TESTES AUTOMÁTICOS NOS MODERNOS RELÉS DIFERENCIAIS NUMÉRICOS DE PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES DISPENSANDO O USO DE 06 CORRENTES

Paulo Sérgio Pereira Júnior (1)
Gustavo Espinha Lourenço (1)
Cristiano Moreira Martins (1)
Osvaldo R. M. Parreira (2)
Paulo Sérgio Pereira (1)

RESUMO

Com a constante evolução dos relés de proteção, tem surgido no mercado instrumento de testes hexafásicos, que são entendidos estritamente necessários para testar a função de proteção diferencial de relés numéricos trifásicos. Alguns profissionais têm equivocadamente exigido a necessidade de 06 correntes para executar os testes.

Este trabalho apresenta um algoritmo que foi desenvolvido e testado em relés diferenciais de diferentes fabricantes, capaz de realizar os testes nos relés numéricos de transformadores de 02 enrolamentos com apenas 02 correntes e nos relés de proteção de transformadores de 03 enrolamentos com apenas 03 correntes. Esta é, sem duvida, uma grande contribuição para reduzir custo da estrutura de manutenção das empresas.

Os testes são realizados no relé tendo em vista o tipo de falta mais comum no sistema elétrico: as faltas Fase-Terra. Os testes são executados em todas as características do relé sem a necessidade de alterar a sua parametrização, tornando esta uma prática muito simples e segura.

Para a correta execução do teste utiliza-se uma série de compensações de amplitude e ângulo, todas feitas automaticamente pelo software, cabendo ao profissional que conduz o teste realizar apenas as diferentes conexões externas que o software automaticamente indica em sua tela.

1- Introdução

A exigência de 06 correntes para testar os relés diferenciais numéricos de transformadores de 02 enrolamentos tem sido erroneamente justificada por alguns profissionais, e inclusive a extensão deste raciocínio implica que a mala de testes, para testar reles de proteção de transformadores de 03 enrolamentos teria de possuir 09 canais de corrente, o que não é a realidade.

(1) Conprove Indústria e Comércio.
(2) CPFL: Engenheiro Lider - Proteção Automação e Telecom Oeste – DOST

Para atender a essas exigências, tem surgido no mercado sofisticadas caixas de testes com inúmeros canais de correntes, ou a possibilidade de interligar mais de uma caixa de testes ou ainda utilizar amplificadores externos. Porém todas estas alternativas elevam o custo com ferramental para a execução dos testes.

Este artigo demonstra que conhecendo as conexões dos transformadores é possível fazer arranjos de testes que permitam realizar o equilíbrio no relé e executar todos os teste sem a necessidade de 06 ou 09 canais de correntes. Conforme será mostrado os testes nos relés de transformadores de 02 enrolamentos podem feitos simulando faltas monofásicas ou bifásicas, depende da conexão do transformador protegido, e desta forma o relé pode ser totalmente avaliado, sendo cada fase testada individualmente; utilizando 02 canais de correntes apenas.

Após técnicas de compensação de defasagem usadas nos relés por diferentes fabricantes como: GE, SEL e SIEMENS, serem pesquisadas, um software foi desenvolvido permitindo que o usuário informe como o relé está parametrizado. Um sistema de janelas apresenta o esquema do teste orientando o usuário como deverá realizar as conexões ao rele em função do grupo de defasagem do transformador. Muitos trabalhos de pesquisa têm sido feito no desenvolvimento de malas de testes (1, 2 e 3).

Este trabalho irá enfocar o algoritmo, e detalhará o software desenvolvido para testes automáticos, apresentando resultados práticos em relés comerciais.

2- Embasamento Teórico e Matemático

Os modernos relés numéricos agruparam todas as funções de proteção em um só produto, e no que concerne à proteção diferencial a principal mudança percebida foi à inclusão de parametrização de vários slopes. Constatou-se também que os relés diferenciais numéricos mantiveram a característica clássica de operação $[(I1-I2)]x[(I1+I2)/2]$. Desta forma os ajustes nos relés ficaram mantidos destacando-se os ajustes de pick up, restrição por harmônicos (2^a e 5ª ordem), sloop e instantâneo. A mudança mais marcante que o relé diferencial numérico trouxe ao mercado foi a possibilidade da compensação do ângulo de defasagem do transformador ser realizada internamente no relé, dispensando a compensação externa através das clássicas conexões delta/estrela nos TC's.

Estes relés numéricos possuem internamente matrizes que compõe as correntes das fases de acordo com a parametrização da defasagem do transformador (grupo de conexão) e levam esses sinais aos comparadores. Os relés diferenciais trifásicos possuem 03 comparadores que comparam as correntes de cada fase do primário com a do secundário/terciário. Conforme o grupo de conexão do transformador a circulação de uma corrente em uma das entradas faz com que surjam correntes nos comparadores das outras fases e por este detalhe é que os testes monofásicos foram abandonados pelos usuários desavisados que de maneira equivocada passaram a exigir 06 correntes.

As estatísticas têm demonstrado que a maioria das faltas que ocorrem são do tipo Fase e Terra (mais que 85%), assim sendo, a avaliação feita para a situação de cada fase individualmente estará explorando a maioria dos casos. Além disso, nas simulações de faltas trifásicas todos os comparadores internos do relé estarão sendo utilizados simultaneamente, desta forma se um deles não estiver funcionando corretamente, o problema poderá ser mascarado pela atuação de um dos outros comparadores. Portanto, para avaliar separadamente cada comparador interno é necessário simulações de faltas monofásicas, conforme orientação dos próprios fabricantes dos relés. A avaliação individual de cada fase permitirá contemplar todas as possíveis situações de faltas mono, bi e trifásicas. Por outro lado ainda, temos informações que alguns profissionais de manutenção, para driblar a necessidade dos 06 canais de correntes e realizar os testes de forma monofásicas, alteram a parametrização do relé, colocando o relé como se protegesse um transformador estrela-estrela. Esta prática, no entanto, apesar de facilitar os testes monofásicos, não deve ser adotada, uma vez que o relé não está sendo testado na sua verdadeira parametrização de uso.

A fim de explicar melhor a forma correta de teste proposta neste trabalho, analisa-se preliminarmente o que acontece em uma falta Fase A – Terra, no transformador ilustrado na figura I.

