



GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.

GSI Nº: ART060-09 - CD 382-09



PROTEÇÃO COM RELÉ SENSOR DE TERRA EM SISTEMAS DE NEUTRO ISOLADO COM ALIMENTADORES EM PARALELO

João Roberto Cogo*, Jocélio Souza de Sá*, Héctor Arango*

* Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Av. BPS, 1303 - Campus Prof. J. R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Brasil

* GSI - Engenharia e Comércio Ltda
Rua José Joaquim, 481 - Bairro Varginha
37500 - Itajubá - MG - Brasil

Artigo apresentado no I-SIDEEE - I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica
Belo Horizonte/MG - 11-14/11/1990

Revisão 0 - Emissão Inicial.

Documentos de Referência: ART523-07 - CD 262-07

Páginas: capa+ 6 Nº pág inicial 1 Nº pág final 6

Distribuição

Disponível para o Site da GSI

Rev.	Data/Autor	Data/Verificado	Data/Aprovado	Data/Emissão Original	Observações
0	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	10.01.09 - JRC	Para Informação
a					
b					
c					

1 - RESUMO

Os relés sensores de falta a terra conectados nos secundários dos transformadores de corrente (TC) do tipo janela são por vezes utilizados ao invés de transformadores de potencial com relé de sobretensão no neutro. Neste caso, havendo circuitos operando em paralelo, normalmente, ocorre atuação dos relés conectados de carga.

Tem-se observado na prática que nestes casos os circuitos de proteção, normalmente, estão desativados de um modo geral por desconhecimento dos problemas aí envolvidos.

Neste trabalho pretende-se mostrar a origem do problema a qual envolve uma corrente de seqüência zero circulando entre os alimentadores em paralelo em função da corrente de carga bem como apresentar soluções alternativas para evitar que os relés instalados nos secundários dos TC's atuem de modo indevido.

1.1 - ABSTRACT

The sensing relays of ground fault connected to othe window type current transformer (CT) secondaries are sometimes used instead of potential transformers with overvoltage relay in the neutral. In this case having circuits operating in parallel, usually the relays connected to the CT's secondaries with respect to the load current actuate.

It has been observed that in these instances the protection circuits usually are deactivated as a rule because of misunderstanding of the problems therein.

In this work it is intended to show the problem origin which involves a zero-sequence current flowing between feeders in parallel with respect to the load current as well as to present alternative solutions to prevent the relays installed in the CT's secondaries from actuating unduly.

2 - OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo apresentar os problemas decorrentes da colocação de cabos em paralelo. A obtenção dos resultados será através de um programa específico para cálculo de transitórios eletromagnéticos usando-se microcomputadores.

3 - DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

3.1 - I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica;
Planejamento, projeto e Obra - Volume I, II e III

4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

As cargas de grande porte em sistemas elétricos recebem energia elétrica através de linhas aéreas ou através de cabos subterrâneos ou não. Neste trabalho destaca-se a alimentação de cargas através de cabos que operam em paralelo.

O diagrama unifilar mostrado na FIGURA a seguir mostra a interligação entre uma fonte de geração e um ponto de consumo de energia.

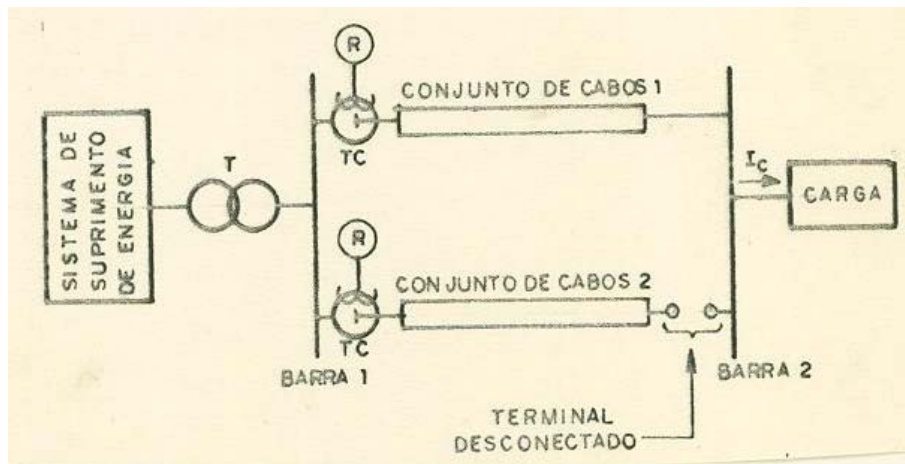


FIGURA 1 - DIAGRAMA UNIFILAR MOSTRANDO A CONEXÃO DE DOIS CONJUNTOS DE CABOS A UMA CARGA (TC - TRANSF. CORR. TIPO JANELA).

