

CAPÍTULO 9

RELÉS DE PROTEÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Apesar das preocupações e cuidados tomados durante a elaboração do projeto e a execução das instalações, o sistema elétrico está sujeito a um defeito transitório ou permanente. Esses defeitos poderão ter conseqüências irrelevantes ou desastrosas, dependendo do sistema de proteção empregado.

Sabe-se que na elaboração dos projetos elétricos, os elementos de proteção são identificados nos diagramas unifilares ou trifilares através de um número e/ou letra. A título de ilustração, mostra-se na tabela 1 a relação entre os dispositivos de proteção e as suas correspondentes nomenclaturas. Deve-se salientar que esta função, aceita internacionalmente, é normalizada pela *American Standart Association – ASA*.

Tabela 1 – Nomenclatura de aparelhos - ASA

Nº	Função	Nº	Função
2	Relé de partida temporizado	52	Disjuntor de corrente alternada
3	Relé de verificação	53	Relé de excitatriz ou gerador de corrente contínua
8	Aparelho de desconexão de controle de potência	54	Disjuntor de corrente contínua de alta velocidade
9	Aparelho de reversão	55	Relé de fator de potência
10	Chave de seqüência de unidade	56	Relé de aplicação de campo
12	Aparelho de sobrevelocidade	57	Aparelho de curto-circuito ou aterramento
13	Aparelho de velocidade síncrona	59	Relé de sobretensão
14	Aparelho de subvelocidade	61	Relé de balanço de corrente
15	Aparelho de ajuste de frequência e de velocidade	62	Relé temporizado de interrupção ou abertura
17	Classe de derivação	63	Relé de pressão de líquido ou de gás
18	Aparelho de aceleração ou desaceleração	64	Relé de proteção de terra
19	Contatos de transição de partida-marcha	65	Regulador
20	Válvula operada eletricamente	67	Relé direcional de sobrecorrente
21	Relé de distância	68	Relé de bloqueio
22	Disjuntor equalizador	70	Reostato operado eletricamente
23	Aparelho de controle de temperatura	71	Reservado para futura aplicação
25	Aparelho de sincronização ou de sua verificação	72	Disjuntor de corrente contínua
26	Aparelho térmico (detector de temperatura do óleo)	73	Contator de resistor de carga
27	Relé de subtensão	74	Relé de alarme
28	Função a ser definida	75	Mecanismo de mudança de posição
29	Contator de isolamento	76	Relé de sobrecorrente em corrente contínua
30	Relé anunciador	77	Transmissor de pulso
31	Aparelho de excitação em separado	78	Relé de medição de ângulo de fase
32	Relé direcional de potência	79	Relé de religamento
33	Chave de posição	80	Função a ser definida
34	Chave de seqüência operada a motor	81	Relé de frequência
35	Aparelho para operação de escovas	82	Relé de religamento
36	Aparelho de polaridade	83	Relé de transferência automática
37	Relé de subcorrente ou subpotência	84	Mecanismo de operação
38	Aparelho de proteção de mancal	85	Relé receptor de onda carrier ou de fio piloto
43	Aparelho ou seletor de transferência manual	86	Relé de bloqueio
44	Relé de seqüência de partida de unidades	87	Relé diferencial
45	Função a ser definida	88	Motor auxiliar ou moto-gerador
46	Relé de reversão de fase ou balanceamento de fase	89	Chave de linha
47	Relé de seqüência de fase para tensão	90	Aparelho de religação
48	Relé de seqüência incompleta	91	Relé direcional de tensão
49	Relé de replica térmica para máquinas (temp. de enrol.)	92	Relé direcional de tensão e potência
50	Relé de sobrecorrente instantâneo	93	Contator de variação de campo
51	Relé de sobrecorrente temporizado		

1.1 – CAUSA DAS FALTAS

Cada elemento componente de um sistema elétrico de potência está sujeito a uma falha ou curto-circuito, os elementos do sistema elétrico de potência são: geradores, transformadores de potência, barras, linhas de transmissão, alimentadores, linhas de distribuição.

