

**GRUPO - GGH**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA- GGH**

## RECOMENDAÇÕES PARA ELIMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE FLUXOS DISPERSOS NA MEDIÇÃO DAS CORRENTES ESTATÓRICAS DE GERADORES

**José Arinos Teixeira Junior(\*)** **Marcio Rot Sans** **Signie Laureano França Santos** **Pedro Massanori Sakuma**  
**LACTEC** **LACTEC** **LACTEC** **Copel GeT**

## RESUMO

Na utilização de TC's para geradores de Usinas Elétricas com correntes estatóricas acima de 10 000 A, tem-se observado, em alguns casos, a existência de erros excessivos devido à existência de fluxos dispersos e/ou parasitas atuantes tanto em TC's para serviço de medição como para serviço de proteção. No caso da medição, os erros de medida podem significar grandes perdas às empresas geradoras de energia, enquanto que no caso de serviço de proteção, a atuação indevida da proteção diferencial pode significar prejuízos e transtornos para a concessionária. Este artigo apresenta os resultados de ensaios e de simulações computacionais da influência do fluxo parasita no regime de trabalho dos TC's que serviram de base para a elaboração de recomendações de comissionamento, instalação e/ou fabricação. Também foi fruto de P&D contratado pela Copel Geração e Transmissão junto ao Lactec, intitulado: Projeto 6491-019-2007 – “Estudo do TC's de alta corrente instalados em barramentos de hidrogeradores”.

## PALAVRAS-CHAVE

Transformador para Instrumentos, Transformador de Corrente, Ensaio de Exatidão, Fluxo Disperso, Fluxo Parasita, Campo Magnético

## 1.0 - INTRODUÇÃO

O presente estudo teve sua origem na atuação errônea de rele diferencial de hidrogerador de 333 MVA de uma das usinas da COPEL e de observações e experiências já realizadas anteriormente pelos autores. [Sakuma, 2006]. A zona de proteção do rele é definida como sendo a região entre os TC's instalados no fechamento do neutro até os TC's instalados na saída trifásica do gerador, devendo atuar apenas para defeito interno no gerador. Contudo, observou-se que o mesmo atuava para eventos em SE distante 90 km da usina. Por exemplo, quando havia religamento monopolar de disjuntor. Nada de irregular foi encontrado em inspeções no conjunto turbina/gerador.

Várias investigações foram realizadas para solucionar o problema, revisão do projeto e documentação relativa a proteção diferencial do gerador, revisão de circuitos e cabeamentos, ensaios nos reles e medições de corrente nas saídas dos TC's no gerador. Um problema foi observado nas correntes medidas no lado de saída de fase e do lado de neutro de um determinado gerador que apresentavam valores diferentes e perceptíveis. Embora no lado de neutro o TC instalado fosse para serviço de proteção, aparentemente a diferença era inexplicável, pois uma diferença percentual aparecia em regime permanente e em boa faixa de medição. Em ensaios de exatidão nos TC's, realizados em 1999 no LACTEC, foi medido um erro máximo de 16% para uma corrente de 14 kA, com o TC situado a 15 cm do cotovelo de 90° do barramento, sendo que este erro diminuía quando se afastava o TC do cotovelo. Esta distância era aproximadamente igual a encontrada para os TC's no fechamento do neutro do gerador no campo.

A solução do problema envolveu a troca dos reles diferenciais por outros que permitissem compensação do erro introduzido pelos TC's. Modificação na geometria dos barramento seria uma outra solução, mas na prática, aumentar o espaço disponível no local do fechamento do neutro do gerador envolveria elevados custos de execução para quebrar as paredes de concreto do nicho do gerador. Após esta providência, não tem se observado atuação do rele diferencial para eventos fora da zona de proteção.

No que concerne os TC's para serviço de medição, havia suspeitas que eles pudessem apresentar o mesmo problema em uma escala ainda maior. Eles são utilizados para medir a energia bruta fornecida pelo gerador, em especial o reativo Mvarh, objeto da resolução homologatória 1097/2010 da ANEEL (R\$ 4,44/Mvarh). Erros nestas medidas podem significar grandes prejuízos para as empresas de geração de energia.

A finalidade do estudo foi avaliar os desvios apresentados pelos TC's toroidais de diversas usinas da Copel em situação em que os mesmos fossem submetidos a fluxo disperso/parasita da própria corrente sendo medida, ou seja, a corrente de retorno. Isto ocorre no fechamento do neutro no gerador, quando o barramento após passar pela janela de medição do TC forma um cotovelo de 90° para completar o circuito, a uma certa distância do núcleo ferromagnético. O estudo foi composto das seguintes etapas:

- Circuitos de Teste de Alta Corrente
- Ensaio de Exatidão
- Simulação Computacional
- Recomendações/Conclusões

