

Capítulo III

Dispositivos de proteção – Parte 1

Por Cláudio Mardegan*

Terminologia

Alguns termos são utilizados no dia a dia dos profissionais de proteção. Apresenta-se a seguir alguns dos mais usados:

AUTOCHECK – Característica de um relé digital em que verifica se todas as suas funções estão operativas e corretas. Este fato dá ao relé digital extrema confiabilidade, visto que os relés devem estar sempre prontos para operar.

BREAKER FAILURE – É uma característica que alguns relés digitais dispõem, cujo objetivo é, após o tempo definido nesta função, enviar um sinal a uma saída para que possa ser enviada ao disjuntor à montante (porque supõe-se que após o tempo definido no relé o disjuntor que deveria interromper a falta falhou).

CARACTERÍSTICA DE UM RELÉ – Curva característica tempo versus corrente de um relé.

CARACTERÍSTICA NI (NORMAL INVERSE) OU SI (STANDARD INVERSE) OU SIT (STANDARD INVERSE TIME) – É a característica normal inversa de um relé.

CARACTERÍSTICA MI (MUITO INVERSA), VI (VERY INVERSE) OU VIT (VERY INVERSE TIME) – É a característica muito inversa de um relé.

CARACTERÍSTICA EI (EXTREMAMENTE INVERSA), EI (EXTREMELY INVERSE) OU EIT (EXTREMELY INVERSE TIME) – É a característica extremamente inversa de um relé.

CARACTERÍSTICA TD (TEMPO DEFINIDO) OU DT (DEFINITE TIME) – É a característica de tempo definido

CONTATO DE SELO – Contato destinado a garantir que o sinal enviado será mantido (selado).

COORDENOGRAMA OU FOLHA DE SELETIVIDADE – Gráfico em escala bilogarítmica com o tempo em ordenada e a corrente em abscissa ($t \times I$) em que é feita a folha de seletividade.

DROP-OUT – Valor de grandeza (tensão, corrente, etc.) para o qual o dispositivo volta ao estado de repouso (inicial).

TAPE – Valor de ajuste de um relé (normalmente para a unidade temporizada).

DT/TD/TMS/k – Dial de tempo / *Time Dial* / *Time multiplier setting* (ajuste multiplicador de tempo)/k. São ajustes utilizados para temporizar um relé.

DI – DISPOSITIVO INSTANTÂNEO – É o valor do ajuste da unidade instantânea.

IDMT – INVERSE DEFINITE MINIMUM TIME (dispositivo a tempo inverso).

IED – INTELLIGENT ELECTRONIC DEVICE – São dispositivos eletrônicos inteligentes que, por serem microprocessados e com elevada velocidade de processamento (> 600 MHz), englobam uma série de funções, tais como medição, comando/controle, monitoramento, religamento, comunicação e proteção, permitem elevada quantidade de entrada analógica (sinais de tensão e corrente) e elevada quantidade de entradas/saídas (I/O) digitais. Normalmente estes dispositivos são voltados para a automação e já foram projetados dentro dos padrões da norma IEC 61850.

IRIG – INTER RANGE INSTRUMENTATION GROUP TIME CODES – iniciou a padronização dos códigos de tempo em 1956 e os originais da norma foram aceitos em 1960. Os formatos originais foram descritos no documento 104-60. O documento foi revisado em agosto de 1970 como 104-70 e revisado novamente no mesmo ano para 200-70. A última revisão da norma é a 200-04. Para diferenciar os códigos, a norma utiliza as letras A, B, D, E, G e H. Esses códigos digitais são tipicamente de amplitude modulada sobre um carrier em uma onda senoidal de áudio ou sinais TTL (*fast rise time*). A maior diferença entre os códigos é a taxa, que varia de um

pulso por minuto até 10.000 pulsos por segundo.

IRIG-A = 1000 PPS; IRIG-B = 100 PPS; IRIG-D = 1 PPM; IRIG-E = 10 PPS; IRIG-G = 10000 PPS; IRIG-H = 1 PPS.

IRIG B – É um formato de código de tempo serial. Possui um taxa de sinal de temporização de 100 pulsos por segundo. O IRIG-B envia dados do dia, do ano, hora, minuto, segundo e fração em um carrier de 1 kHz, com uma taxa de atualização de um segundo. O IRIG-B DCLS (deslocamento de nível DC) é o IRIG-B sem o carrier de 1 kHz. Normalmente, o GPS é utilizado com IRIG-B para sincronizar os dispositivos de proteção a uma mesma base de tempo.

GFP- GROUND FAULT PROTECTION – Proteção de falta a terra.

GROUND SENSOR (GS) – Sensor de terra. São TCs sensores de terra que abraçam todas as fases simultaneamente.

MTA – MAXIMUM TORQUE ANGLE – Ângulo de máximo torque de um relé direcional.

NTP – Porta Ethernet NTP (*Network Time Protocol*).

OVERTRAVEL/OVERSHOOT – É o tempo permitido ao relé de disco de indução para continuar a girar por inércia após a falta ter sido eliminada (por um relé a montante ou por uma falta intermitente), antes de fechar os seus contatos.

PICK-UP – Valor de grandeza (tensão, corrente, etc.) para o qual o relé inicia a atuação.

REDUNDÂNCIA – Este termo é utilizado para designar uma proteção que “enxerga” e atua concomitantemente com a proteção principal. É importante notar que este conceito sempre se refere a equipamentos distintos (em caixas diferentes).

RESET – Voltar ao estado anterior ao da falta.