As causas das faltas podem ser:

- O isolamento do equipamento está em boas condições, contudo está sujeito a sobretensões de curta duração (transitórios), devido a descargas atmosféricas ou sobretensões de manobra. Estas sobretensões produzem falhas no isolamento, dando como resultado correntes de curto-circuito muito elevadas.
- Envelhecimento dos isolamentos, produzindo ruptura na isolação mesmo com valores nominais de tensão e frequência.
- Objetos externos, como galho de árvores, animais, vandalismo, que produzem a união de dois condutores ou de condutores a terra.

1.2 – TIPOS DE FALTAS

As faltas em um sistema elétrico são classificadas em:

- *Faltas permanentes*: ocorrem quando há ruptura de isolamento, ruptura de condutores, objetos ou partes fazendo contato permanente com o terra e com outros condutores. Estas faltas são detectadas pelos reles que disparam os disjuntores. Os disjuntores devem permanecer abertos até que a causa da falta seja corrigida.
- *Faltas transitórias*: são faltas de curta duração e suas causas são transitórias (galhos de arvores, animais, descargas atmosféricas, entre

outros). Estas faltas também são detectadas pelos relés, que dependendo do tempo de duração da falta podem nem acionar a abertura do disjuntor, ou podem acionar a abertura do disjuntor e depois de um certo tempo acionar seu fechamento.

2 - RELÉS DE PROTEÇÃO

2.1 – GENERALIDADES

Estudou-se nos capítulos anteriores que em geral os danos mais graves para os equipamentos elétricos são provocados pelas seguintes condições anômalas:

- Sobrecorrentes (provocam sobretensões);
- Sobretensões (causadoras de fadigas e disrupções dielétricas);
- Curtos-circuitos (causadores de danos por sobreaquecimento e por forças eletrodinâmicas);
- Subfrequências e sobrefrequências (causadoras de falhas de sincronismo, de sobreintensidade e sobretensão);
- Inversão de potência;
- Sobretemperatura;

Estas condições devem ser “sentidas” pelos relés de proteção ou pelas proteções internas dos equipamentos (relés de gás, imagem térmica, termômetro, etc).

Os relés de proteção devem possuir características tais que permitam distinguir com a maior segurança uma situação de defeito de uma condição normal de operação.

De uma maneira geral, um relé de proteção deve apresentar as seguintes características de projeto:

- Operar com segurança nas condições de defeito para o qual foi projetado, devendo permanecer inoperante para qualquer outra situação.
- Deve possuir uma faixa de ajuste suficientemente ampla de forma a permitir seletividade entre os outros relés.
- Deve ser imune a ocorrência de transitórios de tensão e corrente proveniente de transformadores de instrumentos (TP's e TC's), bem como da alimentação de corrente contínua. Isso se aplica principalmente a relés de alta velocidade, onde o tempo de operação é menor ou igual a 0,05s.
- Atender as especificações técnicas internacionais.
- Apresentar robustez em seus elementos principais, tais como bobinas e contatos.
- Baixo consumo dos circuitos alimentados pelos TC's.

2.1.1 - PRINCIPAIS TIPOS CONSTRUTIVOS

Quanto as características construtivas, os relés podem ser divididos em 5 categorias:

- Atração axial
- Disco de indução
- Watímetro

- Estáticos
- Eletrônicos

Existem ainda, dois tipos de relés utilizados como proteção interna de transformadores e geradores:

- Relé térmico
- Relé de gás

a) Relés estáticos

Os relés estáticos comparam os valores de tensão e/ou corrente com os valores de ajuste. Os relés estáticos são construídos com circuitos eletrônicos comparadores, amplificadores operacionais e unidades de saída em contato.