## 2.0 - DESENVOLVIMENTO

Na literatura podemos encontrar vários estudos relativos a influência de fluxos dispersos provocados por corrente de retorno ou fluxos parasitas causados por corrente adjacente de uma outra fase. O fluxo parasita não apresenta problemas se você está medindo centenas de A. Acima de 1 kA, o campo adjacente das correntes das outras fases começa afetar o núcleo magnético do transformador de corrente em questão. Mas quando se trata de dezenas de kA, é essencial blindar o TC dos campos das fases adjacentes. Na faixa de MA, pode ser impossível blindar os TC's neste tipo de configuração. [Seely, 1970]

O fluxo parasita aparece se o núcleo de um transformador de corrente feito de material magnético de alta permeabilidade estiver no campo de um ou mais condutores de corrente externos ao núcleo. Qualquer fluxo devido a uma fonte externa é usualmente denominado fluxo parasita (*stray flux*) mesmo que este seja proveniente do condutor de retorno da corrente primária. Como o condutor de retorno é parte do enrolamento primário do TC, poderia ser dito que o termo correto fosse fluxo de dispersão ou disperso (*leakage flux*).

O fluxo parasita pode estar relacionado ao fluxo de trabalho por um ângulo de fase qualquer, ele pode ser de diferente frequência ou DC. Mas a fonte de fluxo parasita mais importante na prática são as linhas adjacentes de corrente em um sistema trifásico e o condutor de retorno do primário. O caminho do fluxo parasita é parcialmente no ar e parcialmente no ferro, como esquematizado na figura 1. Quando este penetra no núcleo do transformador de corrente, ele se divide em dois caminhos paralelos e se concatena com seções do enrolamento secundário associadas com estas partes do núcleo em sentidos opostos, de modo que não induz nenhuma tensão de saída nos terminais do enrolamento secundário.

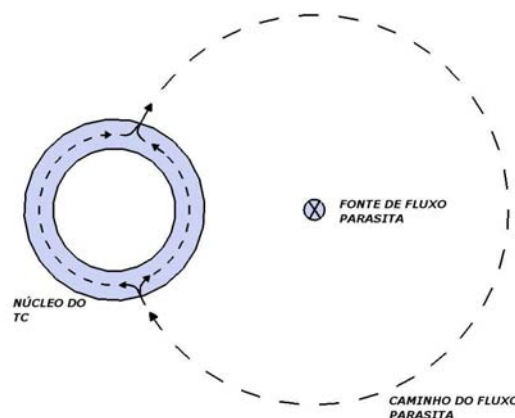


FIGURA 1 - Caminho do fluxo, parte no ar e parte no ferro.

Se o fluxo parasita estiver na mesma frequência do fluxo de trabalho, os dois se somam vetorialmente, dependendo da diferença de fase entre eles, e a 180 graus de diferença de fase considerando o outro ramo paralelo do fluxo no núcleo. Portanto, se o fluxo parasita se soma diretamente com o fluxo de trabalho em um lado do núcleo, ele diretamente se subtrai do fluxo de trabalho no lado oposto. O efeito líquido é que o fluxo causa em

diferentes partes do núcleo carregar ou conter diferentes quantidades de fluxo. Se o fluxo parasita é pequeno, o efeito dele pode ser negligenciável na precisão de medição de um TC. Efeitos detrimenais, como regra, aparecem somente se a parte mais carregada do núcleo começa saturar, resultando em um grande aumento da corrente de magnetização. Quando parte do núcleo estiver completamente saturado, proporcionalidade entre a corrente primária e secundária estará perdida. [Seely, 1970]

Os TC's objetos deste estudo vierem de 3 usinas da COPEL, todas com geradores acima de 300 MVA. Eles são para serviço de medição (4 pçs) e para serviço de proteção (3 pçs). Um dos TC's para serviço de medição possui enrolamentos de compensação para blindar o fluxo disperso e/ou parasita. A idéia é submeter os objetos a correntes iguais àquelas que eles são submetidos em campo, ou seja, acima de 10.000 A, variando a distâncias do TC até o cotovelo de 90°, avaliando a exatidão do mesmo, por comparação com um TC de referência. Na tabela 1, apresentamos detalhes dos objetos de teste.

TABELA 1 - Transformadores de Corrente ensaiados.

Usina	Fab.	Serviço	ns.	Relação	Classe	Compensado
A	A	Medição		20000/5	0,3C50	Não
		Proteção		20000/5	10B200	Não
B	B	Medição	91T2240	16000/5	0,3C50	Não
		Medição		16000/5	0,3C50	Não
		Proteção	91T2269	16000/5	10B200	Não
C	C	Medição	97G2942	15000/5	0,3C50	Sim
		Proteção	97M2939	15000/5	10B200	Não

## 2.1 Circuitos de teste de alta corrente

Inicialmente, foram testados vários circuitos com geometria diferentes para avaliar a capacidade da fonte de alta corrente de suprir uma corrente a maior possível para a finalidade do estudo. Foram propostos 4 circuitos, em forma de quadrado, variando as dimensões e o número de barras que compõe cada lado. A finalidade do ensaio é medir a impedância série  $Z=R+j\omega L$  de cada um dos circuitos de ensaio. A principal grandeza que limita o valor da corrente aplicada pela fonte é a indutância, pois a resistência ôhmica é bem pequena devido ao número de barramentos utilizados. Ver figura 2 a seguir.