RETAGUARDA – Este termo é utilizado para designar uma proteção que atua no caso da proteção principal falhar. É também conhecida como proteção de *backup*. É importante notar que este conceito sempre se refere a equipamentos distintos (em caixas diferentes).

TEMPO DE RESET – Tempo necessário ao relé para voltar ao estado anterior à falta.

TRIP – Sinal de desligamento enviado por um relé.

WATCHDOG – dispositivo que dispara um *reset* ao sistema se ocorrer alguma condição de erro no programa principal.

Tipos de dispositivos de proteção mais comuns

Os tipos de dispositivos de proteção mais comumente utilizados, relés, fusíveis, elos, disjuntores de baixa tensão e IEDs serão descritos neste capítulo.

Relés

Definição

São dispositivos destinados a operar quando uma grandeza de atuação atinge um determinado valor. Existem várias classificações que se pode dar aos relés, quanto à grandeza de atuação (corrente,

tensão, frequência, etc.), forma de conectar ao circuito (primário/secundário), forma construtiva (eletromecânicos, mecânicos, estáticos, etc.), temporização (temporizados e instantâneos), quanto à função (sobrecorrente, direcional, diferencial, etc.), característica de atuação (normal inverso, muito inverso, etc.).

Principais requisitos de um relé

Antigamente os principais requisitos de um relé eram principalmente confiabilidade, seletividade, suportabilidade térmica, suportabilidade dinâmica, sensibilidade, velocidade, baixo consumo e baixo custo.

Atualmente, somado aos requisitos é desejável que eles possuam ainda, *breaker failure*, *autocheck*, seletividade lógica, oscilografia, quantidade de entradas e saídas digitais (E/S digitais) adequada, quantidade de entradas analógicas de corrente adequada, quantidade de entradas analógicas de tensão adequada, quantidade de saídas à relé adequada, IRIGB, possibilidade de se conectar em rede, possibilidade de realizar funções de automação, comando, controle, medição, supervisão, etc.

Equação universal do conjugado dos relés

A origem dos relés ocorreu com os modelos eletromecânicos e, assim, o advento dos relés digitais teve de incorporar as principais características dos eletromecânicos para viabilizar a migração destes para os digitais. Dessa maneira, é importante entender o princípio de funcionamento dos relés eletromecânicos. Este entendimento será iniciado com o relé de disco de indução.

O relé de disco de indução

Apresenta-se, na Figura 1, um relé de disco de indução mostrando seus componentes. Na Figura 2, mostram-se as partes de interesse para a análise do princípio de funcionamento.

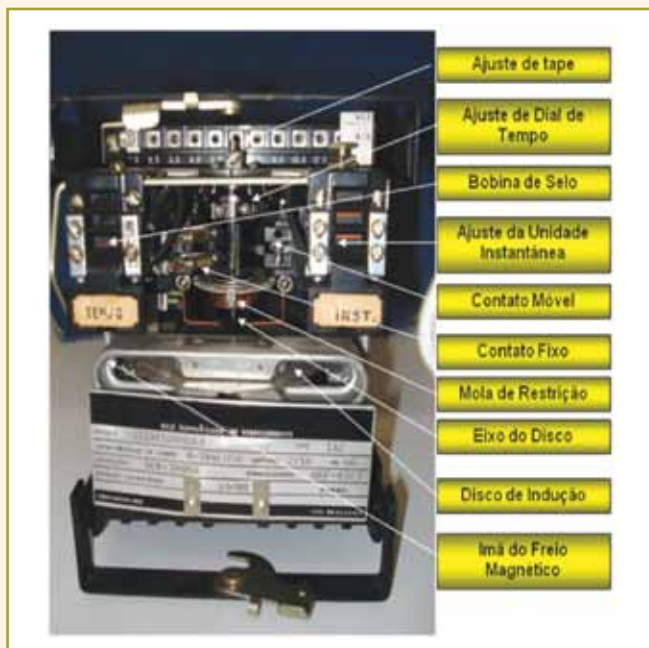


Figura 1 – Relé de disco de indução com suas principais partes componentes

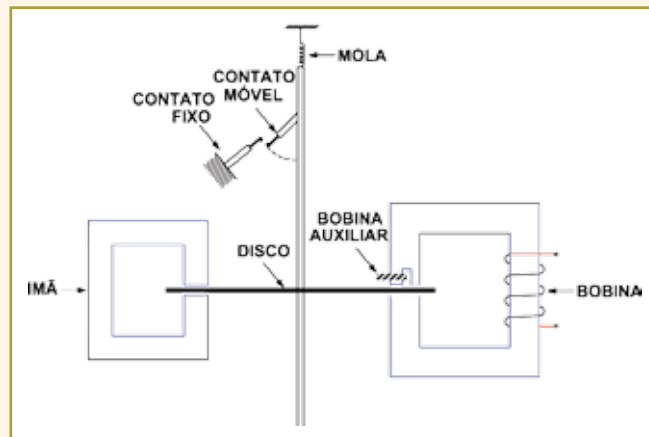


Figura 2 – Relé de disco de indução para análise do princípio de funcionamento

A bobina auxiliar (conhecida também com espira de sombra) indicada na Figura 2 tem por objetivo gerar um fluxo ϕ_2 defasado do fluxo principal ϕ_1 . O sistema funciona de forma parecida com um motor de indução monofásico, em que não se consegue parti-lo se não houver um capacitor, que provoca o defasamento angular entre os fluxos para gerar o torque. Os fluxos $\Phi_1 = \phi_1 \times \sin(\omega t)$ e $\Phi_2 = \phi_2 \times \sin(\omega t + \theta)$ são senoidais e defasados entre si.

