# DETERMINAÇÃO DA CORRENTE DE CURTO - CIRCUITO FASE TERRA NO MEIO INDUSTRIAL

*Felipe Miquelino[1]; Edilberto Teixeira[2]*
*[1] Universidade de Uberaba, Uberaba-MG*
*[2] Universidade de Uberaba, Uberaba-MG*
*fmiquelinof@gmail.com; edilberto.teixeira@uniube.br*

***Resumo***

O retorno financeiro que uma indústria pode ter depende principalmente da qualidade de seu produto e de sua eficiência industrial. Com o intuito de garantir o funcionamento por horas ininterruptas e evitar os danos em equipamentos por faltas elétricas, existem dispositivos de proteções cada vez mais confiáveis, que visam à exclusão e ajudam na identificação das faltas com o intuito de diminuir o tempo de parada industrial, proteger os equipamentos e facilitar na identificação da falta tornando assim sua solução um pouco mais rápida. Dentre os vários tipos de falhas que podem ocorrer em um sistema elétrico, tem-se o curto - circuito, podendo ser ele trifásico, bifásico ou ainda fase - terra. Entre os equipamentos de proteção existentes para este trabalho destaca-se o relé de proteção e o disjuntor. Em uma indústria do setor sucroalcooleiro, houve uma falha em que o disjuntor de entrada do Centro de Comando de Motores não abriu. Este fato fez com que a falha ficasse em atividade por alguns segundos causando assim danos nos componentes elétricos, resultando em uma parada industrial de cerca de dez horas. O objetivo deste trabalho é determinar o valor da corrente de curto - circuito que o relé deve identificar como uma falta e atuar na abertura do disjuntor para eliminar a falta.

***Palavras-chave:*** Curto - circuito. Relé. Proteção.

## *1 Introdução*

O curto - circuito pode ser definido como sendo a conexão de dois ou mais pontos de um circuito, geralmente de baixa impedância que tenham uma diferença de potencial elétrico entre eles, que como consequência pode resultar em correntes de alta intensidade dependendo do tipo de curto - circuito. Esta corrente recebe o nome de corrente de curto - circuito ou corrente de falha. Os tipos de curto - circuito podem ser classificados em relação a sua origem e sua quantidade de ocorrência, que segundo João Mamede Filho fica distribuídos em, observar tabela 1.1.

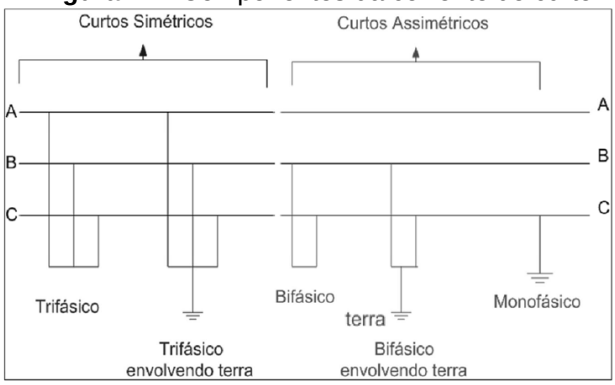
**Tabela 1.1** – Classificação quanto ao tipo de curto - circuito.

| Origem do curto | Ocorrência |
|---|---|
| Curto - circuito trifásico | 08% |
| Curto - circuito bifásico | 14% |
| Curto - circuito fase e terra | 78% |

**Fonte –** João Mamede Filho; Daniel Ribeiro Mamede (2011)

Cada um dos curto - circuito listado acima tem sua configuração característica e geram uma corrente característica sendo ela simétrica ou assimétrica.

**Figura 1.1:** Componentes da corrente de curto.




**Fonte:** Elaborado pelo autor

- Curto - circuito trifásico:

Um curto - circuito trifásico como o próprio nome sugere, é um curto - circuito quando as três fases se conectam em um ponto pelas mais diversas causas, podendo também envolver o terra. As correntes que surgem com esta falha são denominadas de correntes simétricas, com outras palavras, é um curto - circuito equilibrado. É o tipo que ocorre com menor frequência. Como podemos observar na figura 1.1.

O curto - circuito é dito equilibrado quando há uma completa simetria ou equilíbrio entre suas fases antes e após a ocorrência do defeito. Neste caso, as impedâncias e os módulos das tensões e das correntes de curto são iguais para as três fases por isso recebendo o nome de curto equilibrado ou simétrico, ou seja, apresenta somente componentes de sequência positiva.

