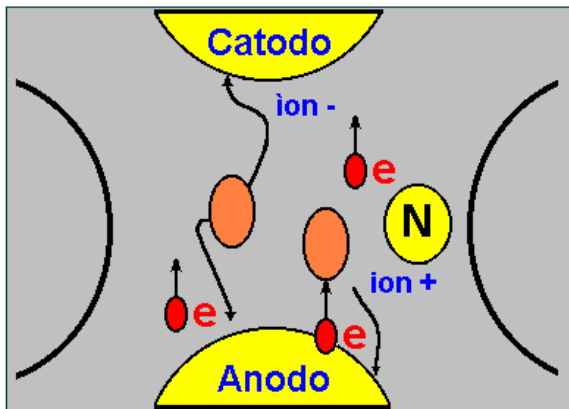


Se entre dois eletrodos for aplicada uma tensão crescente teremos quatro fases distintas :

Fase 1 - durante a qual o ar se comporta como um resistor ôhmico : a corrente varia linearmente com a tensão.

Fase 2 - de saturação . Como o número de íons é constante, atingido esse valor de corrente, pode-se aumentar a tensão que a corrente não aumentará. As partículas carregadas que vão sendo recolhidas pelos eletrodos são substituídas por novas partículas formadas como explicado acima.

Fase 3 - pré-descarga. A corrente aumenta exponencialmente com a tensão aplicada pelo efeito da avalanche eletrônica : os elétrons fortemente acelerados adquirem uma energia cinética ($1/2 mV^2$) que possibilita a formação de um novo elétron por choque com uma partícula neutra. O novo elétron liberado é também acelerado e poderá produzir um novo elétron livre e assim por diante. Se a tensão diminuir, diminuirá a aceleração dos elétrons e a corrente diminuirá. O coeficiente que exprime a formação de elétrons em cada cm do espaço entre os eletrodos é representado por α é denominado 1º coeficiente de Townsend.



Fase 4 - descarga auto-sustentada. A partir de um valor da tensão estabelece-se um arco entre os eletrodos e vários fenômenos contribuem para manutenção do arco, alguns deles aproximadamente independentes da tensão como :

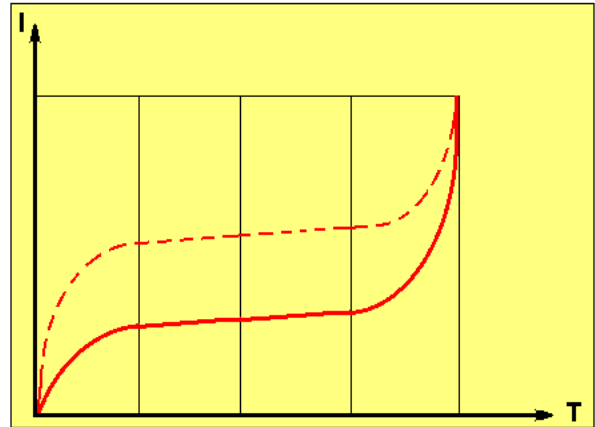
- emissão secundária nos eletrodos
- emissão termo-iônica ao longo do arco
- emissão de campo junto aos eletrodos
- emissão foto-iônica
- emissão por instabilidade térmica de partículas neutras

Por outro lado, elétrons livres e íons positivos podem se recombinar em um processo denominado enlace eletrônico representado por η . Uma vez estabelecido o arco entre dois eletrodos pode-se abaixar bastante a tensão que a corrente permanece aproximadamente constante (daí a designação auto-sustentada).

É claro que se a tensão anular-se a corrente também se anulará, por eliminação do fenômeno inicial que é a ionização por choque, e o arco será extinto. Restarão porém no ambiente entre os eletrodos uma grande quantidade de elétrons livres e íons. Se a tensão for

restabelecida logo a seguir é possível que o arco se restabeleça para se iniciar novamente a avalanche eletrônica.

Graficamente podemos representar o comportamento da corrente através dos gases em função da tensão aplicada entre os eletrodos.



1.4 Interpretação do andamento da curva de Paschen:

Mantendo-se a distância constante, a tensão disruptiva é alta para as baixas pressões (vácuo) porque havendo muito poucas moléculas é necessário que os elétrons sejam muito acelerados para produzirem avalanches nas poucas chances que têm de encontrar partículas ionizáveis.

Nas altas pressões (ar comprimido) há muitas moléculas a serem ionizadas, mas as distâncias que os elétrons podem percorrer entre dois choques é muito pequena e é preciso que eles sejam muito acelerados para produzirem avalanches em espaços muito curtos.