A Lei de Faraday-Lenz diz que a tensão (corrente) induzida irá contrariar a causa (fluxo) que a produziu. A regra da mão direita é utilizada para determinar o sentido da corrente, conforme Figura 3, e é expressa pela equação a seguir.

$$e = -K \times n \times \frac{d\phi}{dt}$$



Figura 3 – Lei de Faraday-Lenz – regra da mão direita

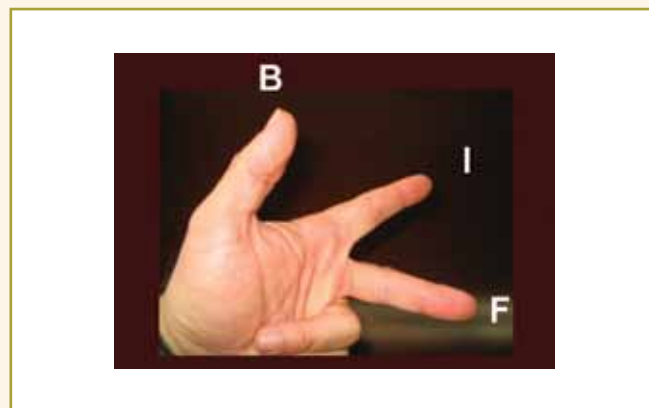


Figura 4 – Regra da mão esquerda

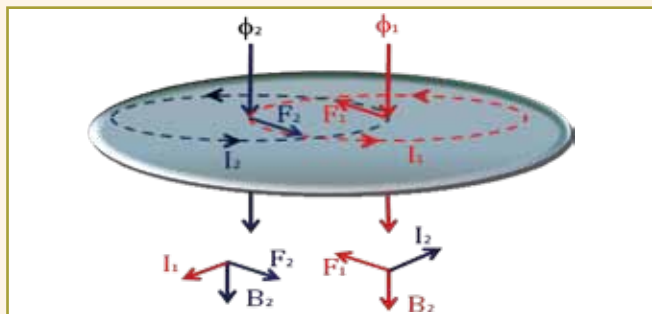


Figura 5 – Mecanismo de formação das forças motoras do disco de indução

Visto que o disco possui uma resistência R nele irá circular uma corrente dada por:

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{K \times n}{R} \times \frac{d\phi}{dt}$$

As correntes I_1 e I_2 irão propiciar o aparecimento das forças dadas, conforme Figura 5 pela regra da mão esquerda (vide Figura 4).

Do eletromagnetismo sabe-se que $F \approx \phi \times I$. A força resultante será $F = F_2 - F_1$. Do que foi demonstrado:

$$I_1 \approx \frac{d\phi_1}{dt} \text{ Também } \Rightarrow I_2 \approx \frac{d\phi_2}{dt}$$

$$F = F_2 - F_1 = \phi_2 I_1 - \phi_1 I_2 \approx \phi_2 \times \frac{d\phi_1}{dt} - \phi_1 \times \frac{d\phi_2}{dt}$$

Logo, a força resultante pode ser calculada como:

$$F = \phi_2 \times \text{sen}(\omega t + \theta) \times \phi_1 \times \cos \omega t - \phi_1 \times \text{sen} \omega t \times \phi_2 \times \cos(\omega t + \theta)$$

$$F = \phi_1 \times \phi_2 [\text{sen}(\omega t + \theta) \times \cos \omega t - \text{sen} \omega t \times \cos(\omega t + \theta)]$$

$$F = \phi_1 \times \phi_2 [\text{sen}(\omega t + \theta - \omega t)]$$

$$F = \phi_1 \times \phi_2 \times \text{sen} \theta \Rightarrow \phi = L \times i \Rightarrow F = K \times I_1 \times I_2 \times \text{sen} \theta$$

A força será máxima para $\text{sen} \theta = 1$, ou seja, $\theta = 90^\circ$. Isso significa que, para haver conjugado máximo, deve haver quadratura dos fluxos ϕ_1 (I_1) e ϕ_2 (I_2). Na prática, isso é difícil de obter, tanto pela disposição física da espira de sombra como pelo fato de que a bobina possui um valor de resistência. É desejável que o relé opere com conjugado máximo independente do valor do ângulo θ , que construtivamente varia de 20° a 33° . Assim, a melhor opção se torna considerar as correntes I_{1i} e I_{2i} . Veja a Figura 6.



Figura 6 – Correntes I_1 e I_2 em um relé de disco de indução e respectivos ângulos

O ângulo ϕ é o de projeto do relé e o ângulo τ define o conjugado máximo. Como o ângulo $\tau + \phi = 90^\circ$, a linha de I_{11} passa ser a referência. A equação do conjugado pode ser reescrita como segue:

$$C = I_{11} \times I_2 \times \text{sen}(\theta + \phi)$$

O conjugado máximo $C_{\text{MÁX}}$ ocorre para $\text{sen}(\theta + \phi) = 1$. Como $\phi = 90 - \tau$, a equação do conjugado fica:

$$C = I_{11} \times I_2 \times \text{sen}(\theta + 90 - \tau) = I_{11} \times I_2 \times \text{sen}(\theta - \tau + 90)$$

$$C = I_{11} \times I_2 \times \cos(\theta - \tau)$$

Relés de sobrecorrente (tipo charneira)