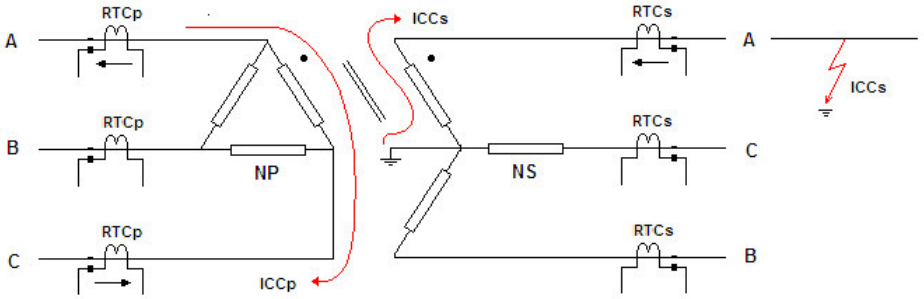


Figura I - Falta A - Terra, fora da zona de proteção diferencial

Para analisar apenas o efeito da corrente de falta, desprezam-se as correntes de carga. Dado a construção e acoplamento do núcleo do transformador em questão, a corrente de falta da Fase "A" para a Terra no secundário, faz aparecer uma corrente que circula da fase "A" para a fase "C" no lado primário. Nos modernos relés diferenciais, as compensações são realizadas internamente, e os TC's são normalmente ligados em estrela como sugerido na figura I. Desta forma, pelo lado secundário, o relé só estará recebendo corrente de falta pela fase "A" enquanto que pelo lado primário, a corrente de falta estará chegando pela fase "A" e retornando pela fase "C". Observe que a falta ocorre fora da região entre os TC's, ou seja, é externa a zona de proteção do relé diferencial e portanto a proteção diferencial não verá atuar, isto obviamente considerando-se que o relé está devidamente parametrizado, o relé estará recebendo as correntes e aplicando as matrizes de compensação de defasagem sobre as correntes medidas, e assim identificando que se trata de uma condição de equilíbrio, e não de falta.

A situação mostrada na figura II ilustra uma falta interna. Pelo lado primário as correntes continuarão circulando da fase "A" para a fase "C", no entanto do

lado secundário a corrente não mais passará pelo TC da fase "A". A corrente na fase "A" secundária não mais estará equilibrando as correntes nas fases "A" e "C" primárias, e ao aplicar as matrizes de compensação de defasagem interna não haverá equilíbrio, e o relé deverá atuar.

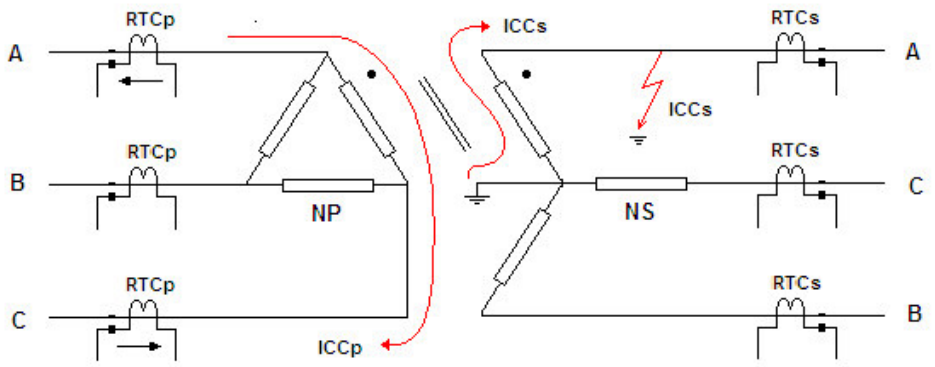


Figura 02 - Falta A - Terra, dentro da zona de proteção diferencial

Considerando-se agora a situação que o relé seja retirado do sistema e com uma caixa de teste aplica-se os mesmos valores de correntes, utilizando-se um canal de corrente para simular a corrente do lado primário e outro canal para simular a corrente do lado secundário, certamente tem-se os mesmos resultados. Simulando-se a situação descrita para a falta externa tem-se o equilíbrio exato. Se formos diminuindo aos poucos esta corrente, haverá um momento que o relé atuará, exatamente ao atingir a região de operação definida pela característica de slope. Com este procedimento o slope pode ser facilmente encontrado. Observe ainda que nenhuma defasagem angular foi necessária entre as correntes injetadas do lado primário e secundário, ou seja, não é necessário o controle de ângulo, o que implica que este teste pode ser realizado por modelos muito mais simples de caixas de testes. É obvio no entanto que o nível de corrente nos dois lados, para que se tenha o equilíbrio exato das correntes (que é o que acontece para uma falta externa), vão depender, entre outras coisas da relação dos TC's do primário e secundário do transformador. Se a relação dos TC's for ideal, isto é não existe corrente de desequilíbrio no relé. Durante a condição de potência nominal, a corrente no secundário dos dois TC's será adotada em 5A. As figuras III e IV ilustram as condições: trifásica equilibrada e curto circuito.

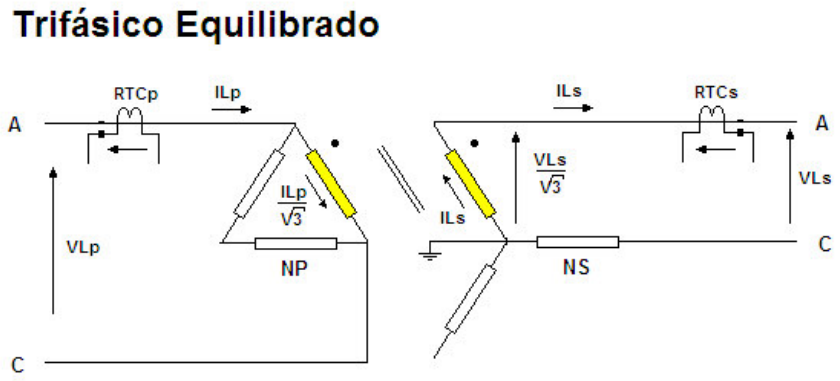


Figura III - Acoplamento magnético entre bobinas - Trifásico Equilibrado

Considerando então a condição Trifásica Equilibrada, temos:

$\phi P = \phi S \quad \rightarrow \quad NP \,.\, ILp / \sqrt{3} = NS \,.\, Ils$

$$\mathbf{\frac{NP}{NS} = \frac{\sqrt{3}\, ILs}{ILp}} \qquad \textbf{(Eq. I)}$$

Do lado secundário dos TC's ideais, as correntes que circulam na bobina do relé são:

$$\frac{ILp}{RTCp} = \frac{ILs}{RTCs} \quad \text{,assim:}$$

$$\frac{NP}{NS} = \frac{\sqrt{3} \,.\, RTCs}{RTCp}$$

Considerando então a condição durante o curto Fase-Terra:

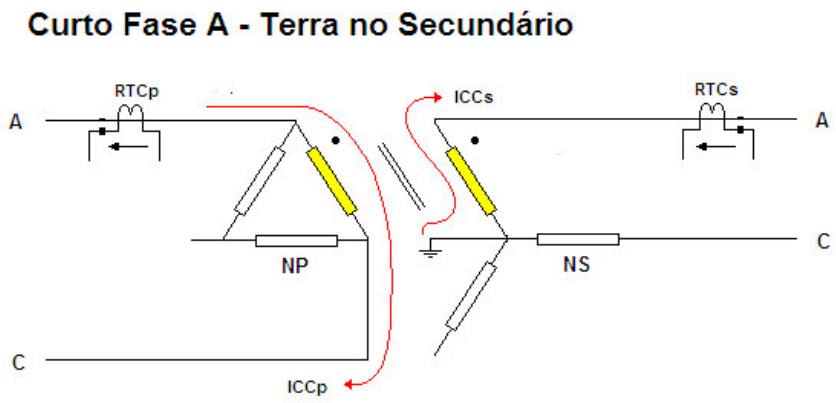


Figura 04 - Acoplamento magnético entre bobinas - Curto Fase -Terra

$\phi P = \phi S \quad \rightarrow \quad NP \,.\, ICCp = NS \,.\, ICCs$

$$\mathbf{\frac{ICCs}{ICCp} = \frac{NP}{NS}} = \frac{\sqrt{3} \,.\, RTCs}{RTCp} \qquad \textbf{(Eq. II)}$$