1.5 Os gases eletro-negativos como dielétricos e como meio de interrupção

Os gases eletronegativos, entre os quais o hexafluoreto de enxofre (SF_6) é o mais utilizado atualmente, têm moléculas com possibilidade de receber mais um elétron na sua última camada transformando-se em íons negativos que são muito mais pesados que um elétron. Esses íons se movimentarão pela ação do campo elétrico mas a uma velocidade muito mais baixa que os elétrons e serão incapazes de dar início a avalanches eletrônicas. Em linguagem comum pode-se dizer que as moléculas de SF_6 têm "fome de elétrons" apresentando por isso uma rigidez dielétrica (à pressão atmosférica normal) cerca de duas vezes e meia a do ar, sendo por isso utilizado vantajosamente em instalações encapsuladas. Para a interrupção em disjuntores e em seccionadores também apresenta capacidade de interrupção em baixas pressões equivalente à do ar comprimido a altíssimas pressões.

1.6 Propriedades do arco elétrico

- É extremamente móvel
- Tem capacidade ilimitada de condução de corrente
- Tem temperatura muito alta (milhares de °C)
- Apresenta uma tendência de aumentar a área envolvida pelo circuito.

■ A resistência aumenta com o comprimento e diminui com o aumento da secção, ou seja, vale a relação :

$$R = k (L / S)$$

■ A resistência aumenta com a diminuição da temperatura.



1.7 Meios para conseguir interromper o arco

Para interromper um arco deve-se trabalhar com suas propriedades, procurando :

- aumentar sua resistência (por alongamento, diminuição da secção, ou diminuição da temperatura); quando a queda de tensão for igual à tensão aplicada, cessará a formação de novos elétrons por avalanche eletrônica.
- aumentar a sua mobilidade o que diminui a emissão por aquecimento dos eletrodos.
- aumentar a agitação molecular : com isto aumenta a probabilidade de enlace.

Os equipamentos destinados a interromper as correntes, sejam de curto-circuito, sejam de carga ou sobrecarga podem receber o nome genérico de interruptores. Serão disjuntores se forem capazes de interromper e estabelecer correntes de curto; serão contactores quando puderem interromper correntes de sobrecarga, puderem ser comandados à distância e tiverem uma vida eletromecânica longa; serão chaves de abertura sob carga quando forem destinados à abertura de circuitos com a corrente de carga um pequeno número de vezes. Vamos a seguir examinar os interruptores de uma maneira geral.



1.8 As distâncias entre contatos na posição aberta em vários aparelhos com isolamento gasosa.

Para visualizar as vantagens de usar gases eletronegativos com pressões superiores à atmosférica pode-se dizer que, para equipamentos para uso em 550kV:

- Uma chave seccionadora a ar tem uma distância entre contatos na posição aberta de 5m
- Uma chave seccionadora a gás SF₆ tem a mesma distância reduzida para dezenas de cm
- Um disjuntor a SF₆ tem uma distância entre contatos de dezenas de cm
- Um disjuntor a ar comprimido de altíssima pressão tem uma distância de 5cm
- Um disjuntor a vácuo tem a mesma distância reduzida a poucos mm.

Como além das distâncias também o custo das instalações fixas e de manutenção se tornaram muito elevados para as altas pressões os disjuntores a ar comprimido quase não são mais fabricados e praticamente foram substituídos pelos de SF₆. Os disjuntores a vácuo para altas tensões se tornaram inviáveis, com a tecnologia atual, e o seu campo de atuação se restringe às medias tensões.

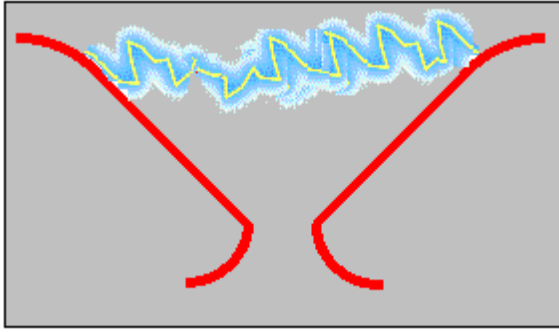
2. A evolução histórica dos interruptores

2.1 Interruptores de chifres

Os contatos, sob a forma de chifres, ao se abrirem, transferem o arco para as pontas onde a distância é maior e portanto menor a possibilidade do arco reacender.