Para relés do tipo charneira a equação do conjugado, pode ser escrita como segue: $C = K_1 \times I^2$

Relés de tensão

Aplicando-se uma tensão em um resistor de valor $1/K$, gera-se uma corrente dada por $I = U/(1/K)$, ou seja, $I = KU$. Dessa forma, a equação de conjugado para um relé de tensão pode ser escrita da forma seguinte: $C = K_2 \times U^2$

Relés que manipulam tensão em corrente (direcional/impedância)

Substituindo-se a corrente I_{11} por U na equação do relé de disco de indução a equação do conjugado fica escrita como segue: $C = K_3 \times U \times I \times \cos(\theta - \tau)$

A partir das definições apresentadas pelas equações de conjugado e lembrando que os relés possuem também uma constante de mola K_4 , pode-se definir a equação universal do relé pela equação abaixo:

$$C = K_1 I^2 + K_2 U^2 + K_3 UI \cdot \cos(\theta - \tau) + K_4$$

Para os relés de corrente existe apenas as parcelas 1 e 4 da equação acima.

Para os relés de tensão existe apenas as parcelas 2 e 4 da equação acima.

Para os relés que necessitam de medição de ângulo ou direção (relés direcionais, distância, etc.), existe apenas as parcelas 3 e 4 da equação acima.

As grandezas de atuação apresentam parcela positiva e as de restrição parcela negativa.

Relés de sobrecorrente

São relés que operam quando o valor da corrente do circuito ultrapassa um valor pré-fixado ou ajustado. Os relés de sobrecorrente podem ser instantâneos (função ANSI 50) ou temporizados (função ANSI 51).

Função ANSI

50, 51, 50/51, 50 N, 51 N, 50/51 N, 50 GS, 51 GS, 50/51 GS, 51G

Direcionalidade

Operam em qualquer direção.

Evolução

Os primeiros relés instantâneos eram do tipo charneira. Entre os primeiros relés temporizados pode-se citar o de disco de indução.

A evolução dos relés passou pelas etapas de relé eletromecânico, relé estático, relé numérico digital e IED e pode ser visualizada na Figura 7.



Figura 7 – Evolução dos relés de sobrecorrente

Temporização dos relés de sobrecorrente

Os relés de sobrecorrente podem ser temporizados ou instantâneos. Os relés eletromecânicos temporizados são normalmente os de disco de indução e podem ser visualizados nas Figuras 1 e 2.

Conexão

Vide esquemas unifilares e trifilares seguintes.

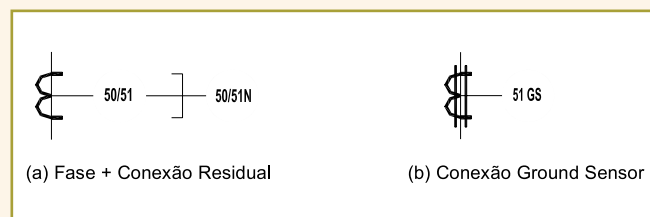


Figura 8 – Representação dos relés de sobrecorrente nos esquemas unifilares

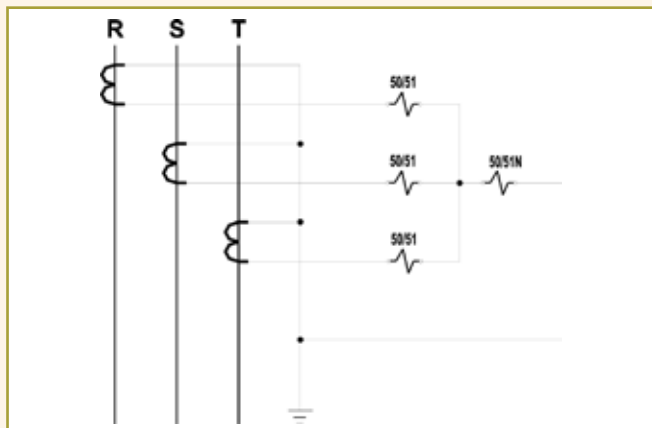


Figura 9 – Representação da conexão residual de relés de sobrecorrente nos esquemas trifilares

Exemplo

Dado o esquema unifilar apresentado na Figura 10. Sabendo que a corrente de linha é de 100 A e a relação do TC é de 200-5 A, determine a corrente que o relé está “enxergando”.

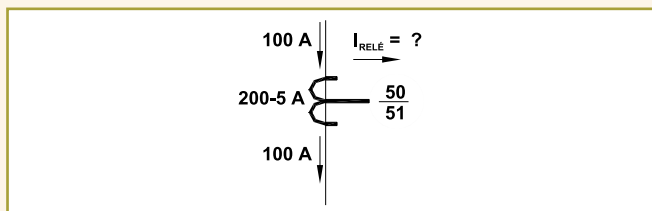


Figura 10 - Esquema unifilar

Solução

A corrente no relé é determinada como:

$$I_{RELÉ} = \frac{I_{Linha}}{RTC} = \frac{100}{\frac{200}{5}} = \frac{100}{40} = 2.5 A$$

Características dos relés de sobrecorrente

A característica dos relés de sobrecorrente é representada pelas suas curvas tempo versus corrente. Estas curvas variam em função do tipo do relé (disco de indução, estático, digital). Antigamente, na época dos relés de disco de indução, a escolha da característica do equipamento era feita no momento da compra e, assim, não era possível alterá-la. Atualmente fabricam-se praticamente somente os relés digitais e a maior parte deles permite escolher a característica tempo corrente apenas alterando-se os parâmetros no próprio relé.