Assim, as correntes que circulam nas bobinas do relé são :

$ICCs / RTCs = \sqrt{3}\, ICCp / RTCp$

ICCs" = √3 ICCp"

As equações acima mostram que durante o equilíbrio exato da corrente na condição trifásica equilibrada, as correntes injetadas no relé estarão na proporção de 1:1, ou seja, X Amperes nos secundários dos TC's do enrolamento da alta deverão se equilibrar com os X Amperes nos secundários dos TC's do enrolamento da baixa. No entanto na falta Fase - Terra, esta

proporção, para manter o equilíbrio exato dever ser de 1:√3, assim X Amperes nos secundários dos TC's da alta só se equilibrará exatamente com uma corrente igual a √3. X no secundário do TC da baixa do transformador.

Na análise acima se assumiu TC's ideais, significando que, nas condições nominais do trafo as correntes de secundário dos dois TC's têm a mesma amplitude. Se, no entanto, os TC's não tiverem devidamente casados, ou o relé corrigirá o defeito aplicando um fator de correção (K) sobre a corrente em um dos lados do TC ou o relé deve trabalhar com os TAP's calculados com valores replica das correntes que aparecem no secundário.

No relé SR745, a correção é feita usando-se o fator K, nos TC's do lado secundário do trafo. O fator aplicado tem por objetivo igualar as correntes, assim:

ISecTCs = K . ISecTCp (Internamente)

ILs / RTCs = K . ILp / RTCp (Eq. III)

ILp e **ILs**, são as corrente nominais no Primário e Secundário do transformador respectivamente.

Substituindo esta equação na Eq. I, mostrada anteriormente, temos:

$\frac{NP}{NS} = \frac{\sqrt{3} . K . RTCs}{RTCp}$, e assim na Eq. II, o equilíbrio no curto ocorrerá em:

ICCs / RTCs = √3. K . ICCp / RTCp . → **ICCs" = √3 . K . ICCp"**

O fator K pode ser facilmente calculado considerando:

Sn = √3 VLp . ILp = √3 VLs . ILs → ILs / ILp = VLp / VLs

Substituindo na Eq. III: → $\mathbf{K = \frac{RTCp . VLp}{RTCs . VLs}}$

O relé em análise é o SR745, que possui internamente uma matriz para compensação do ângulo de fase, que em termos de modelagem pode ser representado pela existência de um transformador, como indicado na figura V.

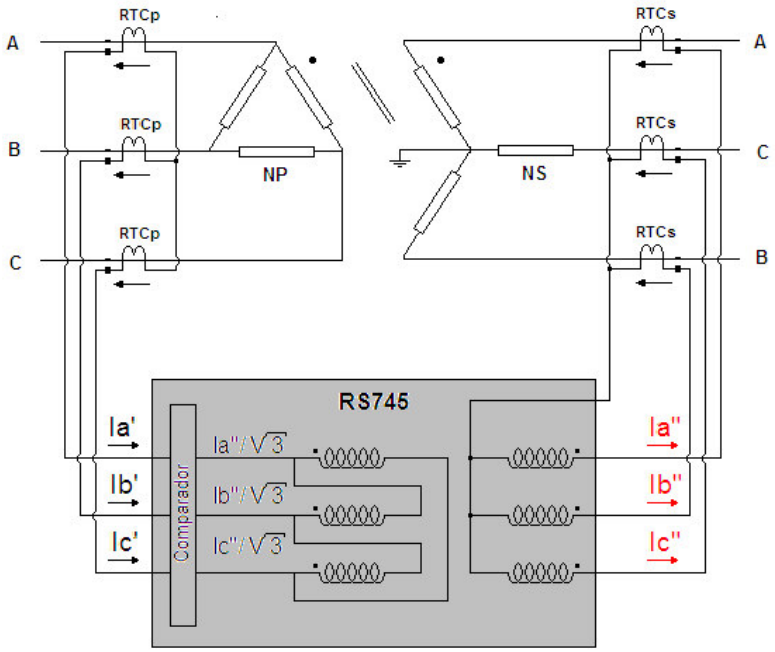


Figura V - Simulação interna para a correção de defasagem num relé SR745

As equações encontradas no exemplo acima correspondem as adotadas no relé SR745, que pode ser estendida para qualquer conexão de transformador D/y e Y/d, com estrela aterrado, injetando corrente em apenas uma das fases do lado Y, da seguinte forma.

- fator √3 é aplicado sempre do lado Y
- fator K do lado secundário

Assim, os testes em um SR 745 ajustado para atuar com pick up em 15%, isto é 15% do valor nominal Sec. do TC, Tap 5A terá os seguintes valores:

Ipkp1 = 0,15 . 5 = 0,75 A (corrente de pickup pelo lado primário)

Já se fizermos o teste pelo lado secundário, o valor será:

Ipkp2 = 0,15 .5 . √3 . K (corrente de pickup pelo lado secundário)

Considerando TC's ideal, K=1

Ipkp2 = 0,15 .5 . √3 = 1,3 A

Simulando-se as correntes dos dois lados de forma equilibrada, ou seja, Is = √3 . K . Ip, o relé não deve operar, pois representa ou carga ou um curto totalmente fora da zona. No entanto variando-se o nível de corrente em um dos lados, o relé deverá operar exatamente quando atingir a região de operação da curva de Slope, que para o relé SR745 é dada pela equação:

Slope = 100 . 2 . |Ip' - Is'| / |Ip' + Is'| [%], onde:

Ip' = Corrente na bobina do enr. prim (enr 01), dividido por todos os fatores de correção utilizados para o lado em questão e pelo Tap (5A).
Is' = Corrente na bobina do enr. sec (enr 02), dividido por todos os fatores de correção utilizados para o lado em questão e pelo Tap (5A).

Deve-se lebrar que o relé tem duas curvas de Slope, que muda em Kneepont, conforme a figura VI, a mudança ocorre quando: |Ip' + Is'| / 2 = Kneepoint

Curva de Slope do relé SR745 GE

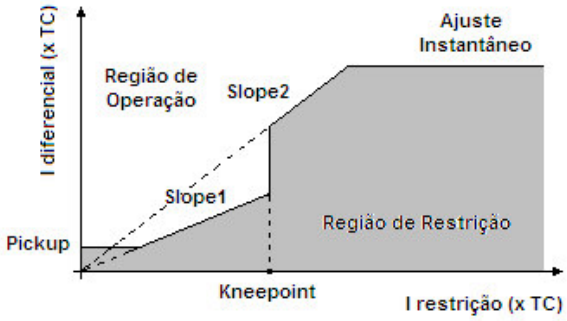


Figura VI - Característica de slope do relé SR745

O raciocínio usado para o trafo do exemplo, pode ser estendido a outros tipos de conexão de transformadores de 02 e 03 enrolamentos. É necessário, entretanto conhecer o relé, a forma de compensação de defasagem utilizada por ele e as curvas de slope que podem variar dependendo do fabricante. Isto é inevitável mesmo tendo todas as fontes de corrente quanto queira em uma caixa. A demonstração acima teve por objetivo mostrar simplesmente que é possível realizar os testes utilizando somente 02 a 03 canais de corrente.