- Curto - circuito bifásico:

Um curto - circuito bifásico é quando ocorre a conexão de duas fases em um ponto pelas mais diversas causas podendo também envolver a terra. As correntes que aparecem com esta falta são denominadas de correntes assimétricas, com outras palavras, é um curto - circuito desequilibrado. Podendo ser observado na figura 1.1.

Se as cargas do sistema são desequilibradas, as impedâncias, tensões e correntes de curto - circuito não são iguais para as três fases.

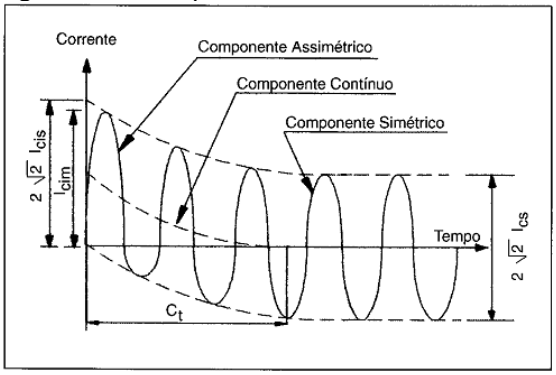
- Curto - circuito monofásico ou fase para a terra:

Um curto - circuito monofásico é quando há uma conexão de uma das fases para a terra. As correntes que surgem com esta falha são denominadas de correntes assimétricas. É o tipo de falta com maior ocorrência. Visto na figura 1.1.

A corrente de curto assimétrica é composta por uma componente alternada (componente simétrica) e por uma componente continua, conforme expresso na equação (1) e ilustrado na figura 1.2.

**I(t)assimétrica = i(t)simétrica + i(t)continua (1)**

**Figura 1.2:** Componentes da corrente de curto.




**Fonte:** João Mamede Filho (2002)

Os valores assimétricos das correntes são usados para dimensionar a capacidade dos equipamentos em suportar os efeitos dinâmicos das correntes de falta. Os valores simétricos já são usados para determinar as capacidades de interrupção dos dispositivos de seccionamento, as capacidades de suportar os efeitos térmicos produzidos pelas correntes de falta, e para definir os ajustes dos dispositivos de proteção contra sobrecorrente.

Sendo o sistema elétrico de potência um item que tem um elevado custo de implantação, manutenção, uma margem


UNIUBE
UBERABA Campus Centro - Av.Guilherme Ferreira, 217 - Bairro Centro - CEP: 38.010-200 - Telefone: (34) 3319-6600
Campus Aeroporto - Av.Nenê Sabino, 1801 - Bairro Universitário - CEP: 38.055-500 - Telefone: (34) 3319-8800
UBERLÂNDIA Campus Rondon - Av.Rondon Pacheco, 2000 - Bairro Lídice - CEP: 38.408-015 - Telefone: (34) 3292-5600
ARAXÁ Unidade Araxá - Av.Amazonas, 295 - Bairro São Geraldo - CEP: 38.180-084 - Telefone (34) 3612-6840

lucrativa de longa maturação e ainda com o intuito de garantir a disponibilidade industrial, devem-se realizar excelentes estruturas de proteções. “Um sistema de proteção tem um custo da ordem de 2-5% do correspondente aos equipamentos protegidos. É, pois um seguro barato, principalmente considerando-se o tempo usual de depreciação dos equipamentos” (CAMINHA, 1977). Um sistema de proteção é composto por um conjunto de equipamentos, sendo os principais: os transformadores de corrente e tensão, os relés, os disjuntores e os fusíveis.

Os transformadores de corrente e os transformadores de potencial, servem para reduzir o nível da linha para um nível aceito pelos relés, a tensão e a corrente respectivamente. Os relés servem para identificar o defeito no sistema, através da comparação do valor observado com o valor de seu ajuste e acionar o disjuntor.

Os disjuntores servem para desconectar do sistema elétrico o trecho onde ocorreu a falha evitando assim danos ao elemento e o funcionamento inadequado do sistema. Os fusíveis são dispositivos que operam pela fusão do seu elemento metálico construído com características especificas de tempo x corrente, ou seja, fica a cargo dele reconhecer a falta e retirar parte do sistema que ele é responsável pela proteção.