Os termos característica inversa, normal inversa, muito inversa e extremamente inversa existe desde a época dos relés de disco de indução. Dessa forma, até hoje se mantém essa terminologia, sendo que as características mais utilizadas são:

Normal Inverso (NI), Muito Inverso (MI ou VI = *Very Inverse*), Extremamente Inverso (EI), Tempo Longo Inverso (TLI ou LT I= *Long Time Inverse*) e Tempo Definido (TD ou DT = *Definite Time*).

Nos relés digitais as características tempo versus corrente são representados por equações, e essas equações mudam de acordo com a norma. Apresenta-se a seguir as mais usuais.

IEC/BS

As características mais utilizadas da norma IEC são apresentadas por meio das seguintes equações para os relés de sobrecorrente:

Normal inversa	Muito inversa	Extremamente inversa
$t = \frac{0.14}{I^{0.02} - 1} \cdot DT$	$t = \frac{13.5}{I - 1} \cdot DT$	$t = \frac{80}{I^2 - 1} \cdot DT$

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam, respectivamente, as características normal inversa, muito inversa e extremamente inversa.

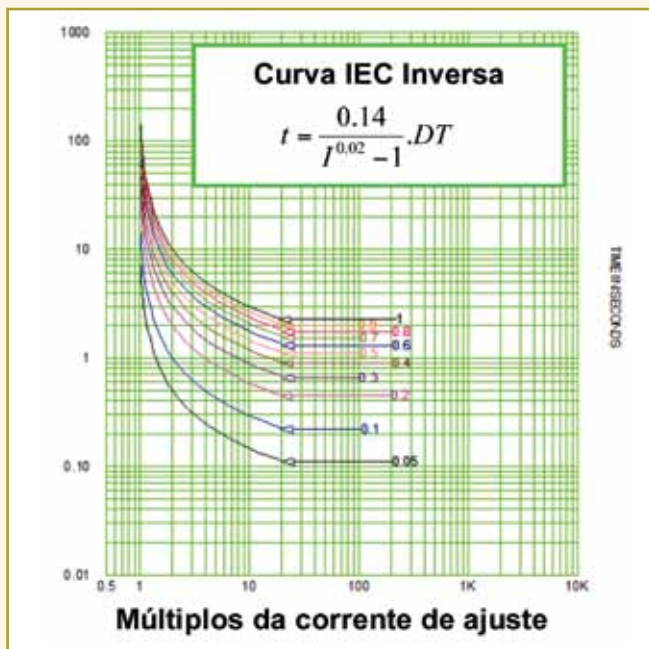


Figura 11 – Curva IEC normal inversa

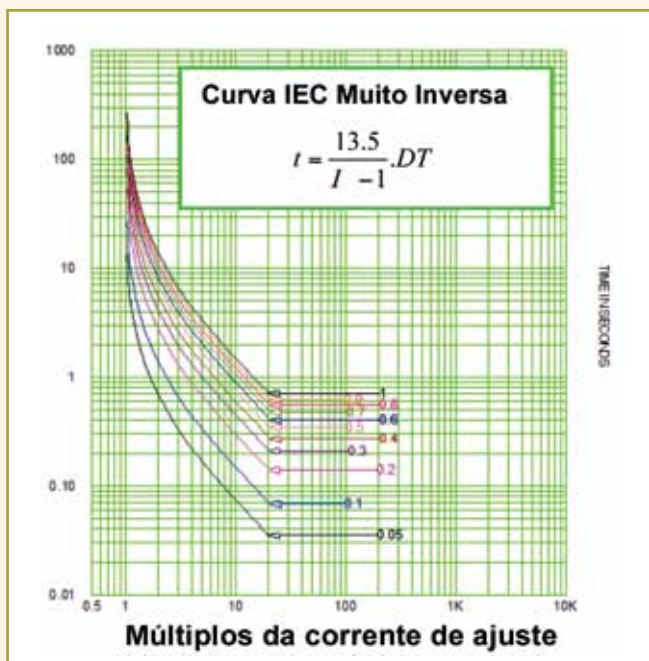


Figura 12 – Curva IEC muito inversa

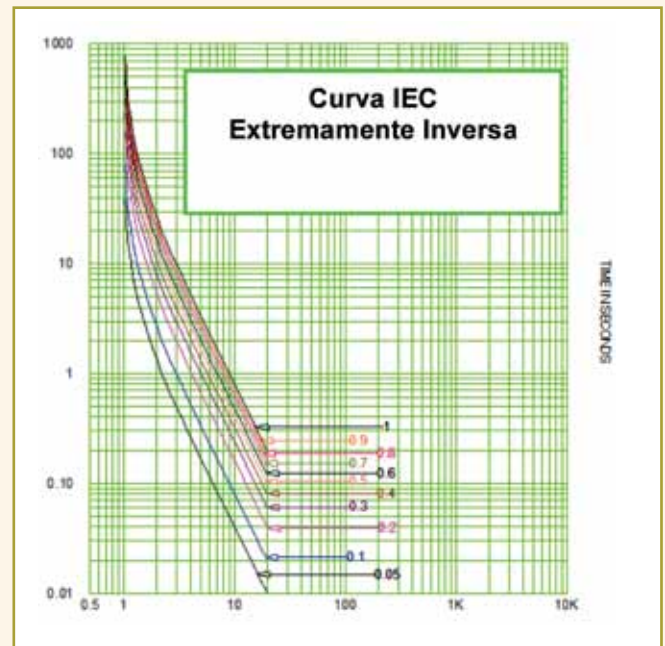


Figura 13 - Curva IEC extremamente inversa

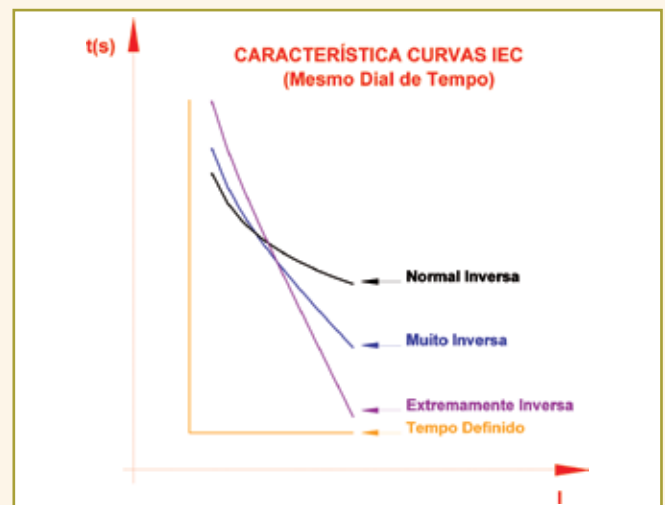


Figura 14 – Comparação das características das curvas IEC normal inversa, muito inversa e extremamente inversa

Como pode ser observada na Figura 14, a curva extremamente inversa é muito rápida para altas correntes e lenta para baixas correntes. A característica normal inversa é muito lenta para correntes elevadas e rápida para baixas correntes ou de sobrecarga, e a característica muito inversa é adequada tanto para baixas como para altas correntes.

Exemplo

Um relé de sobrecorrente digital instalado no primário de um transformador de 1500 kVA, com tensões de 13,8 kV (primária) e 0,48 kV (secundária), com impedância interna de 5, deve coordenar com outro situado a jusante (no secundário), também digital, cujo tempo de atuação é de 0,3 segundos (vide Figura 15). A corrente de curto-circuito secundária, referida ao primário, é de 1255 A. Sabendo-se que o ajuste de *pick-up* deste relé é de 90 A no primário, e que a curva que deve ser utilizada é IEC-MI (Muito Inversa), calcular o dial de tempo.