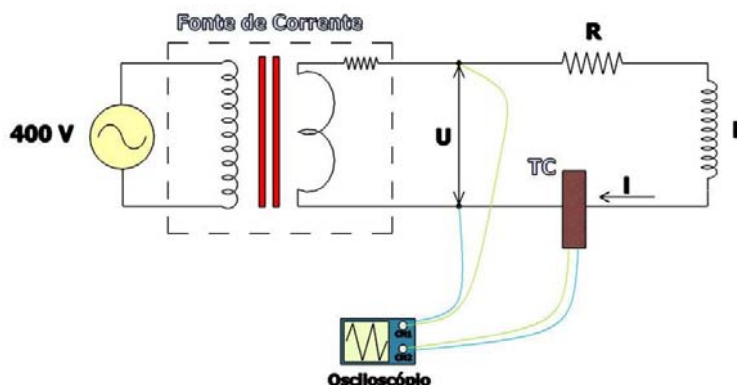


FIGURA 2 – Circuito para medição da impedância dos circuitos de teste.

Através do método tensão/corrente é efetuada a medição das formas de onda das grandezas tensão  $U$ , corrente  $I$  e do ângulo  $\phi$  entre  $U$  e  $I$  através de um oscilógrafo. A impedância  $Z$ , resistência  $R$  e a indutância  $L$  do circuito são facilmente calculadas. Os resultados obtidos são mostrados na tabela 2.

TABELA 2 – Resultados da medição da impedância dos circuitos de teste.

Circuito	Dimensões	nº de	U	I	Ângulo $\phi$		Z	R	L	I máx.
	L1 x L2	barras								
	[m]	paralelo			[ms]	[°]				
A	3x3	6	14,152	5898	3,52	76,03	2,40	0,58	1,54	9
B	2x2	3	9,787	5909	3,63	78,41	1,66	0,33	0,88	12
C	3x3	1	18,492	5962	3,46	74,73	3,10	0,82	2,17	6
D	1,5x1,5	2	7,444	6059	3,54	76,46	1,23	0,29	0,76	14

Os resultados indicam que o circuito D é o que permite a uma aplicação da maior corrente, pois é o mais compacto em dimensões, mas limita as distâncias do objeto de teste ao cotovelo de 90°. O circuito B permite uma alta corrente também, porém com as dimensões maiores, logo, foi escolhido.

## 2.2 Ensaios de exatidão em TC's sujeitos a influência do fluxo disperso

A finalidade do ensaio é medir o erro percentual e o ângulo de fase em TC's de alta corrente para verificar a influência do fluxo disperso causado por corrente de retorno a 90°, ver figura 3. Quanto mais próximo estiver o TC do cotovelo, maior será o fluxo disperso que o núcleo do transformador de corrente estará submetido, podendo causar deterioração do desempenho do TC em relação aos erros. As seguintes condições foram usadas:

- Intensidade da Corrente "I": 6, 9, 12 kA
- Distância do TC ao cotovelo 90° "d": 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 cm
- Carga no secundário do TC sob teste: em vazio e com 50 VA
- Circuito de teste: B com  $L1 = L2 = 2$  m

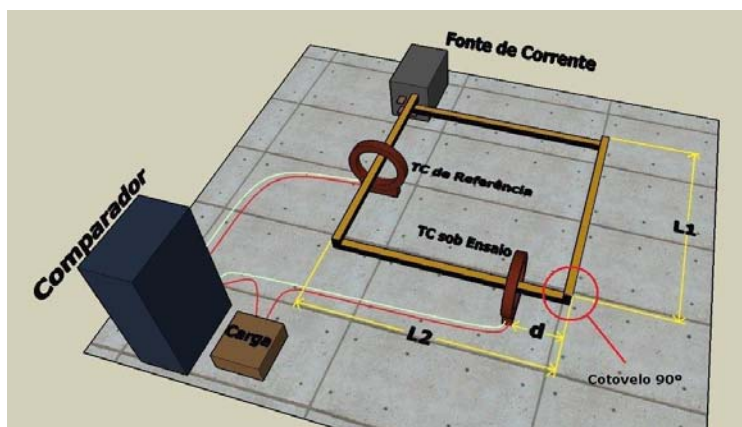


FIGURA 3 – Circuito do Ensaio de Exatidão.

### 2.2.1. Transformadores de corrente para serviço de medição

Os resultados para os transformadores de corrente para serviço de medição são apresentados na figura 4 para carga de 50 VA no secundário. Os resultados para carga de 0 VA são similares.