O único detalhe faltando para o usuário proceder o teste é a informação de como injetar as correntes no relé, ou seja, para a falta simulada, quais as fases envolvidas, o que depende do tipo de conexão do trafo protegido. Considerando-se como exemplo um trafo tipo D/y150^{o}, esta indicação informa que a corrente de linha do lado da baixa (lado estrela), de uma determinada fase, está 150° <u>atrasada</u> com relação a corrente de linha da mesma fase do lado da alta (lado delta). Preliminarmente sabe-se que as correntes do secundário estão atrasadas das do primário em 150 graus e que o lado secundário está em Y. No relé será montada uma conexão (matriz) que corrige o defasamento, medindo a corrente do lado estrela e passando por um defasador que avança a fase em 150 graus de modo a ficar em fase com a corrente do primário, na figura VII percebe-se através dos diagramas fasoriais como é montado a defasagem do transformador.

- Ia' no primário deve ser formado por uma contribuição direta das correntes Ib'' menos Ia'';
- Ib' no primário por uma contribuição direta de Ia'' menos Ib'';
- Ic' no primário por uma contribuição direta de Ib'' menos Ic'';

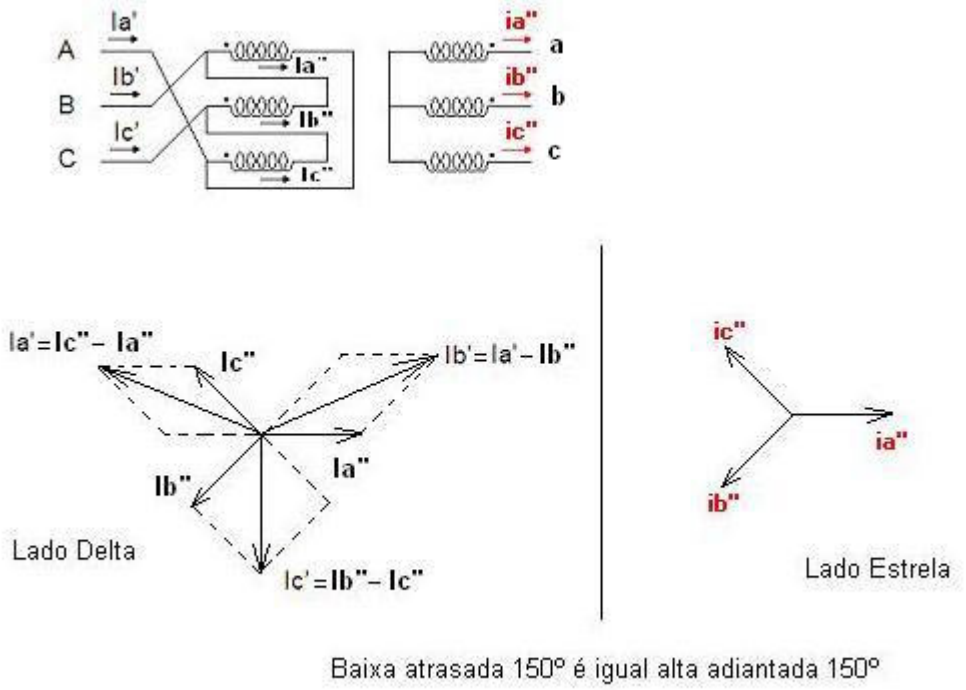


Figura VII - Identificando a conexão dos enrolamentos do transformador

As figuras VIII e IX ilustram como que deve ser feita a compensação pelo relé e o respectivo esquema de teste.

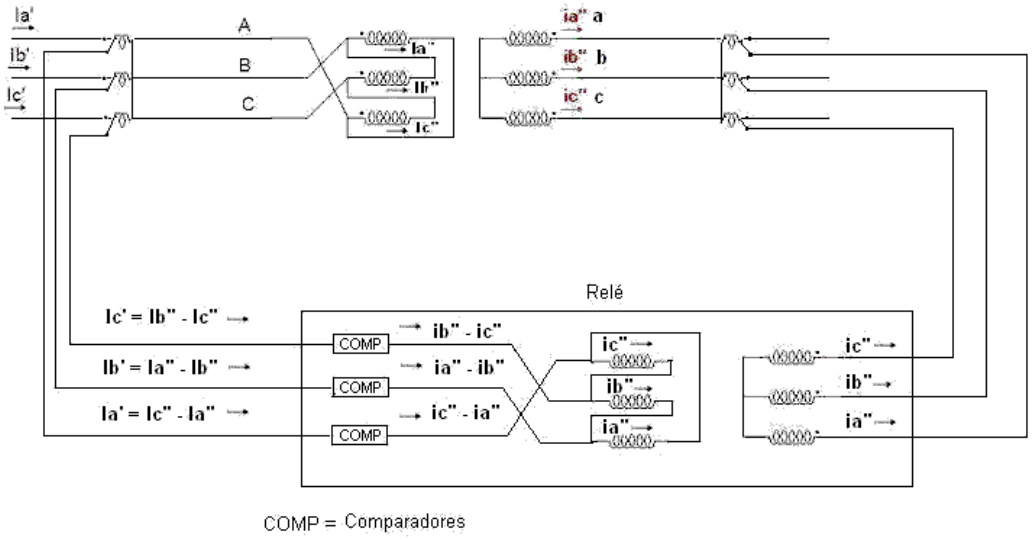


Figura VIII - Esquema de compensação da defasagem pelo relé.

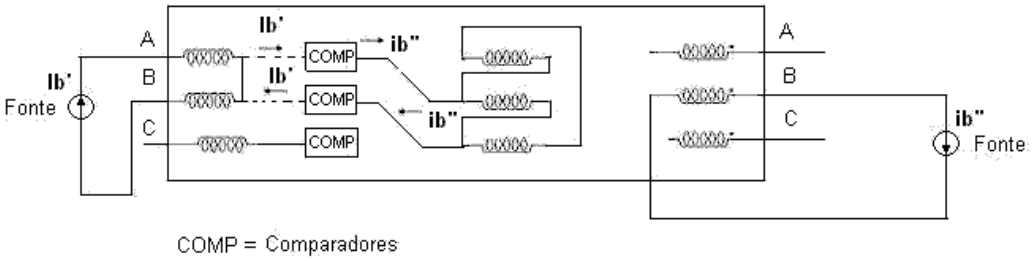


Figura IX - Esquema de teste com duas fontes de corrente.