O relé estático é muito mais rápido e tem um consumo muito inferior ao relé eletrodinâmico. Além disto, as dimensões são bastante reduzidas no relé estático. Adicionalmente permitem uma grande faixa de ajuste, o que sem dúvida reduz os problemas de coordenação normalmente encontrados.

b) Relés eletrônicos

A proteção feita através de relés eletrônicos (digital) é a mais moderna. Estes equipamentos são microprocessadores, ou seja, tem um alto nível de confiabilidade associado a uma rapidez de atuação.

c) Relés térmicos

Consiste em geral de uma lâmina bimetálica aquecida pela passagem de corrente elétrica num resistor colocado adjacente. A lâmina ao se distender irá modificar a posição dos contatos, para a posição aberto. Nestas condições, o

circuito fica desenergizado, e conseqüentemente desligando os ramais por ele protegido. Deve-se atentar pelo fato que o relé térmico vem associado a outro dispositivo de seccionamento (contatores, disjuntores, etc.).

d) Relés de Gás

Este relé detecta dois tipos de defeitos:

- Mau contato
- Curtos-circuitos

O mau contato de partes internas do transformador provoca sobreaquecimento que como consequência acumulará lentamente o gás na parte superior do tanque.

Na ocorrência de um curto-circuito acontece a liberação de gás inflamável que se acumula na parte superior do tanque do transformador. A figura mostra o relé de gás aplicado como proteção de transformadores.