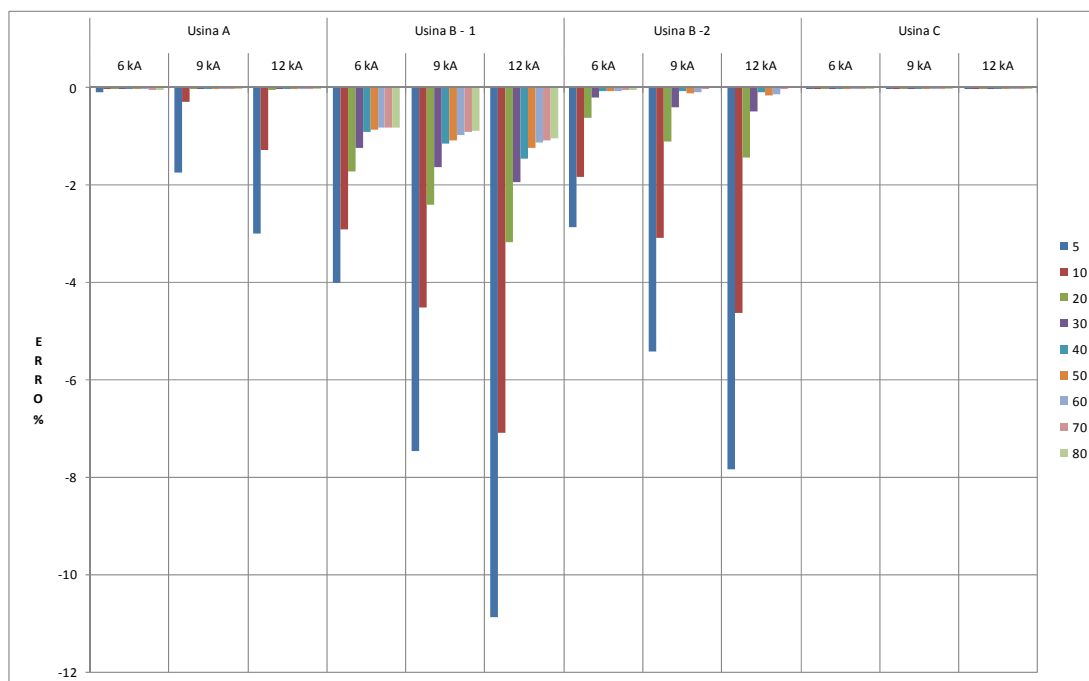


FIGURA 4 – Resultados para os TC's de Medição – Carga de 50 VA no secundário – Legenda "d" em cm.

Observamos o que segue:

**TC da Usina A:** Por ser um TC de 20000/5 A, a corrente de 12 kA representa 60% da corrente nominal. Podemos observar que o efeito no erro causado pelo fluxo disperso começa a aparecer em 9 kA e aumenta em 12 kA, isto para as duas distâncias mais próximas ao objeto, ou seja, 5 e 10 cm. Para as outras distâncias, o efeito é desprezível. Provavelmente, com correntes de teste maiores, o efeito seria maior e poderia aparecer em outras distâncias também, como por exemplo, 20 e 30 cm. O maior valor do erro encontrado foi para a distância de 5 cm, sendo da ordem de -3%, ou seja, 10 vezes maior que o erro admissível de  $\pm 0,3\%$ .

**TC's da Usina B:** Foram ensaiadas 2 amostras de relação 16000/5 A, sendo que a corrente de 12 kA representa 75% da corrente nominal. No primeiro objeto, o efeito no erro causado pelo fluxo disperso começa a aparecer em 6 kA com valores expressivos de -4%, chegando a valores de -11% em 12 kA para a distância de 5 cm. O erro diminui e se estabiliza para distâncias maiores que 60 cm. O segundo TC apresenta valores melhores, mas tem comportamento similar ao primeiro, com erro máximo de aproximadamente -8% para distância de 5 cm.

**TC da Usina C:** Por ser um TC de 15000/5 A, a corrente de 12 kA representa 80% da corrente nominal. Podemos observar que o efeito no erro causado pelo fluxo disperso é inexistente. Os valores de erro% obtidos nos ensaios não mostrou qualquer variação quando se aproximava o TC do cotovelo 90°. Este comportamento provou a eficácia dos enrolamentos de compensação para blindar o fluxo parasita.

## 2.2.2. Transformadores de corrente para serviço de proteção

Os resultados para os transformadores de corrente para serviço de proteção são apresentados na figura 5 para carga de 50 VA no secundário. Os resultados para carga de 0 VA são similares.