3- O Software de Teste

Com base na filosofia de teste apresentada, a Conprove desenvolveu um software capaz de automatizar os testes em relés diferencias, utilizando os modelos de caixa de testes trifásicas de fabricação própria. Este software além de realizar testes automáticos nas unidades de proteção diferencial também automatiza os testes nas unidades de sobrecorrente.

3.1- Processo de Cadastro Para a Realização dos Testes

O software trabalha com um banco de dados onde são armazenados os resultados dos testes e as informações cadastradas pelo usuário, referentes aos ajustes de parametrização dos relés. Para processar os teste, o usuário deve primeiro cadastrar no banco de dados, o relé que deseja testar. Uma vez cadastrado, os testes podem então ser processados. As figuras X e XI mostram algumas das telas de cadastro do software.

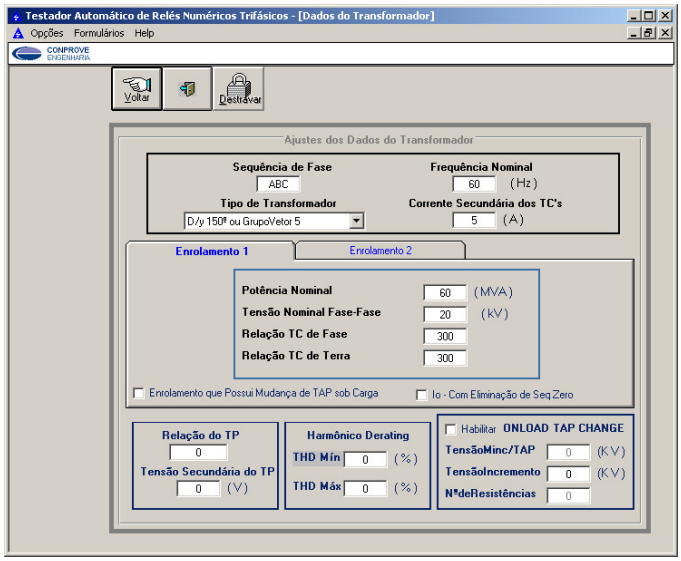


Figura X - Tela de casdastro dos dados do transformador protegido pelo relé.

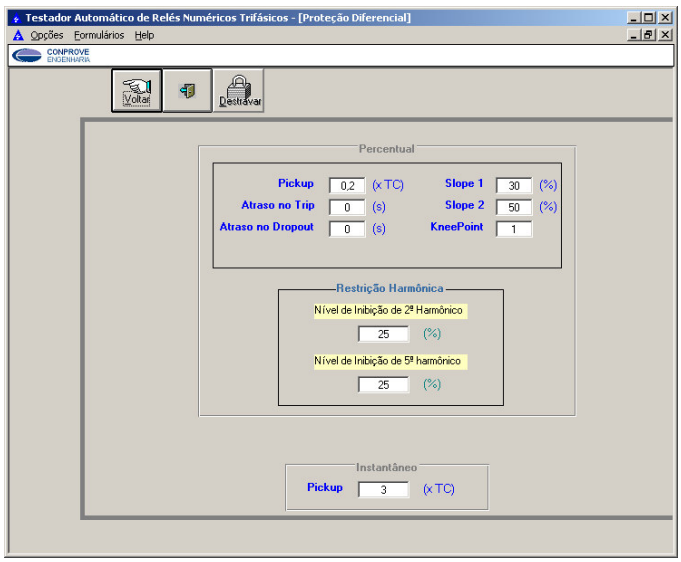


Figura XI - Tela de casdastro dos dados da proteção diferencial do relé

Com o objetivo de facilitar o cadastro dos relés, o software separa o cadastro em duas partes: cadastro dos dados pertinente ao modelo ("Modelos Comerciais de Relés"), comuns à vários relés, e cadastro dos dados específicos à um único relé ("Relés Existentes na Empresa"). Isto porque, numa grande empresa (concessionária, industrias, usinas e etc) sempre existem vários relés do mesmo modelo, conectados em pontos diferentes do sistema elétrico e parametrizados de acordo com as necessidades próprias. No cadastro dos "Modelos Comerciais de Relés", o usuário pode visualizar todos os dados referentes a um determinado modelo de relé, tais como: fabricante, número de fases, tipo de construção, taps e etc, e no cadastro dos "Relés Existente na Empresa", o usuário define as condições de trabalho de um determinado relé, como o local de instalação, e os ajustes de parametrização do relé. Para cadastrar um relé como sendo um relé da empresa, os dados do modelo do relé deve necessariamente estar cadastrados em "Modelos Comerciais de Relés". Desta forma, ao definir o modelo do relé no cadastro dos "Relés Existente na Empresa", todas as gamas de valores de ajuste do referido modelo são disponibilizadas ao relé cadastrado. Assim, todos os ajustes de parametrização do relé devem respeitar as faixas de ajuste impostas pelos dados cadastrado no modelo.

3.2- O Processo de Testes

Os testes são chamados a partir da tela de cadastro dos relés existente na empresa. Para processar os testes, o relé da empresa selecionado deverá estar devidamente cadastrado. Ao pressionar o botão testar da barra de ferramentas, aparecerá uma tela onde é feita a identificação do funcionário responsável. Feita a identificação, a tela de seleção dos testes, aparecerá. Ver figura XII abaixo:

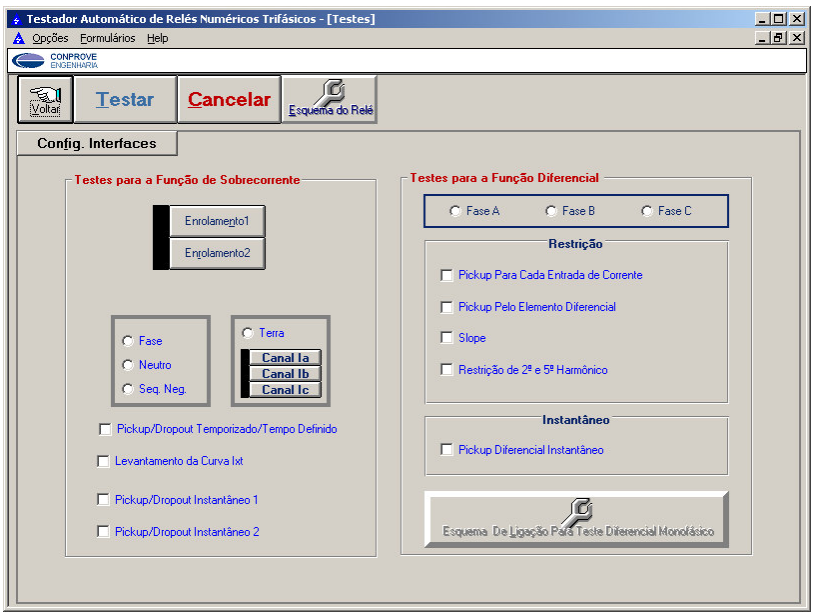


Figura XII - Tela de seleção de Testes

Nela, o usuário seleciona os testes que deseja processar sobre o relé e, estando o relé devidamente conectado, processa os testes.