Com isso pode-se dizer que os relés são os responsáveis pela “vigia” do sistema de potência, pois estão sempre monitorando o sistema e quando necessário acionam o disjuntor que compõe seu sistema de proteção. O que difere um sistema de proteção do outro é basicamente como o relé irá identificar a falha. Com o passar dos tempos e com as descobertas de novas tecnologias os relés de proteção foram se desenvolvendo cada vez mais, existem hoje relés de diversas formas construtivas e operacionais, são elas:

- Relés fluidodinâmicos (não são mais fabricados);
- Relés eletromagnéticos;
- Relés eletrodinâmicos;
- Relés de indução;
- Relés térmicos (transformadores, motores, geradores, etc.);
- Relés eletrônicos;
- Relés digitais, microprocessados;

As funções de proteção e manobra são caracterizadas por um código numérico que indica o tipo de proteção a que se destina o relé que podem ser verificados na tabela ANSI – American National Standards Institute. Os relés podem ser denominados monofunção ou multifunção, que podem responder a um evento de uma ou mais formas. Neste artigo será identificada a corrente de curto - circuito de fase terra para um sistema.

## *2 Materiais e Métodos*

A falta ou até mesmo a configuração errada de relés de proteção podem causar diversos tipos de danos. Os sistemas de proteção tem sua estratégia, sua filosofia de proteção para auxiliar a garantir o funcionamento dos sistemas de proteção. Um sistema de proteção seguro deve ser projetado levando em consideração os seguintes pontos:

- Seletividade
- Zonas de atuação
- Velocidade
- Sensibilidade
- Confiabilidade

Um exemplo do problema que pode causar a ausência de um dos itens citados anteriormente é o ocorrido a uma usina de açúcar e álcool, onde o barramento fechou um curto - circuito fase – terra.

O curto pode ter origem à associação de dois eventos, a baixa resistência do ar,

pois chovia no dia, e a falha de um disjuntor que estava conectado ao mesmo barramento, podendo ter provocado algum distúrbio na rede. A associação destes dois eventos contribuiu para o surgimento do curto no final de um dos barramentos para a carcaça do painel, como pode ser visto na figura 2.1.

**Figura 2.1:** Danos matérias.



**Fonte:** Acervo do autor

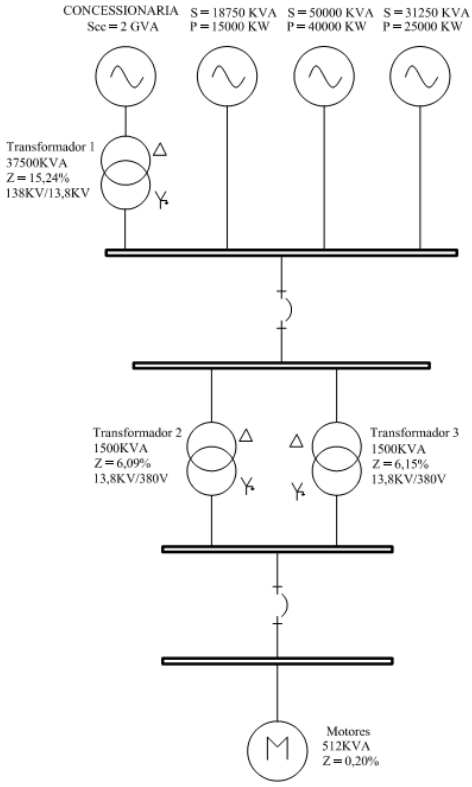
Ao final da investigação para entender o motivo de o disjuntor de entrada não ter atuado, foi constatado que não havia associado a ele um relé de proteção 50N (fuga a terra).

Para a mitigação desta falha será necessário determinar o nível de corrente de curto - circuito fase terra para que o relé possa interpretar a corrente de curto e fazer com que o disjuntor atue eliminando assim a falta, caso ela venha ocorrer novamente.

O sistema em questão foi construído de acordo com a figura 2.2. Como pode ser observado no diagrama, foi usada uma configuração não muito usual onde tem – se os dois transformadores em paralelo. Essa configuração contribui para o aumento da potencia de curto - circuito.

Para determinar a corrente de curto - circuito fase terra utiliza-se o sistema em PU e calcula-se a impedância de sequencia positiva, negativa e zero.