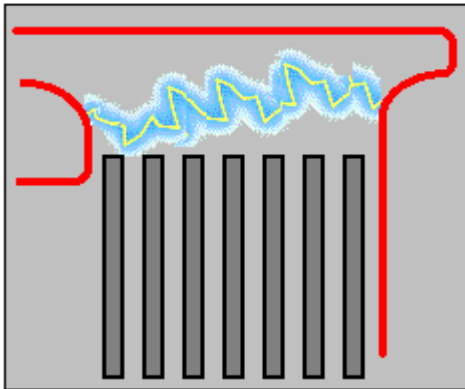
O inconveniente é que para correntes altas fica uma quantidade de cargas entre os contatos suficiente para produzir nova avalanche eletrônica e o restabelecimento do arco, quando a tensão voltar a aumentar.

Para que o sistema funcione é preciso que a velocidade de separação dos contatos seja grande (proporcionada por molas e não pela gravidade) e que a distância final de separação entre os contatos também seja grande.



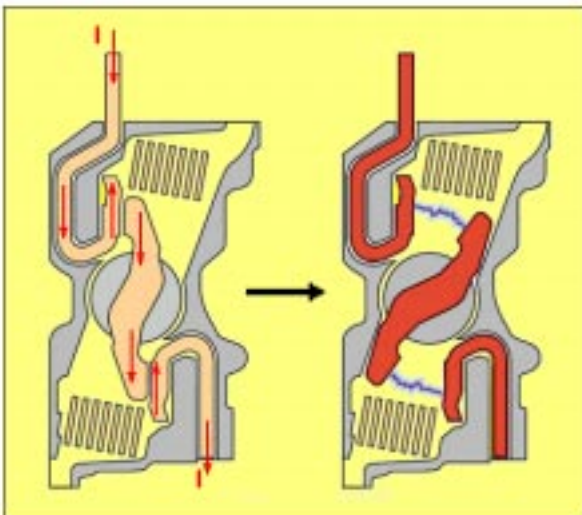
2.2 Câmara de extinção com chapas metálicas

O arco, pela ação do campo magnético é empurrado para dentro de uma câmara de extinção onde ele é dividido por um conjunto de chapas metálicas em um grande número de pequenos arcos que se deslocam rapidamente. O contato do arco com as chapas metálicas esfria o arco e o deslocamento rápido reduz a emissão térmica no metal. A força que empurra o arco pela câmara adentro é proporcionada pelo percurso em direções opostas da corrente que passa pelo condutor e a do arco.

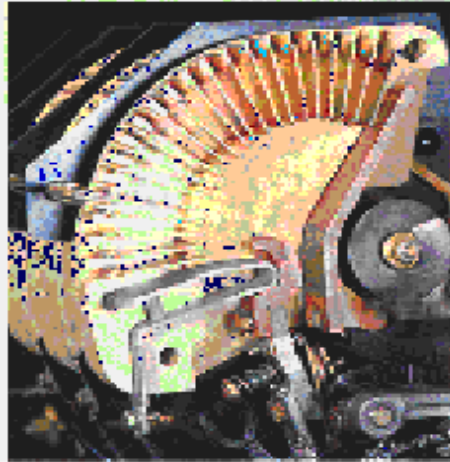


2.3 O princípio físico é o seguinte :

“Quando dois condutores paralelos são percorridos por corrente(s) em sentidos opostos, aparece entre eles uma força de repulsão. Esta força é diretamente proporcional ao produto das correntes (ou ao quadrado se for a mesma corrente como no caso dos interruptores) e inversamente proporcional à distância entre os condutores. Se as correntes forem de mesmo sentido, a força será de atração.



A operação dos interruptores por este princípio é denominada “sopro magnético” e independe da posição dos contatos : horizontal, vertical ou invertida. Na posição horizontal a movimentação do arco (para cima) é ajudada pelo calor do arco que forma uma corrente de convexão. O sopro pode ser reforçado por uma bobina de sopro.



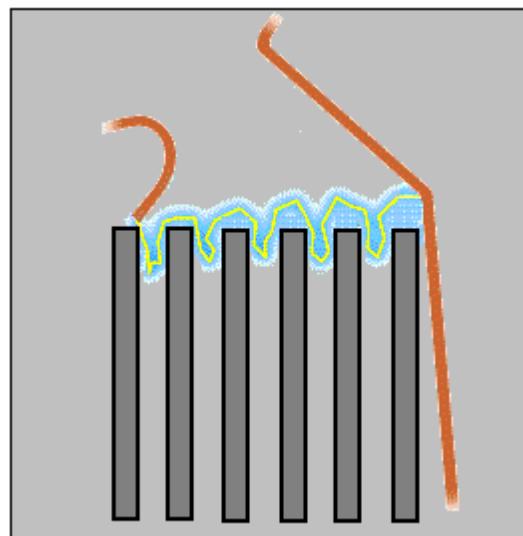
Na posição vertical, a gravidade ajuda a separação dos contatos e a convexão também coopera, empurrando o arco para cima, este efeito é menor que no caso anterior.