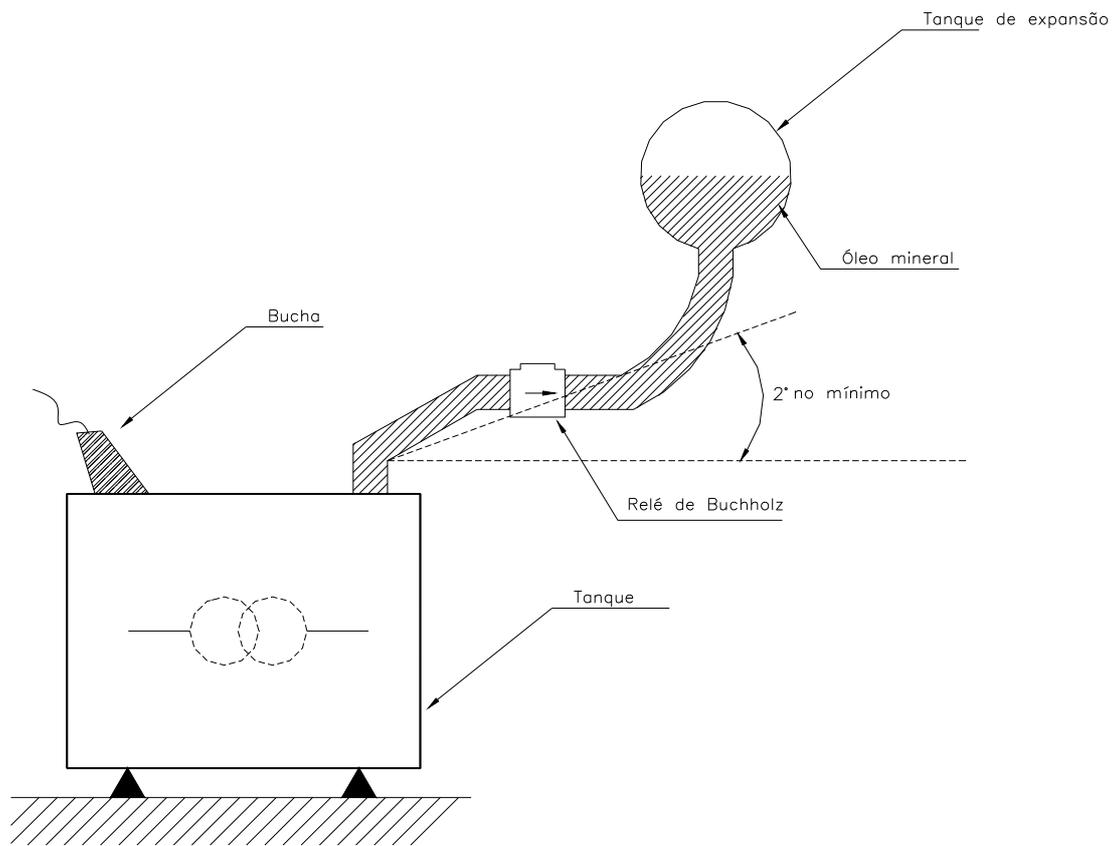


Diagrama esquemático mostrando a posição do Relé de Gás;

Observa-se que este relé possui um sensor para fluxo de óleo e um para acúmulo de gás.

O sensor de fluxo de óleo atua quando ocorre curto-circuitos violentos, internos ao transformador. O sensor para acúmulo de gás atua para correntes de curto-circuitos pequenas e para maus contatos prolongados. Caso haja vazamento de óleo isolante o relé de gás também opera quando o nível do óleo estiver abaixo do ponto crítico.

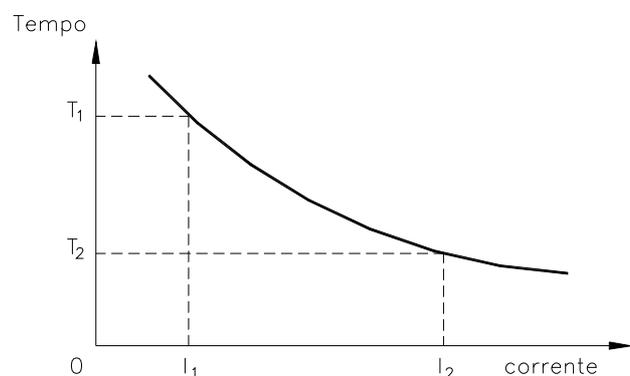
2.1.2 – CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TEMPO DE OPERAÇÃO

Apesar de se esperar a maior rapidez possível na atuação de um relé, normalmente, por questões de seletividade entre os vários elementos de proteção, é necessário permitir uma certa temporização antes que ordene a abertura do disjuntor. Logo, tomando-se como base estas considerações, os relés podem ser classificados quanto ao tempo de operação em :

- Instantâneos;
- Temporizados com retardo dependente;
- Temporizados com retardo independente.

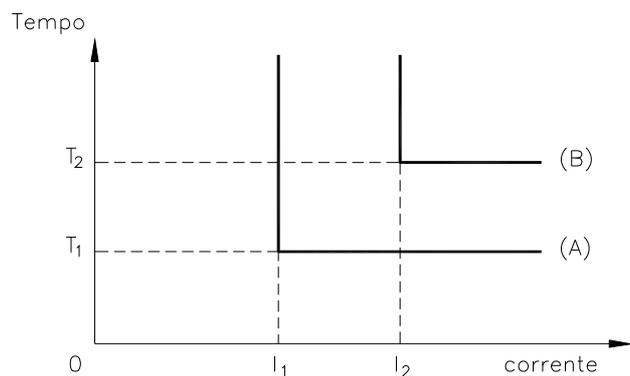
Os relés instantâneos não apresentam nenhum retardo intencional no tempo de atuação.

Os relés temporizados com retardo dependente são os mais utilizados nos sistemas elétricos. São caracterizados por uma curva de temporização normalmente inversa, cujo retardo é função do valor da grandeza que o sensibiliza. A figura abaixo mostra a curva típica de um relé temporizado de retardo dependente.



Curva típica de relé temporizado com retardo dependente;

O relé temporizado com retardo independente, ao contrário do anterior, é caracterizado por um tempo de atuação constante, independentemente da magnitude da grandeza que o sensibiliza. A figura abaixo apresenta as curvas de um relé particular para operação por corrente.