Cabe ressaltar que embora existam dois conjuntos de cabos em paralelo, por vezes devido a desconhecimento dos problemas aí existentes, opera-se com apenas um deles. Neste caso, estando o conjunto de cabos 1 em operação, o terminal do conjunto de cabos 2 não fica conectado. Esta configuração é usada para, em caso da saída do conjunto de cabos 1 por uma falta ou para manutenção, fazer a conexão do conjunto de cabos 2 ao barramento. Além do risco inerente desta operação quando feita em emergência, existe o problema natural de uma maior perda de energia ao operar com apenas um dos conjuntos.

Destaca-se ainda que, neste trabalho considera-se que cada conjunto é constituído por 6 (seis) cabos, 2 (dois) por fase. A FIGURA 2 ilustra.

De um modo geral, como durante a instalação dos cabos não se toma cuidados com a transposição dos mesmos, em alguns casos pode ocorrer um acoplamento mútuo assimétrico entre os diversos cabos.

Para este trabalho supõe-se que a carga consome uma corrente variável entre zero e 850 [A]. Testes em campo em uma unidade industrial mostraram que um sistema deste tipo, no caso da operação em paralelo, quando a corrente de carga (I_c na FIGURA 1) ficava em torno de 200 [A] o relé de terra com núcleo toroidal instalado para proteção de falta assimétrica ficava na iminência de operar. Esta tendência era efetiva quando os circuitos formados pelo conjunto de cabos 1 e 2 operavam em paralelo com corrente de carga acima de 200 [A].

Para simular este circuito de suprimento de energia em particular com as duas linhas operando em paralelo, fizeram-se várias hipóteses para a configuração dos cabos com a finalidade de se verificar quais os possíveis motivos que faziam o relé de sobrecorrente (R na FIGURA 1) operar quando por ocasião da operação em paralelo dos conjuntos de cabos 1 e 2.

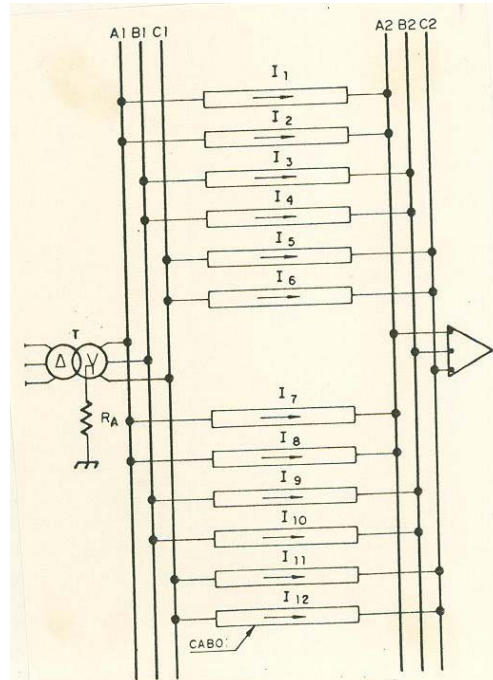


FIGURA 2 - DIAGRAMA TRIFILAR GERAL DOS DOIS CONJUNTOS DE CABOS CONECTADOS AOS BARRAMENTOS TERMINAIS

5 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA EM ANÁLISE

Para efetuar a simulação através de microcomputadores digitais assumiu-se que os cabos tinham a configuração mostrada nas FIGURAS 2 e 3.

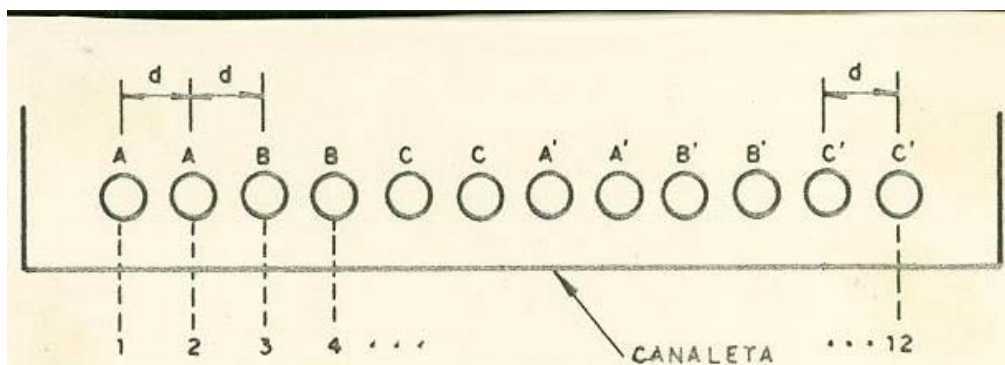


FIGURA 3 - HIPÓTESE 1 - CABOS COLOCADOS NA DISPOSIÇÃO HORIZONTAL

Nas FIGURAS 3 e 4 tem-se:

A, A, B, B, C,C - são os 6 cabos (2 por fase) que compõem o conjunto de cabos 1.

A', A', B', B', C',C' - são os 6 cabos (2 por fase) que compõem o conjunto de cabos 2.

d - distância considerada entre os cabos.