Na posição invertida o sopro magnético tem que superar o efeito térmico e a velocidade de deslocamento é proporcionada pelas molas.

2.4 Câmara de Interrupção com chapas isolantes

Usando chapas isolantes (fibrocimento, cerâmica de alta alumina, material orgânico resistente ao arco) no caminho do arco obtém-se :

- alongamento do arco e portanto aumento da resistência
- esfriamento pelo contato com uma superfície fria e portanto um novo aumento da resistência.

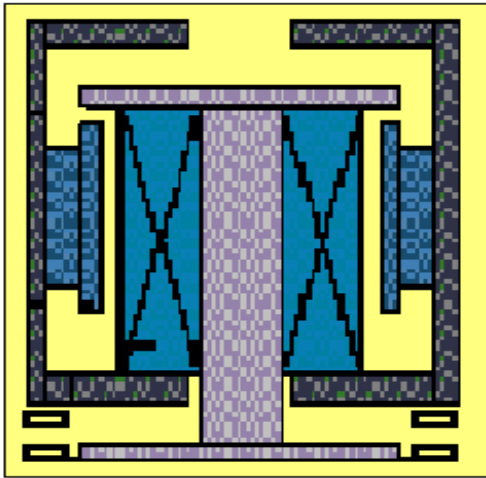


2.5 Contatos planos separados por ação da gravidade

Nesta solução há uma bobina cujo núcleo tem uma parte móvel ao qual estão solidários os contatos móveis. quando a bobina é desenergizada, os contatos se separam com velocidade proporcional ao peso da parte móvel e ficam a uma distância final suficientemente grande para suportar a tensão de restabelecimento. Estes interruptores só funcionam na posição vertical.

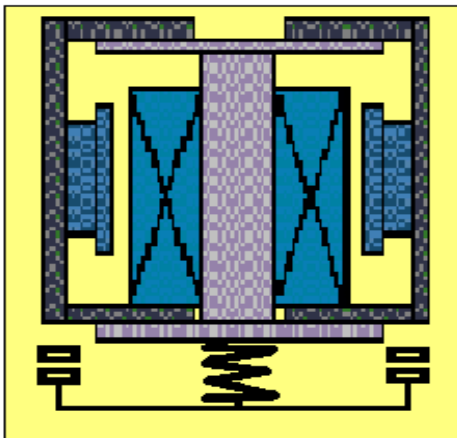
Para diminuir a distância de separação dos contatos pode-se mergulhá-los em óleo isolante.

Os inconvenientes são: posição única de atuação, volume ocupado muito grande, risco de incêndio (quando usado o óleo isolante).



2.6 Contatos móveis operados por molas

Para contornar a necessidade de só usar o interruptor na posição vertical surgiu a solução de proporcionar a separação dos contatos por molas. Com dimensionamento adequado das molas, consegue-se uma velocidade de separação bem maior o que diminui o tempo de duração do arco e se pode utilizar uma distância final menor entre os contatos fixos e móveis.



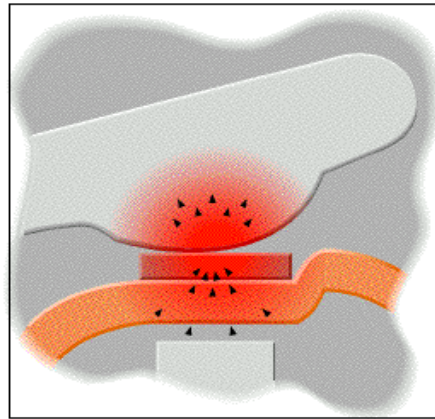
2.7 Melhor material para os contatos

Os contatos, para melhor resistência ao arco (diminuindo a erosão e a fusão) e menor resistência de contato devem ser de materiais bons condutores e de temperatura de fusão elevada.

O cobre é bom condutor mas funde a temperatura baixas e por isso só é usado quando for possível transferir o arco para outros componentes feitos de tungstênio, por exemplo.