Os testes da unidade diferencial são feitos avaliando-se separadamente cada fase. Com esta filosofia de teste, para um relé diferencial de dois enrolamentos são necessários dois canais de corrente. Para um relé de três enrolamentos, três canais de corrente. Os canais de geração de corrente da caixa de teste, Ia, Ib e Ic, nesses testes, são sempre conectados, respectivamente, as bobinas dos enrolamentos 1, 2 e 3.

No teste da unidade diferencial são testados:

- Pickup da proteção diferencial percentual, para cada enrolamento;
- Restrição de 2ª e 5ª ordem harmônica;
- Levantamento da característica de Slope;
- Pickup da unidade diferencial instantânea.

Conforme vimos anteriormente, a conexão depende da fase testada e do esquema de ligação do transformador protegido pelo relé, cujos dados são cadastrados junto ao relé existente na empresa. De acordo com a fase selecionada, a partir da tela de seleção dos testes, o usuário poderá visualizar o esquema de conexão dos canais de corrente da caixa de teste às respectivas fases de cada enrolamento, em outras palavras, o software informa para o usuário como deve ser feita a conexão para o teste. A figura XIII mostra o esquema de ligação considerando a proteção diferencial de um transformador Dy150°.

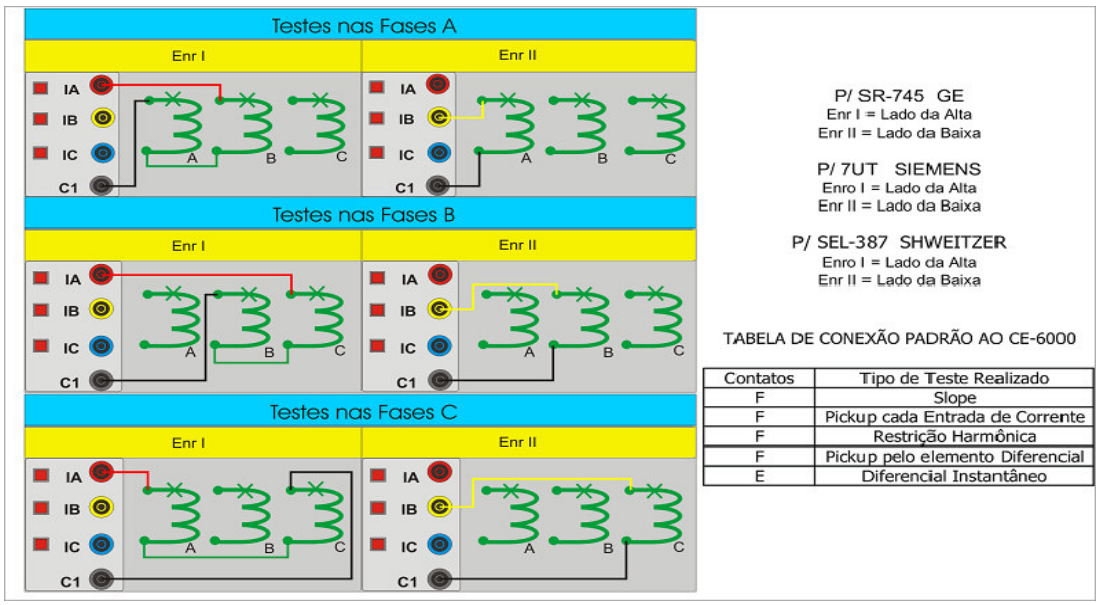


Figura XIII - Esquema de conexão da caixa de teste ao relé, de acordo com o transformador protegido, informado pelo software. Neste exemplo Dy150°.

3.3 - Resultados dos Testes

Os resultados dos testes são armazenados no banco de dados, podendo ser analisados quando o usuário desejar. O software permite a impressão dos resultados (relatórios). A exemplo disto, colocamos em anexo no final deste artigo alguns exemplos de relatório de testes feitos pelo software:

- ANEXO A: Relatório de teste realizado num relé SEL 387 da **Schweitzer**
- ANEXO B: Relatório de teste realizado num relé 7UT da **Siemens**
- ANEXO C: Relatório de teste realizado num relé SR 745 da **GE**

4 - Conclusões

Este trabalho apresenta uma sistemática que viabiliza a realização de testes monofásicamente em relés numéricos trifásicos. A contribuição vem no sentido de propor uma alternativa para que os testes nestes relés não necessitem seis correntes. A principal vantagem para os usuários é a redução dos investimentos em instrumentos de testes, dispensando as caixas hexafásicas que são normalmente de maior custo. Como demonstrado os testes em relés trifásicos em transformadores de dois enrolamentos podem ser feitos com 02 correntes e os de 03 enrolamentos com 03 correntes. O trabalho suporta a metodologia proposta com resultados de testes em reles comerciais.

Bibliografia

(1) Souto, W. A. Desenvolvimento de um equipamento computadorizado para testes em instrumentos elétricos. Dissertação de Mestrado, UFU, 1997

(2) RESENDE, J. W.; Pereira, P. S.; Pereira, O. R. M.; Lourenço, G E. Automação de Testes em Relés Numéricos. XVI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica; 2001

(3) Martins, M. P., Uma Contribuição ao Desenvolvimento de Equipamentos Computadorizados para Testes em Relés de Proteção. Dissertação de Mestrado UFU, 1997

ANEXO A

CE-6000
Conprove Indústria e Comércio

Relatório de Teste Automático - Diferencial Fase A

Nº do Teste: 562

Responsável: Paulo Sergio Pereira
Setor: Desenvolvimento

Dados do Relé:

Nº de Identif.: SEL387 **Local de Inst.:** Conprove
Modelo: SEL387 **Fabricante:** Schweitzer

Corrente Sec. do TC [A]: 5
Aj. Pick-up Dif. Perc. (xTC): 0,2
Aj. Pick-up Dif. Inst. (xTC): 5
Slope1 [%]: 30
Slope2 [%]: 40
Kneepoint: 2
Restrição 2º Harm: 20
Restrição 5º Harm: 30

Tipo de Trafo: W1CTC: 01, W2CTC: 04 ,W1CT: Y ,W2CT: Y
Potência Enr. 01 [MVA]: 200 **Tensão Enr. 01 [KV]:** 138 **Rel. TC Fase Enr. 01:** 200
Potência Enr. 02 [MVA]: 200 **Tensão Enr. 02 [KV]:** 69 **Rel. TC Fase Enr. 02:** 400

Resultado do Teste de Pick-UP p/ Cada Entrada de Corrente:

	Enr 01	Enr 02
Pkp Teórico [A]	1,45	0,84
Pkp Medido [A]	1,47	0,86
Erro %	-1,53	-2,19

Resultado do Teste de Pick-UP pelo Elemento Diferencial:

Pkp Teórico [A]: 1,14
Pkp Medido [A]: *1,17*
Erro % [A]: *-2,14*

Resultado do Teste de Restrição de 2º Harm.:

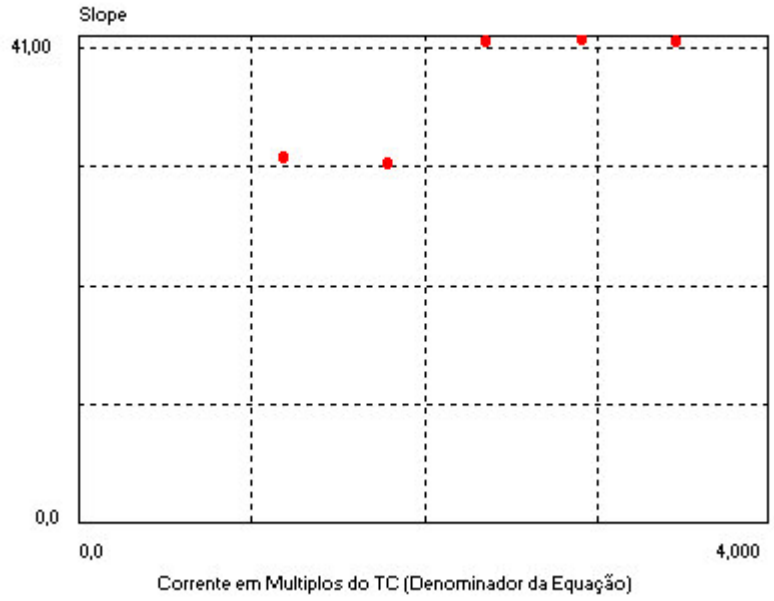
	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	19,99	22,90
Erro %	0,03	-14,49

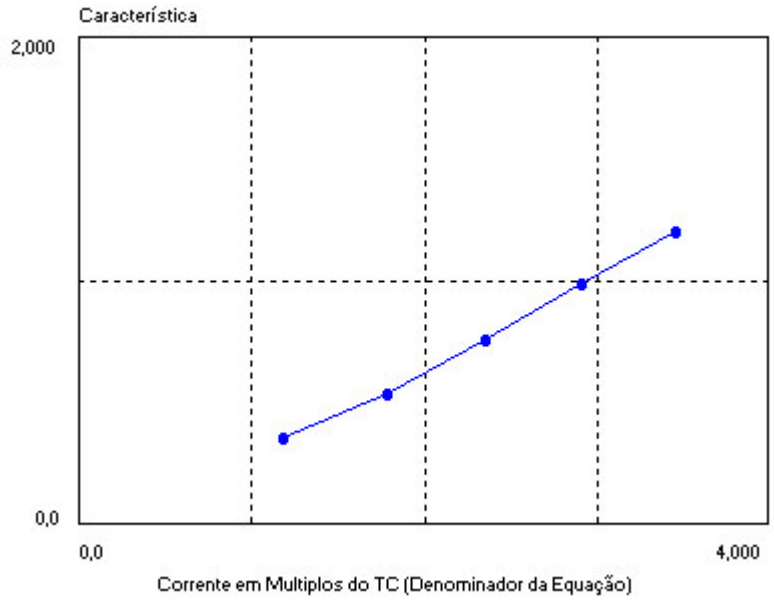
Resultado do Teste de Restrição de 5º Harm.:

	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	30,21	30,91
Erro %	-0,70	-3,04

Resultado do Teste de Slope:

Denom: *1,18* **Slope Med. [%]:** *30,86*
Denom: *1,78* **Slope Med. [%]:** *30,45*
Denom: *2,36* **Slope Med. [%]:** *40,70*
Denom: *2,91* **Slope Med. [%]:** *40,79*
Denom: *3,46* **Slope Med. [%]:** *40,73*





ANEXO B

CE-6000
Conprove Indústria e Comércio

Relatório de Teste Automático - Diferencial Fase B

Nº do Teste: 566

Responsável: Paulo Sergio Pereira
Setor: Desenvolvimento

Dados do Relé:

Nº de Identif.: 2F01 **Local de Inst.:** CLIENTE
Modelo: 7UT51 **Fabricante:** Siemens

Corrente Sec. do TC [A]: 5
Aj. Pick-up Dif. Perc. (xTC): 0,2
Aj. Pick-up Dif. Inst. (xTC): 3
Slope1 [%]: 30
Slope2 [%]: 50
Kneepoint: 1
Restrição 2º Harm: 25
Restrição 5º Harm: 25

Tipo de Trafo: Y/d 150º ou GrupoVetor 5
Potência Enr. 01 [MVA]: 60 **Tensão Enr. 01 [KV]:** 20 **Rel. TC Fase Enr. 01:** 300
Potência Enr. 02 [MVA]: 60 **Tensão Enr. 02 [KV]:** 10 **Rel. TC Fase Enr. 02:** 600

Resultado do Teste de Pick-UP p/ Cada Entrada de Corrente:

	Enr 01	Enr 02
Pkp Teórico [A]	1,16	2,00
Pkp Medido [A]	1,17	1,99
Erro %	-1,05	0,34

Resultado do Teste de Pick-UP pelo Elemento Diferencial:

Pkp Teórico [A]: 1,58
Pkp Medido [A]: *1,63*
Erro % [A]: *-3,13*

Resultado do Teste de Restrição de 2º Harm.:

	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	23,09	17,26
Erro %	7,64	30,96

Resultado do Teste de Restrição de 5º Harm.:

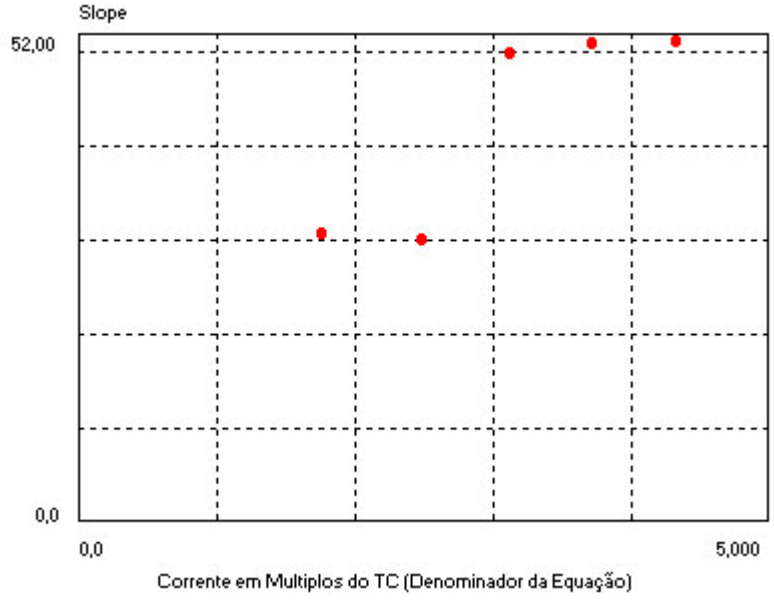
	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	22,20	21,28
Erro %	11,19	14,86

