

## Fundamentos Básicos de Proteção de Circuitos Elétricos – Parte 2

### 1. Tipos de Transformadores de Corrente (TC's):

- ✓ TC tipo bucha : Possui o enrolamento secundário isolado e montado no núcleo, sendo o enrolamento primário constituído de um condutor isolado. Este condutor é parte integrante de transformadores e disjuntores. São mais precisos para correntes elevadas e menos precisos para baixas correntes;
- ✓ TC tipo janela : Possui o enrolamento secundário isolado e montado no núcleo. O condutor passante representa o primário. A diferença em relação ao TC de bucha é que o ar é utilizado como material isolante. Muito utilizado em 13.8kV;
- ✓ TC tipo barra : Possui os enrolamentos primário e secundário isolados e montados no núcleo. O primário consiste de uma barra colocada no interior da janela do núcleo. Adequado para resistir a esforços de grandes sobrecorrentes. Deve-se tomar cuidado na montagem para evitar destruir a barra por esforços magnéticos;
- ✓ TC tipo pedestal : Possui o primário e secundário enrolados num núcleo toroidal, sendo largamente utilizado nas classes de tensão de 25 e 138kV.

### 2. Tipos de Transformadores de Tensão (TP's):

- ✓ TP convencional : O primário é ligado diretamente no circuito de potência e o secundário pode ter múltiplos enrolamentos para diferentes finalidades como proteção e medição;
- ✓ TP capacitivo de acoplamento : Formado por várias unidades capacitivas em série (divisores capacitivos). A última unidade capacitiva é colocada dentro de uma base (caixa de potencial) protegida do tempo;
- ✓ TP capacitivo de bucha : Consiste de um condutor central colocado dentro de um corpo isolante de porcelana e de um flange metálico. Entre o flange e o condutor central são colocadas várias folhas metálicas separadas por material isolante, formando vários capacitores. O flange é furado e nele introduzido um rabicho metálico até atingir uma das folhas metálicas que possui uma tensão proporcional ao condutor central e ao referencial ao flange.

### 3. Princípio de Funcionamento de Algumas Funções Básicas de Proteção:

#### ✓ Sobrecorrente de Fase (50/51):

Opera baseado na medição das correntes das Fase A, B e C. Pode ter atuação instantânea (50) ou temporizada (51), sendo essa última por meio de curvas de sobrecorrente normalizadas (ANSI, IEC, IAC, tempo definido). O elemento opera por fase, ou seja, basta uma das fases exceder o valor de pickup para que o elemento seja sensibilizado.

#### ✓ Sobrecorrente de Terra (50/51G):

Opera baseado na corrente medida pelo TC toroidal que mede a corrente residual causada pelo fluxo remanescente entre as fases. Da mesma forma que o elemento de fase, ele pode ser programado para atuação instantânea (50G) e temporizada (51G).

✓ **Sobrecorrente de Neutro (50/51N):**

Opera baseado na corrente calculada a partir da soma vetorial das três correntes de fase medidas pelo relé. Elementos instantâneo (50N) e temporizado (51N) estão disponíveis.

✓ **Subtensão de Fase (27P):**

Opera baseado na medição das tensões de fase. O elemento geralmente pode ser programado para operar somente quando as três tensões de fase caem abaixo do nível especificado, quando somente duas caem ou quando quaisquer das três caem abaixo do nível de pickup especificado. Além disso, a atuação pode ser temporizada com um tempo definido ou por meio de uma curva de tempo inverso.

Para cargas sensíveis à tensão, tal como motores de indução, uma queda de tensão resultará em aumento da corrente de fuga, a qual pode causar aquecimento no motor.

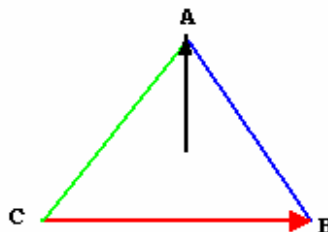
✓ **Sobretensão de Fase (59P):**

Opera baseado na medição das tensões de fase. O elemento também pode operar quando três, quaisquer duas ou qualquer uma das fases excede o nível especificado. Na maioria dos relés, estará disponível apenas temporização a tempo definido.

A sobretensão pode causar a diminuição do isolamento e acelerar a falha por isolamento (curto-circuito).

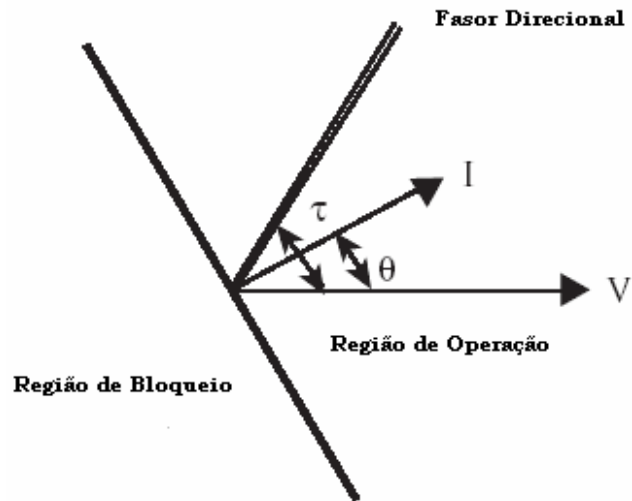
**4. Princípio da Direcionalidade:**

Muitas aplicações simples podem ser satisfeitas por relés os quais medem apenas magnitude (de corrente) e duração de tempo. Contudo, para garantir operação rápida, segura e seletiva em sistemas de rede, os quais envolvem atalhos paralelos entre fontes e cargas, ou sistemas com múltiplas fontes de corrente de falta, os relés também serão solicitados a determinar a direção do fluxo de corrente. O princípio básico usado para determinar a direcionalidade é que, em um sistema de potência operando com fator de potência unitário, corrente de fase e tensão fase-neutro estão em fase, e que a corrente de fase adianta a tensão fase-fase entre os outros dois condutores de 90°, conforme figura abaixo:



**A corrente Ia está adiantada em relação à tensão VBC de 90 graus**

A corrente de falta no condutor da fase A atrasa sua tensão fase-neutro pelo ângulo de impedância do sistema,  $\theta$ . Portanto, o ângulo de falta da corrente na fase A irá sempre adiantar-se em relação à tensão de fase VBC.



Um relé direcional da Fase A usa a tensão VBC como sua referência de polarização e, juntos, eles estabelecem um fasor direcional o qual se adianta em relação à tensão de referência VBC de um ângulo  $\tau$ , o qual é fixo no projeto do relé. A operação pode ocorrer se o ângulo da corrente cai dentro de  $90^\circ$  do ângulo do fasor direcional. A direcionalidade é uma função a qual é adicionada à outras características do relé. Por exemplo, relés de sobrecorrente são transformados em direcionais quando o controle direcional é adicionado à função. A direcionalidade determinará se o relé “enxergará” faltas no sentido direto ou reverso do fluxo de corrente.