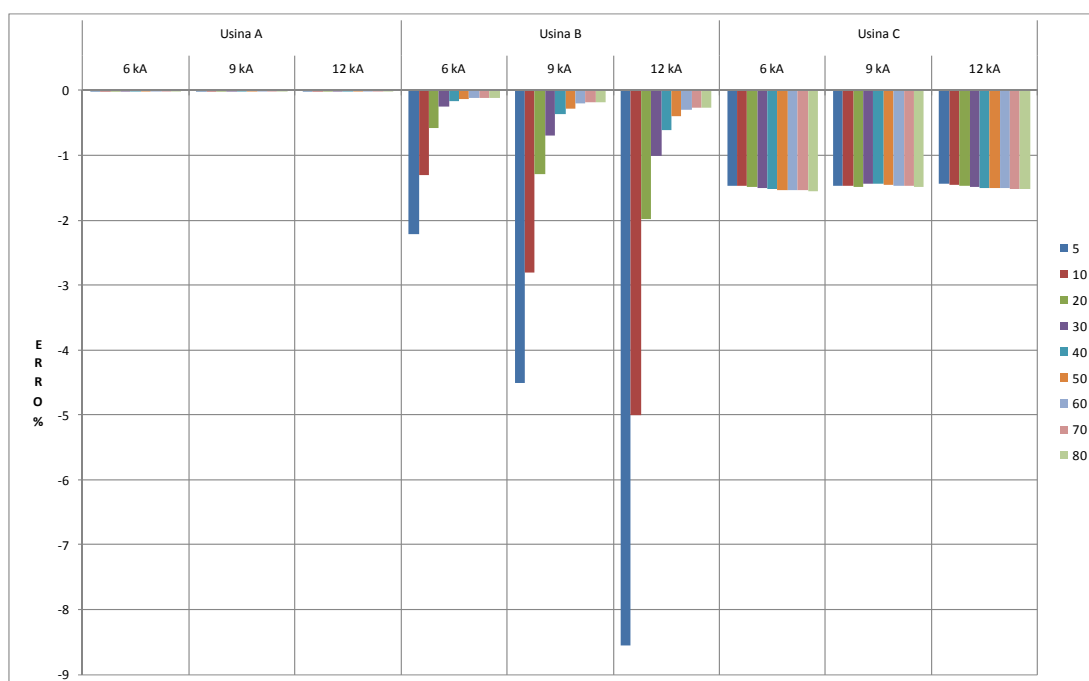


FIGURA 5 – Resultados para os TC's de Proteção – Carga de 50 VA no secundário – Legenda "d" em cm.

Os resultados indicam o seguinte:

**TC da Usina A:** Por ser um TC de 20000/5 A para serviço de proteção, o mesmo não deverá apresentar erros na relação devido ao fluxo disperso para correntes  $\geq 12$  kA, pois são projetados para não saturar até  $20 \cdot I_n$ , ou seja, 400 kA neste caso. De fato, nenhum efeito no erro de relação foi observado neste objeto, o qual apresentou erro constante, para as correntes e distâncias ensaiadas, de valor dentro da faixa de  $\pm 0,3\%$ .

**TC da Usina B:** Da mesma maneira, este TC não deve apresentar erros na relação devido ao fluxo disperso para correntes  $\geq 12$  kA. Contudo não foi o que observamos. Já para 6 kA, um erro da ordem de -2% foi medido na distância de 5 cm, aumentando até aproximadamente -8% para 12 kA. O erro diminui para valores aceitáveis em distâncias maiores que 50/60 cm. Este equipamento apresentou um desempenho similar as unidades de medição.

**TC da Usina C:** Por ser um TC de 15000/5 A para serviço de proteção, o mesmo não deverá apresentar erros na relação devido ao fluxo disperso para correntes  $\geq 12$  kA, pois são projetados para não saturar até  $20 \cdot I_n$ , ou seja, 300 kA neste caso. De fato, nenhum efeito no erro de relação foi observado neste objeto, o qual apresentou erro constante, para as correntes e distâncias ensaiadas, de valor da ordem de -1,5%, ou seja, resultado esperado.

## 2.1 Simulações computacionais

Com o intuito de comprovar os resultados encontrados nos ensaios em laboratório foram realizadas simulações computacionais para verificar a influência de fluxo parasita no fluxo de trabalho dos transformadores de corrente. Através de uma licença de demonstração do aplicativo *Comsol Multiphysics®*, que utiliza o método dos elementos finitos para resolver problemas de fenômenos físicos, químicos e de engenharia. Estas simulações estão em seu estágio inicial, sendo que foram realizadas para verificar a influência de fluxos oriundos de corrente de retorno a 90° com corrente de valor 1000 A, 60 Hz.

### 2.3.1. Influência de fluxos oriundos de cotovelos de 90°

A simulação da influência de fluxo parasita oriundo de cotovelo de 90° foi feita para um material cuja curva BxH é apresentada na figura 6-a. Na figura 6-b, podemos ver o núcleo ferromagnético do TC disposto em duas posições distintas, uma próxima ao cotovelo de 90° e outra afastada. É aplicada uma corrente ao barramento, estabelecendo um fluxo magnético no núcleo. No núcleo a direita vemos uma situação onde o fluxo se distribui igualmente no plano XY e para cada seção transversal (direção Z) do núcleo em toda a sua circunferência, porém, para o núcleo a esquerda, temos regiões saturadas do fluxo, demonstradas pelas cores mais escuras, comprovando o efeito do fluxo parasita.