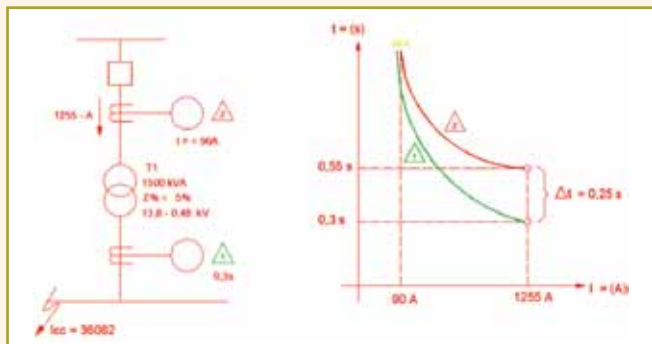


Figura 15 - Exemplo de relé de sobrecorrente digital em primário de um transformador

Solução

Cálculo do múltiplo da corrente de ajuste:

$$I = \frac{1255}{90} = 13.94$$

O intervalo de coordenação entre relés digitais deve ser de 0,25 segundos, o que significa que o relé deve ser ajustado para operar em 0,55 segundos (0.30s + 0.25s). Conforme pode ser observado na Figura 15.

$$t = \frac{13.5}{I - 1} \cdot DT \quad 0.55 = \frac{13.5}{13.94 - 1} \cdot DT \quad DT = 0.53$$

ANSI (C37.90)

Os relés construídos segundo a Norma ANSI C37.90 [82] obedecem a seguinte equação:

$$t = \left(A + \frac{B}{(I - C)} + \frac{D}{(I - C)^2} + \frac{E}{(I - C)^3} \right) \cdot DT$$

CONSTANTES DAS CURVAS ANSI					
	A	B	C	D	E
Extremely Inverse	0.0399	0.2294	0.5000	3.0094	0.7222
Very Inverse	0.0615	0.7989	0.3400	-0.2840	4.0505
Normally Inverse	0.0274	2.2614	0.3000	-4.1899	9.1272
Moderately Inverse	0.1735	0.6791	0.8000	-0.0800	0.1271

Em que:

t = Tempo de atuação do relé (segundos)

DT = Ajuste do multiplicador dos tempos

I = Corrente circulante/Corrente Pick-up

A, B, C, D, E = Constantes

ANSI (C37.112-1996) (Erro=+15%)

Os relés construídos conforme a norma ANSI C37.112 obedecem às seguintes equações:

Moderadamente Inversa $t = \left(\frac{0.0515}{I^{0.02} - 1} + 0.1140 \right) \cdot DT$

Muito Inversa $t = \left(\frac{19.61}{I^2 - 1} + 0.491 \right) \cdot DT$

Extremamente Inversa $t = \left(\frac{28.2}{I^2 - 1} + 0.1217 \right) \cdot DT$

Relé direcional de sobrecorrente

São relés que operam quando o valor da corrente do circuito ultrapassa um valor pré-fixado ou ajustado e na direção pré-estabelecida.

Função ANSI

A função ANSI deste relé é a 67.

Direcionalidade

Operam em apenas uma direção.

Polarização

Por tensão e corrente.

Conexão

As conexões utilizadas para os relés direcionais de sobrecorrente são: 30°, 60°, 90°. A conexão mais usual é a 90°. Vide Figura 16.