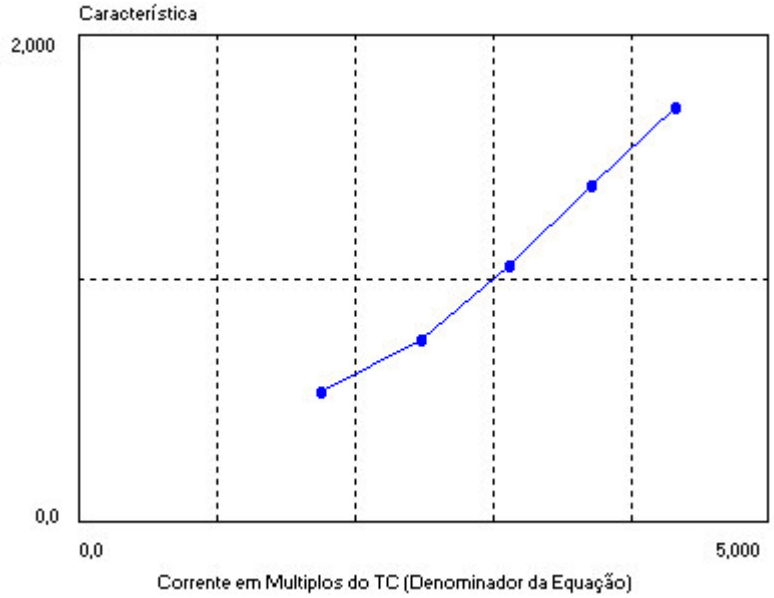
Resultado do Teste de Pick-UP do Instantâneo:

Pkp Teórico [A]: 17,34
Pkp Medido [A]: *17,40*
Erro % [A]: *-0,36*

Resultado do Teste de Slope:

Denom: *1,75* **Slope Med. [%]:** *30,86*
Denom: *2,48* **Slope Med. [%]:** *30,27*
Denom: *3,11* **Slope Med. [%]:** *50,17*
Denom: *3,72* **Slope Med. [%]:** *51,08*
Denom: *4,32* **Slope Med. [%]:** *51,34*





ANEXO 3

CE-6000
Conprove Indústria e Comércio

Relatório de Teste Automático - Diferencial Fase A

Nº do Teste: 231

Responsável: Paulo Sergio Pereira
Setor: Desenvolvimento

Dados do Relé:

Nº de Identif.: SR745 **Local de Inst.:** CONPROVE
Modelo: SR745 **Fabricante:** GE

Corrente Sec. do TC [A]: 5
Aj. Pick-up Dif. Perc. (xTC): 0,15
Aj. Pick-up Dif. Inst. (xTC): 3
Slope1 [%]: 20
Slope2 [%]: 50
Kneepoint: 1,5
Restrição 2º Harm: 15
Restrição 5º Harm: 15

Tipo de Trafo: Y/d 30º ou GrupoVetor 1
Potência Enr. 01 [MVA]: 15 **Tensão Enr. 01 [KV]:** 138 **Rel. TC Fase Enr. 01:** 20
Potência Enr. 02 [MVA]: 15 **Tensão Enr. 02 [KV]:** 69 **Rel. TC Fase Enr. 02:** 60

Resultado do Teste de Pick-UP p/ Cada Entrada de Corrente:

	Enr 01	Enr 02
Pkp Teórico [A]	1,30	0,50
Pkp Medido [A]	1,27	0,52
Erro %	2,46	-3,24

Resultado do Teste de Pick-UP pelo Elemento Diferencial:

Pkp Teórico [A]: 0,90
Pkp Medido [A]: *0,94*
Erro % [A]: *-4,79*

Resultado do Teste de Restrição de 2º Harm.:

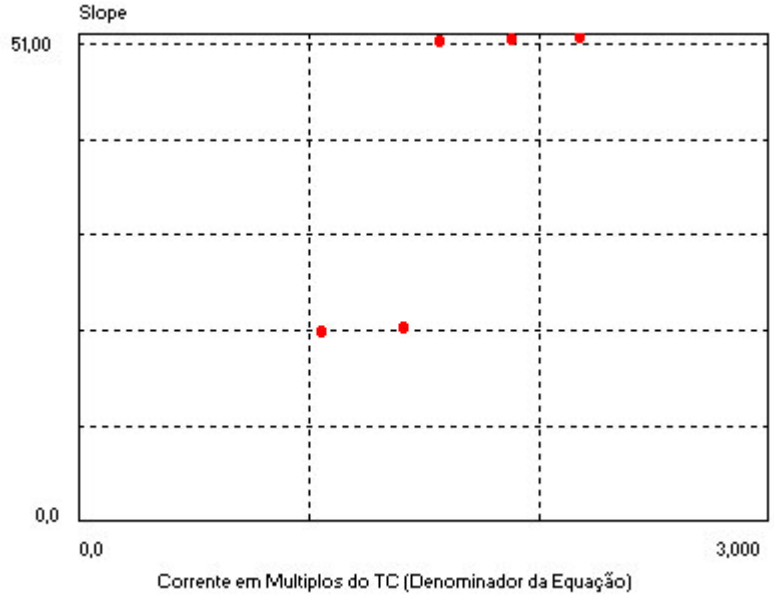
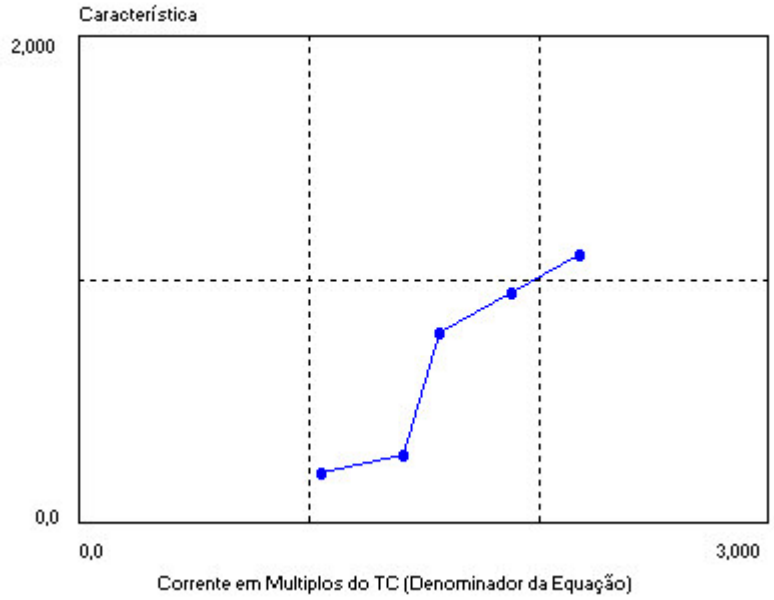
	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	14,13	13,72
Erro %	5,77	8,55

Resultado do Teste de Restrição de 5º Harm.:

	Enr 01	Enr 02
Restr. Medida %	14,01	13,40
Erro %	6,58	10,65

Resultado do Teste de Pick-UP do Instantâneo:

Pkp Teórico [A]: 17,98
Pkp Medido [A]: *18,08*
Erro % [A]: *-0,56*

Resultado do Teste de Slope:

Denom: *1,05* **Slope Med. [%]:** *20,08*
Denom: *1,41* **Slope Med. [%]:** *20,44*
Denom: *1,56* **Slope Med. [%]:** *50,43*
Denom: *1,88* **Slope Med. [%]:** *50,49*
Denom: *2,18* **Slope Med. [%]:** *50,72*