Curva típica de relé temporizado com retardo independente;

2.1.3 – CLASSIFICAÇÃO DOS RELÉS QUANTO À FUNÇÃO

Os relés quanto as suas funções podem ser classificados de acordo com os enunciados abaixo:

- Relé de sobrecorrente (50/51)
- Relé diferencial (87)
- Relé direcional (67)
- Relé de distância (21)
- Relé de religamento (79)
- Relé de sincronismo (25)
- Relé de falha de disjuntor (50BF)

- Relé de sobretensão (59)
- Relé de subtensão (27)
- Relé de oscilação de potência (68)
- Relé de sobrecorrente com controle de tensão (51V)
- Relé de inversão e perda de fase
- Relé de terra (50/51 GS)

a) Relé de sobrecorrente

É de todas as proteções a mais simples e a mais econômica. Esta proteção atua sempre que as correntes em uma máquina ou em um trecho do circuito ultrapassa o valor máximo estabelecido.

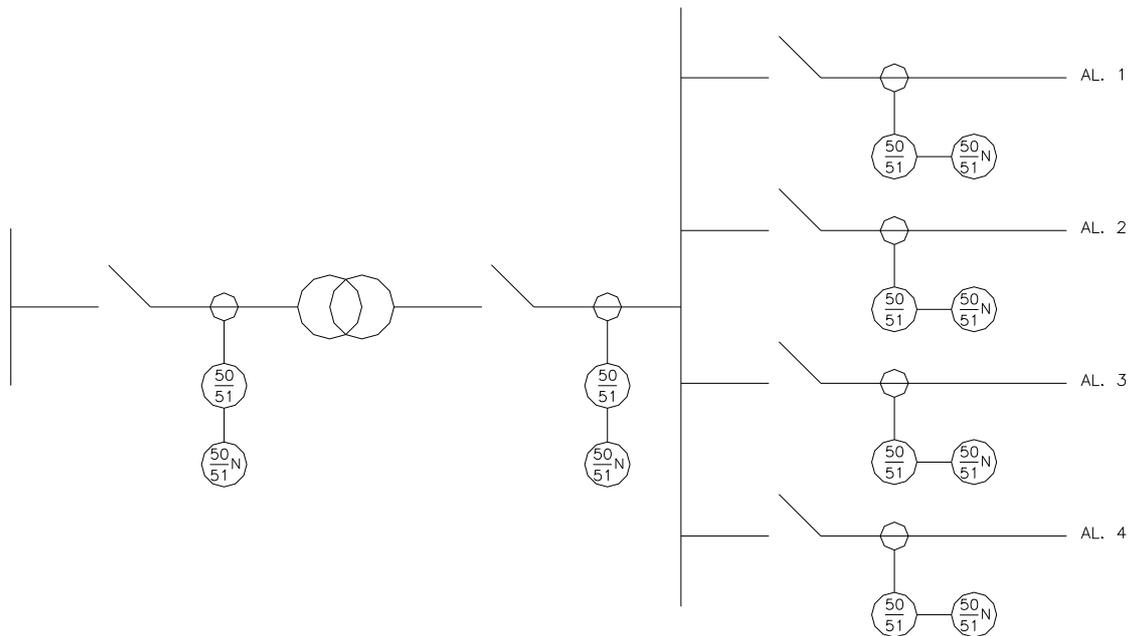
A corrente de atuação deve sempre ser reajustada quando há uma alteração da potência nominal do sistema.

Em sistemas de baixa corrente, esta pode ser medida por relés de sobrecorrente inseridos diretamente no circuito. Em todos os outros casos, a corrente é medida através de um TC, e o seu secundário está ligado no relé de sobrecorrente.

As proteções de sobrecorrentes são usadas em:

- Transformadores (retaguarda por falta externa)
- Motores e geradores
- Circuitos de distribuição e de subtransmissão, como proteção de falta fase à terra.

O diagrama básico unifilar de uma proteção por sobrecorrente é mostrado na figura a seguir .