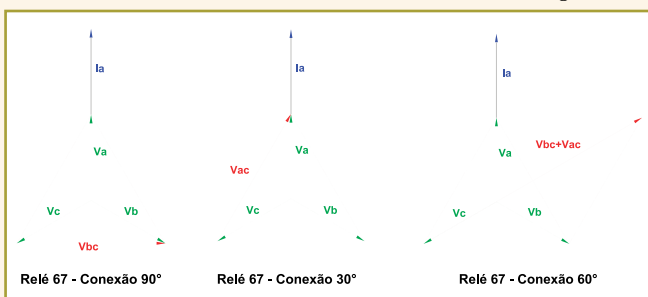


Figura 16 – Conexões usuais dos relés direcionais de sobrecorrente

Unifilar

O relé 67 pode ser representado em um esquema unifilar conforme indicado na Figura 17.

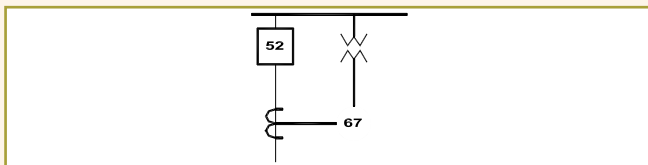


Figura 17 – Representação típica do relé direcional de sobrecorrente no esquema unifilar

Diagrama fasorial do relé 67

Apresenta-se na Figura 18 um diagrama fasorial típico de um relé direcional de conexão 90° e ângulo de máximo torque igual a 45°. É importante entender que o ângulo de máximo torque é sempre tomado em relação à tensão de polarização (referência) e que a linha de conjugado nulo fica a 90° desta linha. Recomenda-se sempre ler atentamente o catálogo do relé para ver como as tensões devem entrar no equipamento.

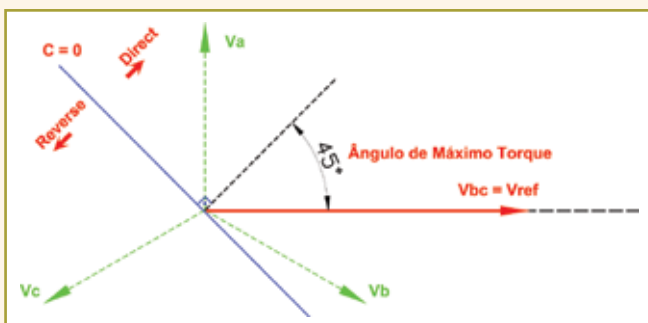


Figura 18 – Diagrama fasorial dos relés direcionais de sobrecorrente

Ao utilizar relés direcionais deve-se atentar para o seguinte:

- A presença de banco de capacitores no lado em que o relé não “enxerga”. Este fato faz com que o relé opere quando o sistema estiver com baixa carga, o que ocorre normalmente em fins de semana;
- A existência de circuitos paralelos, onde possa haver a circulação de corrente em sentido reverso, como, por exemplo, quando um motor está partindo;
- Contribuição de motores para as faltas, passando pelo relé direcional.

Aplicações particulares

Ao utilizar relés direcionais deve-se atentar para o seguinte:

- A presença de banco de capacitores no lado em que o relé não “enxerga”. Este fato faz com que o relé opere quando o sistema estiver com baixa carga, o que ocorre normalmente em fins de semana;
- A existência de circuitos paralelos, onde possa haver a circulação de corrente em sentido reverso, como, por exemplo, quando um motor está partindo;
- Contribuição de motores para faltas, passando pelo relé direcional.

Aplicação particular 1

A presença de banco de capacitores fixo no lado em que o relé não “enxerga”. Este fato faz com que o relé opere quando o sistema estiver com baixa carga ou mesmo sem carga (o que pode ocorrer normalmente em fins de semana ou em situações de manutenção).

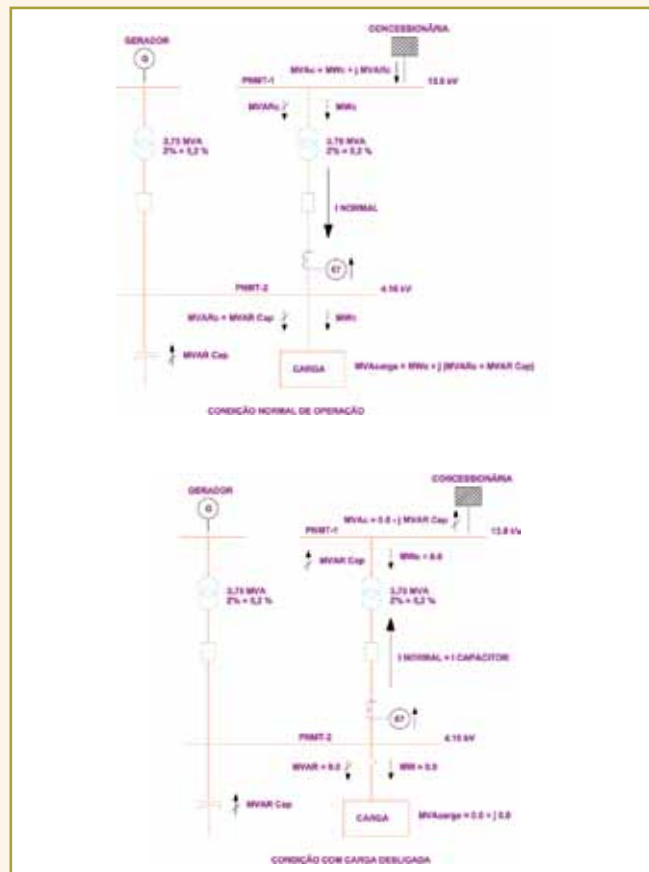


Figura 19 – Operação indevida de relé direcional em sistema com capacitor fixo

Na Figura 19, na condição normal de operação, o gerador não está em operação. Toda potência ativa da carga é fornecida por ela. A potência reativa da carga é suprida em parte pelo capacitor e o restante pela concessionária. O sentido de corrente no relé 67 é contrário ao de sua operação. Logo ele não opera.