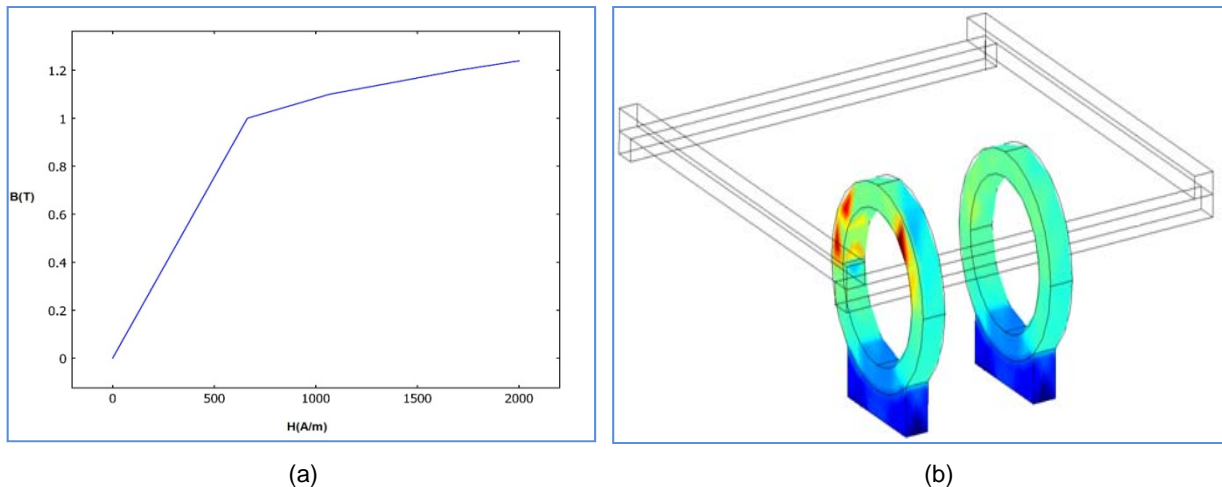


FIGURA 6 – (a) Curva de magnetização BxH do ferro macio sem perdas utilizada nas simulações, (b) Simulação de fluxo para instante de tempo “t” a 10 cm e 100 cm do cotovelo.

Para melhor compreender o fenômeno qualitativamente, apresentamos algumas ilustrações do fluxo magnético no núcleo toroidal em várias situações.

Na figura 7 - (a), temos um corte no plano XY mostrando a situação ideal, onde só existe a corrente  $I$  circulando no barramento centrado na janela de medição do TC. O fluxo magnético está confinado no núcleo magnético e distribuído com o mesmo padrão no plano XY e para cada seção transversal na direção Z que queiramos. Na figura 7 - (b) aplicamos a corrente  $I$  no barramento da direita, sem corrente na janela de medição. Podemos verificar que as linhas de campo devido a corrente no barramento externo se estabelecem no núcleo com uma distribuição diferente para cada região do plano XY do núcleo e para cada seção transversal na direção Z, sendo mais concentradas na região do núcleo próxima ao barramento externo.

Na figura 7 - (c) e (d) temos a soma dos dois fluxos, o de trabalho, representado por (a) e o parasita, representado por (b). Este pode ser combinado em fase ou defasado em 180°. O efeito do fluxo parasita é, então, imediatamente perceptível, onde em (c) temos uma concentração maior na região do núcleo próxima ao condutor adjacente e em (d), o inverso, onde uma concentração maior ocorre no lado oposto.

## 3.0 - CONCLUSÃO

Nos casos de transformadores de correntes construídos para correntes primárias acima de 10 kA, existe a possibilidade de erros na relação e no ângulo de fase causados por fluxos dispersos e/ou parasitas. Este efeito pode ocorrer quando não se observa distâncias apropriadas na geometria dos barramentos do gerador aliada a um equipamento (TC) com projeto deficiente se o mesmo tiver que operar com corrente de retorno muito próxima ao núcleo.