Sistema elétrico representativo de um subestação com as proteções de sobrecorrente

Os relés de sobrecorrente podem ser:

- Eletromecânicos
- Estáticos
- Eletrônicos

Os relés eletromecânicos dispõem de dois ajustes independentes:

- Ajuste de corrente de atuação
- Ajuste de tempo de atuação

A primeira regulação é feita ou por variação do entreferro, ou por tensão da mola de restrição ou por seleção de uma tomada de bobina (ajuste de “taps”).

O ajuste de tempo é efetuado ajustando o percurso do contato móvel (DT) ou então por meio de dispositivos mecânicos de temporização.

Apesar de os ajustes serem independentes, há uma inter-relação entre a corrente e o tempo de atuação.

Os relés estáticos de sobre-intensidade são construídos seguintes blocos eletrônicos:

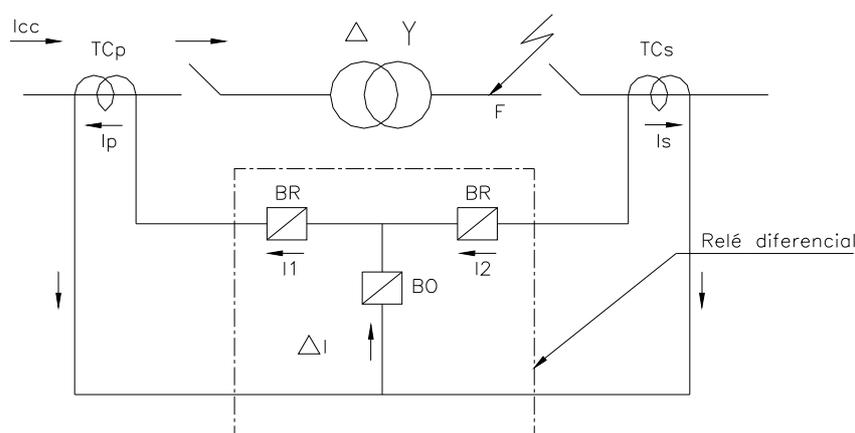
- Entrada
- Ajuste de corrente
- Ajuste de tempo
- Sinalização e comando
- Alimentação auxiliar

Os relés eletrônicos são microprocessadores que atuam através de lógica digital.

b) Relé diferencial de sobrecorrente

Este tipo de proteção compara vetorialmente duas correntes elétricas em dois pontos de um mesmo sistema (por exemplo, em dois pontos de um barramento ou entre dois enrolamentos de um transformador). Caso haja uma diferença entre as correntes, superior a um determinado valor ajustado, o relé é sensibilizado, enviando ao disjuntor uma ordem de abertura. A diferença vetorial pode ser determinada diretamente (relé diferencial amperimétrico) ou em percentagem (relé diferencial percentual). Usa-se o sistema diferencial na proteção de transformadores, reatores, geradores e barramentos. Na figura

observa-se a operação do relé diferencial para o ponto F, localizado dentro de sua zona de proteção.



Operação do relé diferencial para ponto de falta F, localizado dentro de sua zona de proteção;

Esta proteção é sensível a defeitos internos dos transformadores, barramentos, geradores e reatores.