Na Figura 19, na condição de carga desligada, o gerador não está em operação. A concessionária não entrega potência ativa. A potência reativa da carga é nula e, assim, a potência reativa suprida pelo capacitor não é consumida pelas cargas da planta e é entregue ao sistema da concessionária. O sentido de corrente no relé 67 passa a coincidir com o sentido de operação (trip). Assim, se o valor de corrente for superior ao valor de *pick-up* do relé direcional, ele irá operar.

Como soluções para este caso, sugerem-se duas possibilidades: aumento do valor de *pick-up* do relé 67 ou fazer dois grupos de ajustes, sendo que o relé 67 fica desativado quando o gerador estiver fora de serviço no grupo ativo (sem gerador).

Aplicação particular 2

A existência de circuitos paralelos, em que possa haver a circulação de corrente em sentido reverso, como, por exemplo, quando um motor está partindo.

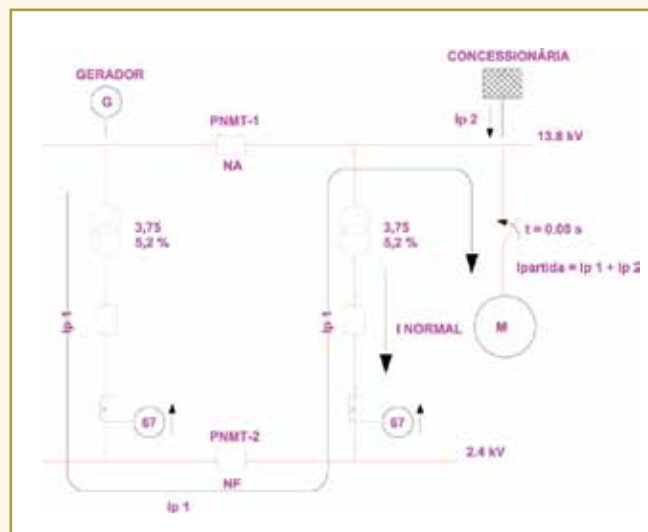


Figura 20 – Aplicação de relés 67 conjugados com motores partindo

Para o caso da Figura 20, deveria ser prevista esta condição de partida, quando o gerador opera em paralelo com a concessionária. Como solução para esta condição está o aumento do *pick-up* do relé 67 acima de I_{p1} .

Aplicação particular 3

Contribuição em sentido reverso para as faltas, passando pelo relé direcional.

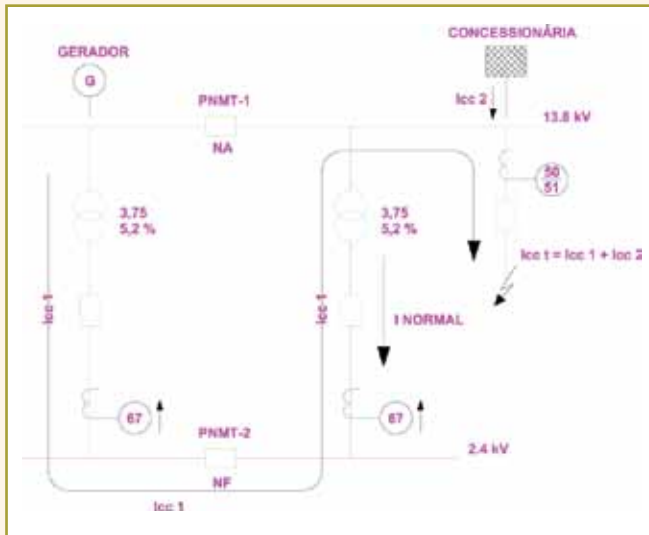


Figura 21 – Coordenação dos relés 67 com os relés de sobrecorrente

Para o circuito da Figura 21, é necessário ajustar o relé 67 coordenado com o relé 50/51 do circuito sob curto-circuito.

Aplicação particular 4

Contribuição de motores para as faltas, passando pelo relé direcional. Como solução para a condição apresentada na Figura 22 está a coordenação do relé 67 com o(s) relé(s) 50/51 dos alimentadores.



Figura 22 – Coordenação do relé 67 com o(s) relé(s) 50/51

*CLÁUDIO MARDEGAN é engenheiro eletricista formado pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá (atualmente Unifei). Trabalhou como engenheiro de estudos e desenvolveu softwares de curto-circuito, load flow e seletividade na plataforma do AutoCad®. Além disso, tem experiência na área de projetos, engenharia de campo, montagem, manutenção, comissionamento e start up. Em 1995 fundou a empresa EngePower® Engenharia e Comércio Ltda, especializada em engenharia elétrica, benchmark e em estudos elétricos no Brasil, na qual atualmente é sócio diretor. O material apresentado nestes fascículos colecionáveis é uma síntese de parte de um livro que está para ser publicado pelo autor, resultado de 30 anos de trabalho.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br