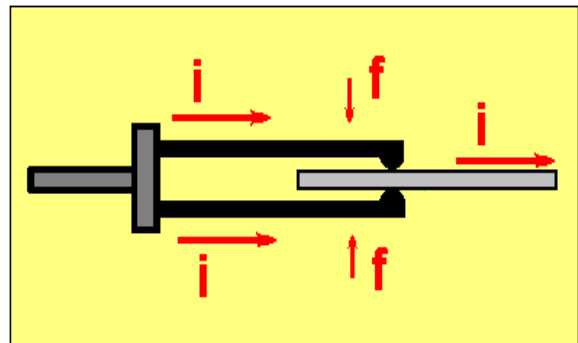
A prata também é bom condutor e é usado sob a forma de ligas com o Sn.

Quando a distância é muito pequena (interruptores à vácuo) usam-se ligas de boa condutividade e alta temperatura de fusão, como o tungstênio desenvolvidas para foguetes da era espacial.



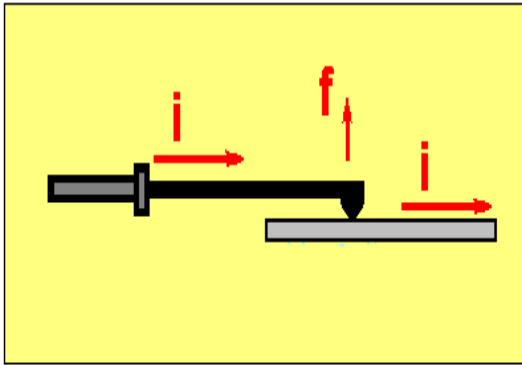
2.8 Uso de contatos adinâmicos

Quando a corrente passa do contato fixo para o móvel (ou vice-versa) aparece uma força que tende a separar os contatos. Se for usada uma disposição das peças de modo a que a corrente passe por componentes em paralelo surgirá uma força de atração que tenderá a manter os contatos tanto mais apertados quanto maior for a corrente; dizemos que se tem contatos adinâmicos. Essa construção é usada nas chaves faca, nos disjuntores não limitadores (tipo tulipa), nos contatos de encaixe de disjuntores extraíveis e outros; com ela, quanto maior a corrente de curto, maior a força de aperto.



Nas construções dos contatos adinâmicos há sempre dedos de contato (ou lâminas de contato) opostos que por ação da força causada pela passagem da corrente no mesmo sentido, proporcionam uma maior pressão e conseqüente menor resistência de contato.

2.8.1 Uso de contatos dinâmicos



No entanto, quando se deseja que o interruptor seja limitador (ou seja que evite que a corrente de curto atinja seu valor final) os contatos são dispostos de maneira a evitar a compensação dos esforços. Neste caso o contato é dito dinâmico e a velocidade de separação aumenta pela força de repulsão que aparece entre os contatos.

3. Fatores que influenciam a capacidade de interrupção

3.1 Corrente contínua x corrente alternada

Inicialmente devemos distinguir dois tipos de interrupção: Corrente Contínua (C.C.) e Corrente Alternada (C.A.)

A interrupção de um circuito em C.C. implica em extinguir um arco que está conduzindo uma certa corrente sob uma certa tensão que se mantém constante.

A condição para extinguir o arco é que a queda de tensão ao longo do arco (proporcionada pelo alongamento e resfriamento) se iguale à tensão do sistema. Nesse instante deixa de haver aceleração das cargas e os efeitos que sustentam o arco como: ionização por choque, pelo campo elétrico, por emissão secundária, ou fotoiônica (no catodo ou ao longo da descarga) se anulam, restando a ionização térmica ao longo do arco que por si só, é incapaz de mantê-lo. É necessário para essa extinção que haja um sopro magnético forte, um grande alongamento e um rápido resfriamento do arco. Em princípio, um interruptor para C.C. é capaz de interromper correntes maiores em C.A.

Por outro lado, a interrupção em C.A. é facilitada pela passagem pelo zero da corrente a cada 8,33ms (em sistemas de 60 Hz) ou 10ms (em sistemas de 50 Hz). A interrupção em C.A. consiste em impedir que o arco se restabeleça após a 1a., 2a. ou 3a. passagens pelo zero.

Pode-se dizer que logo após a passagem pelo zero inicia-se uma “corrida” entre a tensão de restabelecimento do sistema e a recuperação do dielétrico entre os contatos fixo e móvel. Se a recuperação do dielétrico for mais lenta que a “subida da tensão” o arco se restabelecerá por mais meio ciclo. Nessa nova passagem pelo zero, a distância entre os contatos será maior e a probabilidade de se completar a interrupção será também maior. Usando contatos ultrarápidos é possível, em B.T. e em alguns casos em M.T., conseguir interromper o arco ainda na primeira subida da corrente por disjuntores denominados **limitadores**. A interrupção se dá nestes casos geralmente em torno de 2ms de modo que a corrente não atinge seu primeiro valor de crista. O valor que seria atingido é denominado corrente prospectiva.