**Figura 2.2:** Configuração do sistema

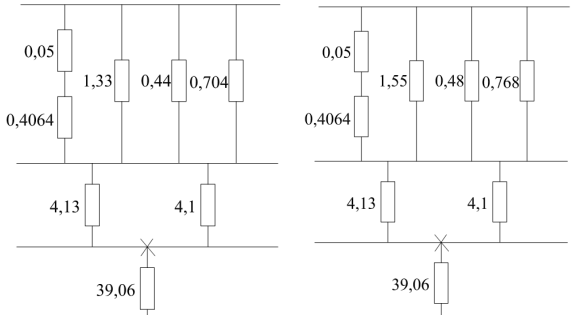



**Fonte:** Elaborado pelo autor

## *3 Resultados*

Através dos cálculos das impedâncias dos equipamentos foi montado o diagrama de impedâncias (ver figura 3.1), com base nele calculamos a impedância equivalente de sequencia positiva $Z_1$=2,1pu, e sequencia negativa $Z_2$=2,09pu.

**Figura 3.1:** Diagrama de impedâncias (Z- e Z+)



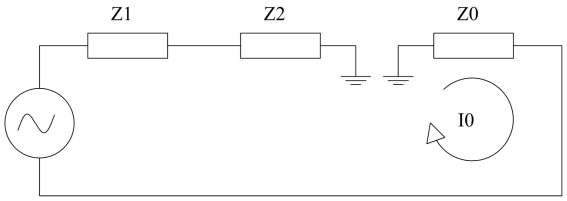

**Fonte:** Elaborado pelo autor

É necessário para o cálculo de curto - circuito fase terra a impedância de sequencia zero também, mas sendo os transformadores em delta estrela

aterrado, faz com que a impedância de sequencia zero tenda ao infinito tornando a $I_0$ no primário do transformador igual a zero ampére (0A).

Devido à configuração dos transformadores, faz com que a corrente de curto circule somente entre a carga e o secundário do transformador sendo assim, a impedância dos transformadores é a própria impedância de sequencia zero como pode ser visto na figura 3.2.

**Figura 3.2:** Diagrama de impedâncias (Z- e Z+)




**Fonte:** Elaborado pelo autor

Temos então $I_0=1/Z_0$.
Onde $Z_0=2,1pu$

$$I_0=1/2,06$$

$$I_0=0,4854pu$$

Usa-se a potência base de 100MVA para os cálculos. É necessário encontrar a corrente base para o sistema, onde é determinada da seguinte forma:

$$I_B=100000/(\sqrt{3}x0,38)=151,934KA$$

A corrente de curto - circuito fase terra é dada por:

$$I_{FT}= I_0 \times I_B$$

Sendo assim temos:

$$I_{FT} =0,4854 \times 151,934K = 73,75KA$$

## *4 Discussão*

Neste estudo busca-se a solução para um problema encontrado no meio industrial onde deixou a planta parada por algumas horas.

Um avanço na tecnologia da proteção foi a criação dos relés microprocessados que são altamente confiáveis e precisos, foi analisado o comportamento do circuito em estudo perante uma falta a terra.

Como o transformador tem sua configuração delta – estrela aterrado faz com que no primário não exista a impedância de sequência zero fazendo com que a corrente de curto fase terra circule somente no secundário. Sendo assim no primário irá existir somente a contribuição do curto trifásico.

## *5 Conclusão*

No meio industrial deve-se mitigar qualquer tipo de efeitos que podem ocasionar uma parada industrial. No exemplo citado neste trabalho, a falha considerada deixou a planta inoperante por cerca de 10 horas. Levando em consideração o valor de um relé para proteção desta falha é um investimento barato em relação aos danos causados. Como queríamos demonstrar a corrente de curto - circuito fase terra é de 73,75KA. Deverá ser feito ainda o dimensionamento do TC para a instalação no barramento para que o relé possa monitorar o barramento e na presença da falha ele deverá acionar a abertura do disjuntor.

## *Referências*

Caminha, Amadeu Casal. **Introdução à proteção dos sistemas elétricos.** 1.ed. Itajuba: Edgar Blucher,1977.

Filho, João Mamede.; Mamede, Daniel Ribeiro. **Proteção de sistemas elétricos de potência.** 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

Filho, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.