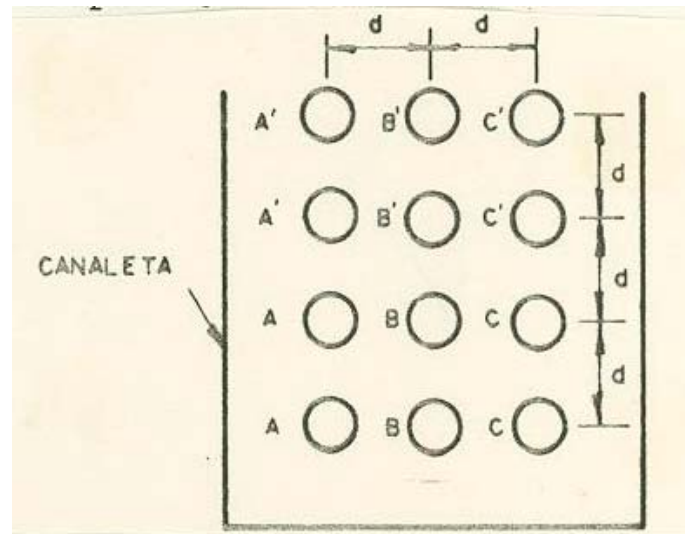


FIGURA 4 - HIPÓTESE 2 - CABOS COLOCADOS NA DISPOSIÇÃO VERTICAL

Para fins de análise de um caso prático-típico toma-se a distância entre cabos como sendo $d = 15$ [cm]. E as características dos cabos a serem usados nas simulações são:

Bitola - 750 MCM

Material - alumínio

Classe de tensão - 15 [KV] (neutro isolado)

Comprimento - 2332 [m]

Resistência - 0,099 [Ω /km]

Os valores característicos das reatâncias indutivas próprias e mútuas foram calculadas utilizando-se o programa para microcomputador digital mtLinetm [1].

O fluxo de corrente entre os cabos que estão apresentados na TABELA 1 a seguir foi calculado com um programa, para microcomputador digital MicroTrantm [1], específico para cálculo de transitórios eletromagnéticos.

Na TABELA 1 a seguir apresenta-se o resultado das correntes nos diversos cabos que compõem cada um dos dois conjuntos.

TABELA 1 - Valores das correntes por cabo para uma corrente de carga de 200 [A] considerando a configuração da FIGURA 3.

TABELA 1			
Corrente no Cabo	Parte Real [A]	Parte Imaginária [A]	Designação (FIG.2)
A	37,1	-0,8	I ₁
A	45,0	12,4	I ₂
B	-38,0	-41,3	I ₃
B	-14,0	-43,4	I ₄
C	-30,7	52,0	I ₅
C	-42,4	36,2	I ₆
-	-43,0	15,1	Total S1-I _{t1}
A'	63,5	-9,1	I ₇
A'	54,4	6,6	I ₈
B'	-32,2	-45,5	I ₉
B'	-7,9	-47,5	I ₁₀
C'	-20,5	47,0	I ₁₁
C'	-14,2	33,5	I ₁₂
-	43,1	-15,0	Total S2-I _{t2}

Na Tabela 1 tem-se:

I_i (i = 1, 2, ...12) - é a corrente em cada cabo individualmente (vide FIGURA 2).

I_{t1} - é a somatória das partes reais e imaginárias das correntes do conjunto de cabos 1.

I_{t2} - é a somatória das partes reais e imaginárias das correntes do conjunto de cabos 2.

Note as correntes na TABELA 1 estão na sua fasorial (retangular), ou seja,

$$I = I_r + jI_i \dots\dots\dots(1)$$

Ainda para a configuração horizontal, mostrada na FIGURA 3, e corrente de carga de 400 [A], tem-se, respectivamente.

$$I_{t1} = -86,01 + j30,95 \text{ [A]}$$

$$I_{t2} = 86,01 - j30,97 \text{ [A]}$$

e, para 850 [A] tem-se:

$$I_{t1} = -182,4 + j66,8 \text{ [A]}$$

$$I_{t2} = 182,4 - j66,9 \text{ [A]}$$

Para a disposição dos cabos mostrada na 4 ou admitindo-se que os cabos são transpostos tem-se:

$$I_{t1} = I_{t2} \cong 0$$

6 - CONCLUSÕES

As correntes em cada conjunto de cabos, quando os mesmos estão na disposição mostrada na FIGURA 3 não somam zero, esta corrente (denominada de seqüência zero) são sentidas pelo relé (R na FIGURA 1) provocando a sua atuação.

Face ao apresentado recomenda-se um circuito de proteção mais adequado para o sistema operar em paralelo. Para este objetivo, deve-se:

- a - efetuar medições visando obter a ordem de grandeza mais exata das correntes de seqüência zero;
- b - ajustar a partir destas correntes medidas os relés a serem instalados.

Os relés a serem instalados neste caso não devem ficar no secundário do TC de núcleo toroidal para cada conjunto de cabos, mas sim, ficarem associados a um relé conectado na condição diferencial o qual libera a bobina de desligamento do disjuntor que alimenta cada ramal específico.

7 - BIBLIOGRAFIA

- [1] - MicroTran Power System Analysis. Transients Analysis Program for Personal Computers.