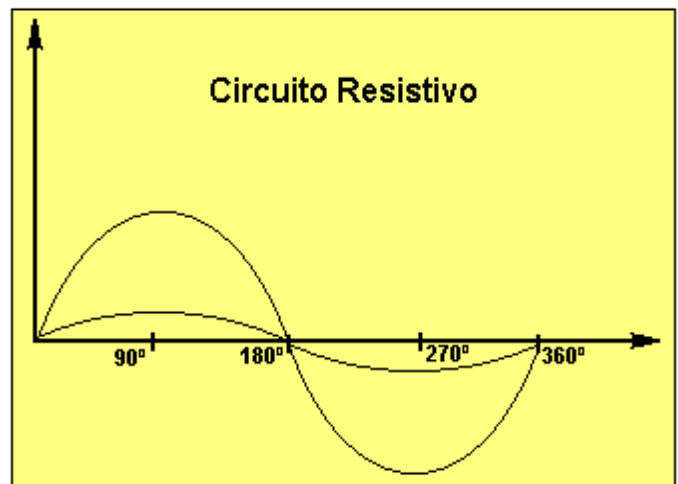
Em qualquer circunstância é preciso levar em conta tanto a corrente quanto a tensão. Em princípio, é possível aumentar a corrente de interrupção se proporcionalmente for reduzida a tensão ou em outras palavras, mantendo constante o produto tensão x corrente. Este aumento da corrente é limitado principalmente pela capacidade térmica dos contatos e após os ensaios o fabricante informa qual a máxima corrente de interrupção com a redução da tensão.

3.2 Cargas Lineares

3.2.1 Resistores

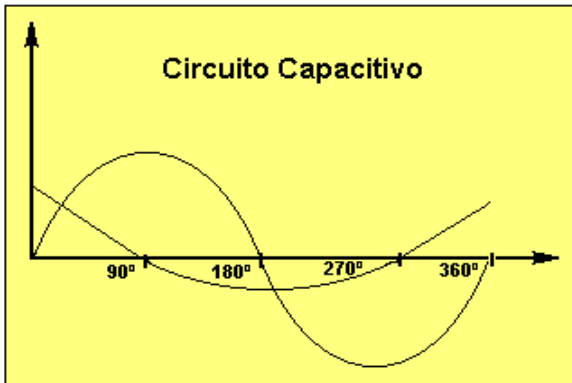
Se o circuito for resistivo, a corrente e a tensão se anulam simultaneamente e a interrupção será mais fácil. Em outras palavras a interrupção depende do fator de potência como será visto abaixo.

Vê-se assim que a interrupção em C.A. é mais fácil que em C.C. e um interruptor projetado para C.A. só pode ser capaz de interromper correntes contínuas se os parâmetros tensão e corrente forem reduzidos. É costume dizer que um disjuntor ou contator para C.A. é “desclassificado” para funcionar em C.C. Isto quer dizer que ele será capaz de interromper correntes contínuas se o valor da corrente, da tensão ou de ambas forem reduzidos.



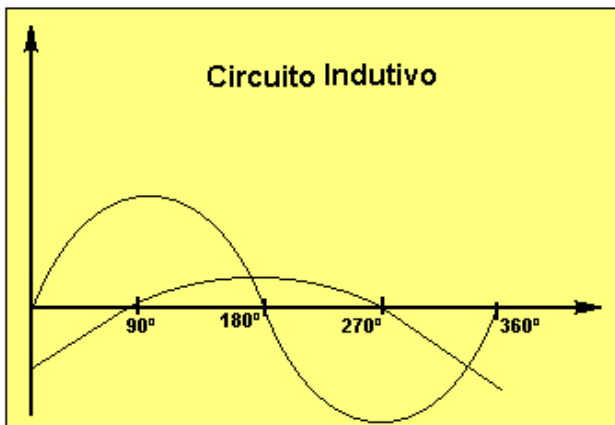
3.2.2 Capacitores

Num circuito capacitivo a corrente esta adiantada de 90° em relação à tensão na separação dos contatos a tensão estará no seu valor de curto dificultará a interrupção.