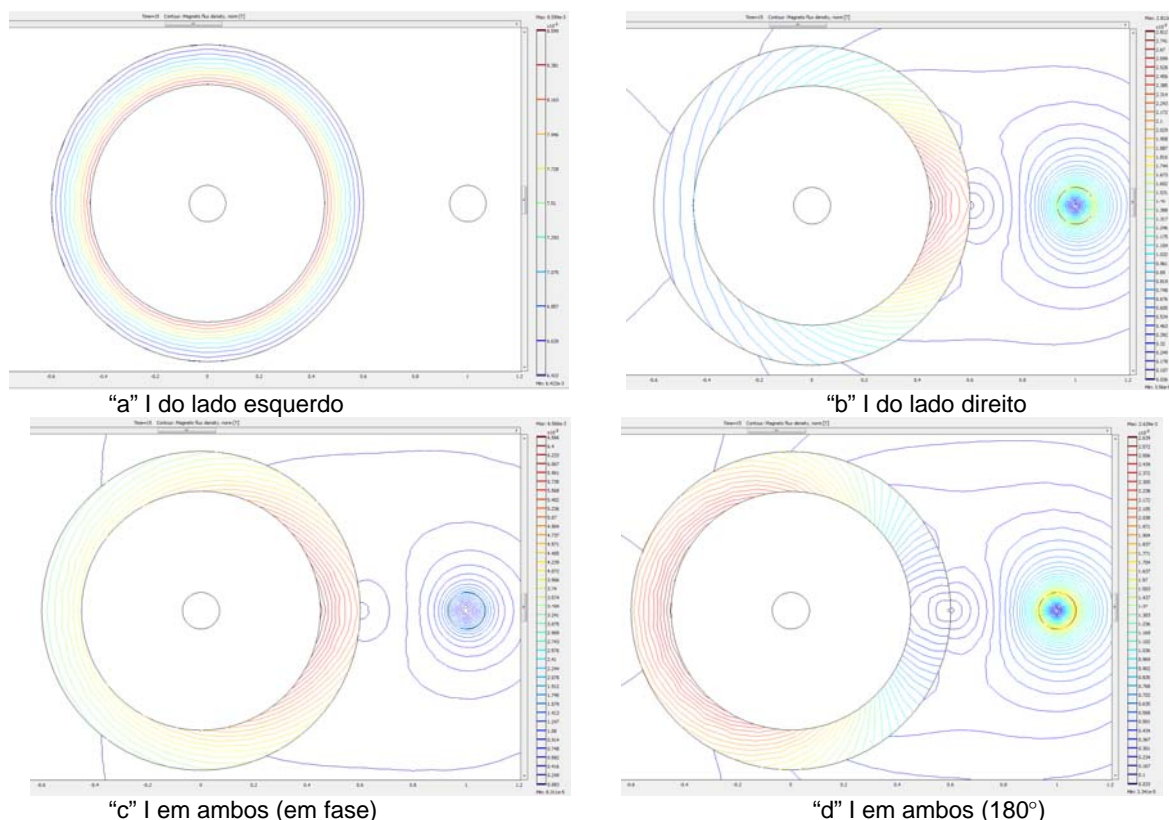


FIGURA 7 – Ilustrações das linhas de campo do fluxo magnético para Corrente Adjacente.

Resumidamente, os TC's ensaiados neste estudo apresentaram desempenho diferenciado, sendo que na Usina A, o TC para serviço de medição sofreu efeito moderado do fluxo parasita apenas para distâncias bem curtas (5 e 10 cm) e o TC para serviço de proteção não sofreu qualquer influência. Na Usina B, as duas unidades para serviço de medição e a unidade para serviço de proteção apresentaram erros na ordem de até uma dezena de % na distância mais curta. Os erros decresceram e estabilizaram para distâncias maiores que 50/60 cm do cotovelo. Na Usina C, a unidade para serviço de medição (blindada) e a unidade para serviço de proteção não apresentaram qualquer efeito do fluxo parasita no erro de relação.

Como recomendação no caso de seleção de transformadores de corrente para medição de correntes estatóricas de geradores cuja amplitude seja  $> 10$  kA, temos duas possibilidades:

- a. Utilização de TC's não Compensados: Caso se deseje utilizar um TC convencional, em situação de proximidade ( $d < 20$  cm) do cotovelo  $90^\circ$  de fechamento do neutro, sem blindagem para fluxo disperso ou parasita, recomendamos o que segue:
  - Solicitar um projeto do núcleo ferromagnético especial que contemple esta situação.
  - Utilizar uma chapa de aço silício com características superiores em relação à saturação.
  - Solicitar a especificação, a curva de histerese e amostras da chapa utilizada.
  - Realizar ensaios que comprovem o funcionamento adequado para corrente retorno  $90^\circ$ .
  - Por segurança, observar uma distância  $> 50$  cm da lateral do TC até o barramento da fase adjacente e até o cotovelo  $90^\circ$  no barramento de fechamento do neutro.
- b. Utilização de TC's Compensados: A utilização de blindagem para fluxos dispersos e/ou parasitas teve seu desempenho confirmado neste estudo. A blindagem mais básica e bastante eficaz é a utilização de enrolamentos auxiliares enrolados junto com o enrolamento secundário. Os enrolamentos de compensação podem ser distribuídos em 2 ou 4 quadrantes do núcleo ferromagnético e são enrolados conforme a figura 9 adiante, onde o final de um enrolamento é conectado ao início do outro enrolamento. [Seely, 1970]

O princípio de funcionamento do enrolamento de compensação deve ser tal que (1) não afete o fluxo de trabalho e (2) elimine o fluxo parasita.