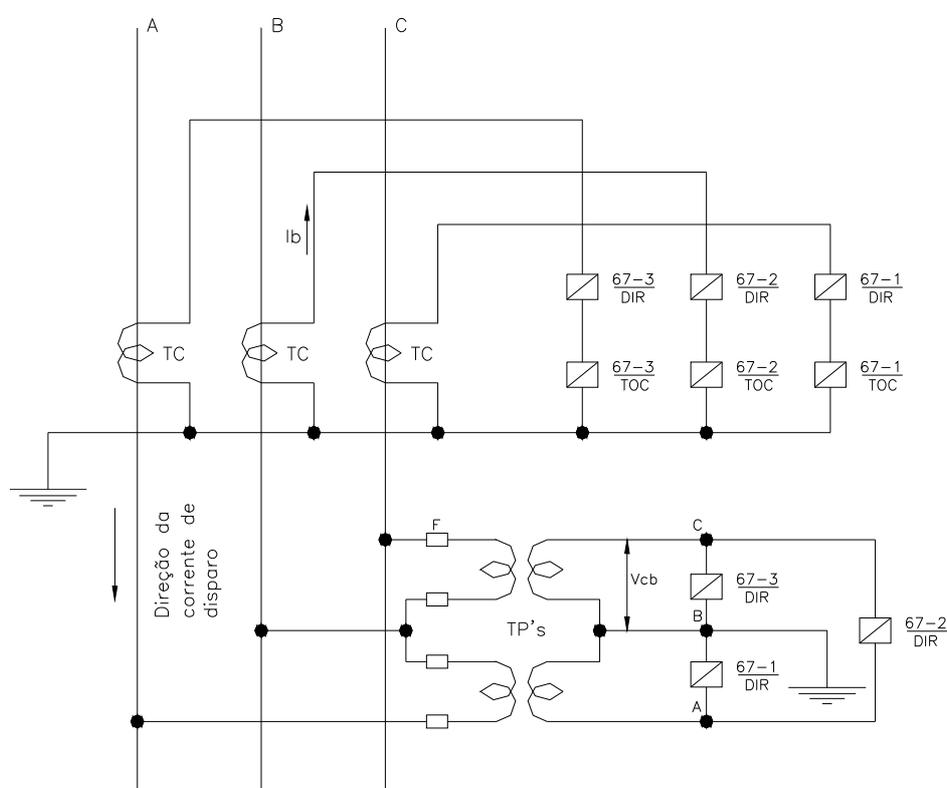
Por exemplo no caso de transformadores, pode proteger contra curto-circuitos entre espiras, contra arcos nas buchas, contra curtos para o núcleo à carcaça, etc.

c) Relé direcional

A proteção direcional detecta a inversão do fluxo de potência, com valores de tensão próximos dos normais. É necessariamente, uma proteção temporizada para evitar atuações incorretas durante as inversões momentâneas de energia

que ocorrem durante as oscilações de potência sincronizante dos geradores ou quando das reversões de energia que acontecem após curtos-circuitos.

Na figura a seguir está esquematizada uma proteção direcional. O relé 67 recebe um sinal de corrente de um TC e, um sinal de tensão de um TP. Na ocorrência de uma inversão no sentido de corrente, o relé 67 operará.



$\frac{67-3}{TOC}$ - Bobina de corrente da unidade temporizada da fase C; 67-3 - Unidade direcional

da fase C; $\frac{67-3}{DIR}$ - Bobina de corrente da unidade direcional da fase C

Conexão típica do relé direcional;

Associado ao relé 67, atua também o relé 67N o qual funciona da seguinte maneira. A sua atuação no caso de falta fase-terra, consiste em aparecer uma

tensão de sequência zero no interior do triângulo aberto dos secundários do TP. Esta tensão, associada à corrente de neutro (corrente de desequilíbrio) provoca a operação do relé 67N.

d) Relé de Religamento

O relé de religamento tem por finalidade reduzir o tempo de interrupção de energia e conservar a estabilidade do sistema. Estes podem ser para religamento monopolar ou tripolar. Esta seleção é feita através de uma chave seletora do próprio relé.

e) Relé de Sobretensão

A proteção contra sobretensões devidas a surtos de manobra ou atmosféricas é feita com pára-raios. Para sobretensões de maior duração e de valor mais baixo são utilizadas as proteções com relés de sobretensões.

Os relés de sobretensão são ajustados para um valor máximo de tensão admissível; a ultrapassagem deste valor provoca a atuação do relé e o disparo dos disjuntores correspondentes.

Em linhas de Extra Alta Tensão (EAT) são usadas duas proteções de sobretensão, uma instantânea e outra temporizada; a instantânea atua para defeitos simultâneos nas 3 fases, ao passo que a temporizada funciona para sobretensões em qualquer das fases.