3.2.3 Indutores

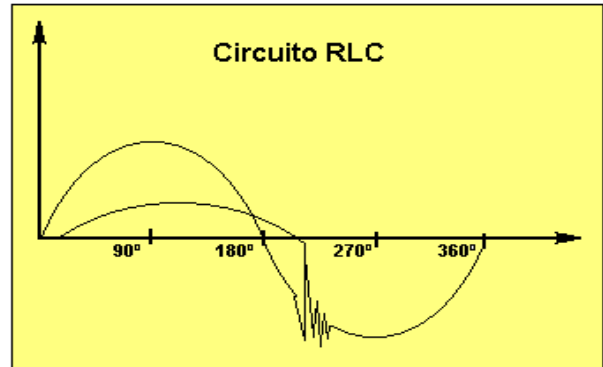
A situação é análoga à anterior, pois aqui a tensão está adiantada de 90° em relação a corrente.



3.2.4 Cargas formadas por resistores, indutores e capacitores

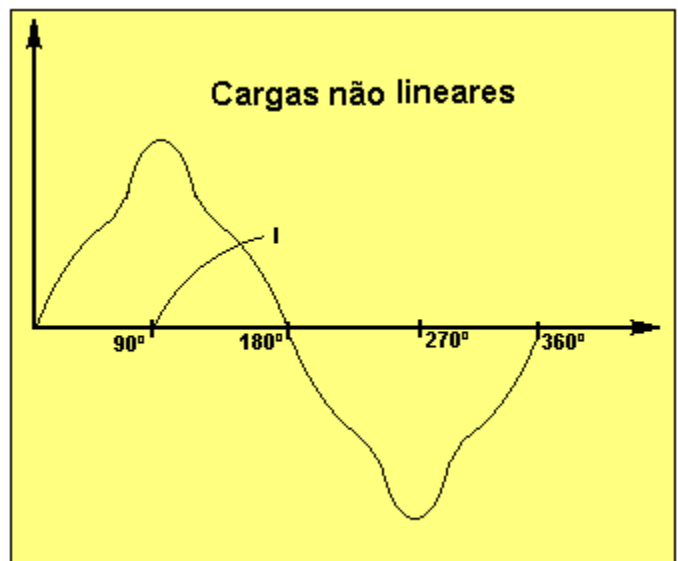
No caso de uma impedância constituída por uma associação série ou paralela de indutores, resistores e capacitores a tensão de recuperação assume uma forma senoidal mas como uma sobretensão sobreposta (overshoot). Esta tensão de recuperação até alguns anos atrás não era levada em consideração nos ensaios de disjuntores de baixa tensão mas as normas mais recentes passaram a exigir a sua medição. A intenção é que o disjuntor não seja favorecido (montando-se um circuito com uma tensão de recuperação com subidas suaves e sem sobretensão) ou prejudicado quando, ao contrário os componentes de circuito provocam uma tensão de recuperação ríspida e com sobretensão elevada. a forma da tensão de recuperação é do tipo apresentado.

É possível, dependendo do modo de associação dos componentes que a interrupção de uma carga com fator de potência mais favorável dê uma interrupção mais difícil.



3.3 Cargas não lineares

Se o disjuntor alimentar uma carga não linear, quando ocorrer um curto-circuito é possível que ele tenha mais dificuldade para interromper ou venha mesmo a falhar. Um exemplo é um curto-circuito durante a energização de um transformador em vazio que esteve desligado por um longo período. Na energização há uma alta corrente com uma elevada taxa de harmônicas que frequentemente é interpretada pelo sistema de proteção como corrente de curto-circuito. Quando a corrente é interrompida é gerada uma sobretensão que pode provocar uma reignição ou um reacendimento do arco e se o contato móvel já estiver próximo do final do percurso ele provavelmente irá falhar. É necessário confirmar com o fabricante a capacidade do disjuntor atuar corretamente nestes casos especiais. Nas baixas tensões este caso ocorre quando há transformadores de isolamento ou de adaptação das diferentes tensões.



3.4 A altitude

A tensão disruptiva para um par de eletrodos é função do produto p (pressão em bars) x d (distância em cm) como estabelece a lei de Paschen.

Com o aumento da altitude diminui a pressão atmosférica e a densidade do ar havendo uma redução da tensão suportável, da capacidade de radiação e em menor proporção da capacidade de interrupção. Haverá portanto uma desclassificação dos disjuntores e contadores quanto à tensão de operação e corrente nominal e para alguns disjuntores também quanto à corrente de interrupção. Como em altitudes elevadas a temperatura é geralmente mais baixa é possível que haja, para a corrente nominal, uma certa compensação. Alguns disjuntores são dimensionados para trabalhar em altitudes de até 2.000 m enquanto outros podem ir até 3000 ou 3500 m.

3.5 Temperatura ambiente

A temperatura não tem praticamente influência sobre a interrupção desde que não haja condensação da umidade. As temperaturas muito baixas podem influir sobre o comportamento dos materiais isolantes (alguns tendem a se tornar quebradiços). As temperaturas muito altas (ambiente + aquecimento) podem também alterar as características físicas de alguns isolantes. A faixa normal é de -5°C a $+90^{\circ}\text{C}$.

3.6 Umidade

A umidade só terá influência sobre o funcionamento se houver condensação da umidade sobre as partes isolantes, mas não sobre a capacidade de interrupção. Nas aplicações em que haja possibilidade de condensação deverão ser usados resistores de aquecimento.

3.7 Frequência

O uso de um disjuntor em uma frequência mais alta pode alterar sua capacidade de interrupção pois a subida da tensão, após a anulação da corrente, será mais rápida solicitando mais o dielétrico entre os contatos, podendo causar a falha do disjuntor. A confirmação da manutenção da capacidade de interrupção ou da desclassificação só será dada por ensaios. A tendência com a globalização é o disjuntor ser projetado para as duas frequências mais utilizadas: 50 e 60 Hz. Quanto à interrupção um disjuntor de 60Hz poderia trabalhar em

50Hz, mas com há outros como os relés, bobinas de disparo e outros componentes é sempre conveniente consultar o fabricante antes da aplicação.

4. O ciclo de religamento

Dada à necessidade de haver um intervalo de tempo entre operações consecutivas de um disjuntor, a IEC padronizou os seguintes ciclos de religamento :

O-t-CO (Abre, espera um intervalo de tempo t , fecha-abre sem nenhum intervalo de tempo). O intervalo t foi padronizado pela IEC como 3 min.

O-tCO-t-CO (Abre, espera 3 min, fecha-abre, espera 3 min, fecha-abre)

Para outros tipos de disjuntores existem outros ciclos como :

O-t' - CO-t-CO (Abre, espera fração de segundo ou poucos segundos (15s; 0,3s) fecha-abre, espera 3 min. fecha-abre).

O-t'-CO-t'-CO

Esse intervalo é o necessário para que as peças do disjuntor se resfriem. Os riscos são :

- Os contatos estando ainda quentes, ao estabelecer a corrente de curto e interrompê-la outra vez sem intervalo de tempo (na abertura) poderão sofrer uma erosão grande ou mesmo soldar no fechamento.
- As peças da câmara de extinção estando ainda aquecidas pela primeira operação poderão não proporcionar o resfriamento adequado do arco, não conseguindo apagá-lo no tempo especificado.

Se as correntes forem menores que a capacidade de interrupção, é possível que seja necessário reduzir esses intervalos mas só através de ensaios bem planejados e bem executados.

Nas altas tensões são considerados outros tipos de curto circuito :

- curto-circuito quilométrico
- curto-circuito evolutivo

e o desligamento de

- linhas longas em vazio (correntes capacitivas)
- transformadores em vazio (correntes indutivas baixas)
- curto-circuito em oposição de fase
- é importante também o religamento monofásico (cada polo do disjuntor tem um comando independente) nas linhas de extra e ultra altas tensões.

5. Fechamento de bancos de capacitores

Uma condição também desfavorável para o interruptor é o fechamento de capacitores ou o que é mais difícil, o fechamento de bancos de capacitores em paralelo.

Ao introduzir um banco em uma rede, o interruptor deve ser capaz de estabelecer uma corrente que pode chegar a 100 vezes (ou ainda mais) a corrente nominal do banco. Quando são vários bancos em paralelo, cada um com seu disjuntor a situação é muito mais grave : ao se fechar o segundo banco, além da corrente que este vai solicitar de rede, ele constituirá um curto-circuito para o 1º banco e a corrente será bem maior. Ao fechar o 3º banco, serão dois a serem curto-circuitados, assim por diante.

Como essas correntes, embora de curta duração, podem soldar os contatos pelo aquecimento provocado pelo arco é preciso reduzi-las. Esta redução é feita pela introdução de indutores no circuito de modo a reduzir as correntes de fechamento sem introduzir perdas no circuito que seriam provocadas pelo uso de resistores. Estes, quando usados, são retirados do circuito logo após o fechamento dos interruptores (esses resistores são denominados de pré-inserção).