A proteção de sobretensão instantânea envia um sinal destinado ao desligamento do disjuntor aí alocado.

Em transformadores instalados em subestação de E.A.T. a proteção de sobretensão desliga os disjuntores dos lados de A.T. e B.T..

f) Relé de Subtensão

O relé de subtensão é ajustado para um valor mínimo de tensão admissível; a redução da tensão a valores abaixo do ajuste provoca a atuação do relé.

Em subestações a proteção de subtensão é combinada com a de sobrecorrente para caracterizar melhor o curto-circuito.

g) Relé de Oscilação de Potência

O relé de oscilação de potência é aplicado em conjunto com o relé de distância afim de que oscilações de potência de curta duração não permitam que o relé de distância opere e cause o desligamento dos disjuntores da linha. A sua operação é do tipo temporizada.

h) Relé de Sobrecorrente Controle de Tensão

É um relé acionado pela corrente do circuito (bobina de corrente) mas cuja ação é restringida pela própria tensão do circuito (bobina de tensão).

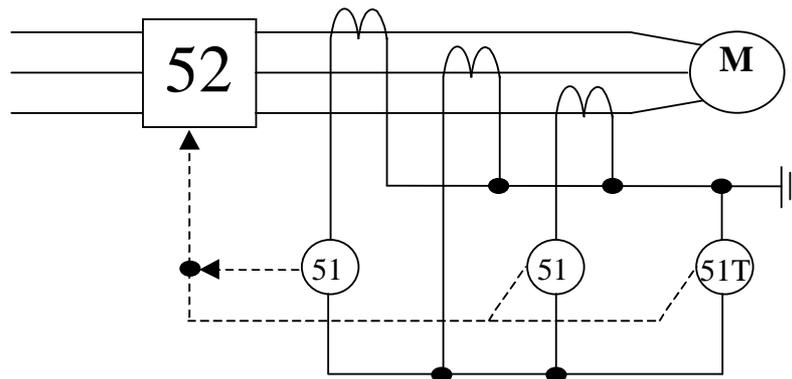
Na ocorrência de um curto-circuito acontece uma sobrecorrente associada a uma redução significativa (às vezes até zero) da tensão, daí a utilização deste tipo de relé para caracterizar melhor a ocorrência de falta.

i) Relé de Terra

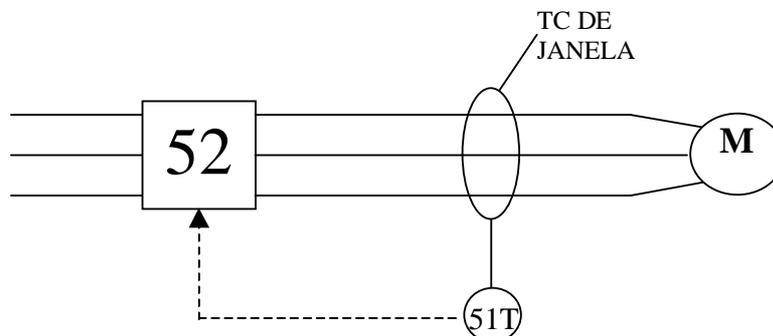
O relé de terra é um dispositivo de sobrecorrente com ajuste bastante baixo, de modo a detectar correntes de defeito de baixa intensidade. Os relés de terra podem ser também de tensão, que detecta tensão de seqüência zero, que é causada por uma falta à terra.

Esta proteção pode também ser ligada a TC's de janela que ao “abraçar” as três fases do circuito irá “enxergar” a corrente de desequilíbrio do circuito, com um ajuste adequado distingue-se uma corrente de desequilíbrio da carga de uma corrente de defeito.

As Figuras indicam a utilização de um relé de terra.



Relés de terra associado a três transformadores de corrente;



Relé de terra associado a um TC tipo janela;