Em relação à primeira assertiva, podemos ver que as duas bobinas da figura 9 – (a) enlaçam o fluxo de trabalho, mas a corrente induzida nas bobinas é nula, pois as fem's induzidas são de mesmo valor, porém de direções opostas. Portanto, a assertiva (1) é satisfeita. Na segunda assertiva temos o fluxo parasita no núcleo com valores diferentes nas regiões das duas bobinas, mas com a mesma direção, produzindo uma FEM total e

conseqüentemente uma corrente no enrolamento de compensação tentando a equalizar a densidade de fluxo. Alternativamente, o enrolamento de compensação pode ser imaginado como tendo uma corrente circulando no sentido a se opor a fonte do fluxo parasita, de acordo com a lei de indução eletromagnética, portanto, diminuindo o fluxo parasita que entra no núcleo magnético. [Seely, 1970]

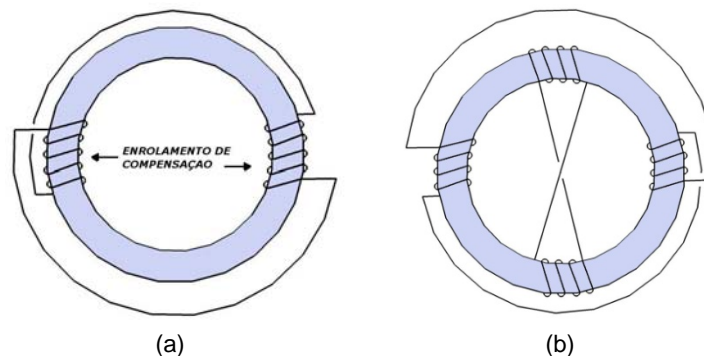


FIGURA 9 – Blindagem em: (a) 2 quadrantes para compensação de correntes adjacentes ao lado e (b) 4 quadrantes para compensação de corrente adjacentes ao lado e em cima do TC.

A fabricação do TC com enrolamento compensado pode ser visualizada didaticamente na figura 10 mostrada a seguir. Na prática, o enrolamento secundário e as bobinas de compensação são enroladas simultaneamente, obedecendo as ligações conforme figura 9 – (b). Em ambos os casos, o enrolamento secundário do TC deve ser enrolado uniformemente em toda a seção do núcleo ferromagnético toroidal, ver figura 9 – (a).

Os enrolamentos de compensação deverão ser projetados para se obter a melhor blindagem. Os mesmos deverão ser bem compactados junto ao núcleo e deverão ser dimensionados para uma menor perda, já que o TC sofrerá uma dificuldade adicional para dissipação de calor. A simetria, posição, número de espiras e ângulo de cobertura de cada bobina nos quadrantes deverá ser feita com muito rigor, cobrindo fluxos dispersos em qualquer posição ao longo do perímetro. Para tanto, estudos devem ser feitos para definir os aspectos técnicos do enrolamento de compensação. [Sakuma, 2006], [Yu, 2006].

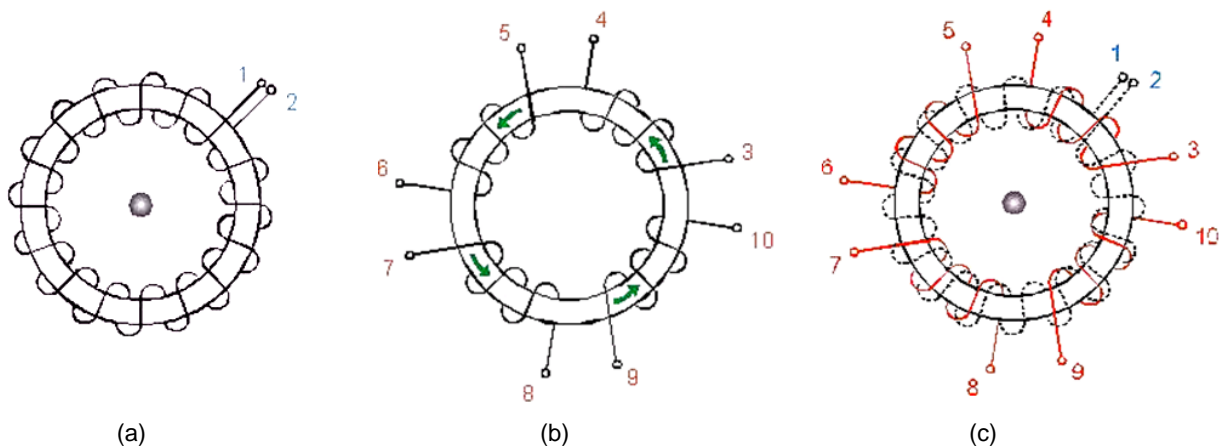


FIGURA 10 – TC de janela com enrolamento de compensação: (a) enrolamento secundário normal, (b) bobinas enroladas nos 4 quadrantes formando para formar o enrolamento de compensação e (c) enrolamentos superpostos, concluindo assim o TC com enrolamento de compensação.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SILSBEE, F.B. Precautions Against Stray Magnetic Fields in Measurements with Large Alternating Currents, AIEE, June, 1929.
- (2) ARNOLD, A.H.M. Leakage Phenomena in Ring-Type Current Transformers, IEE, vol. 74, May 1934, London.
- (3) PFUNTNER, R. A. The Accuracy of Current Transformers Adjacent to High-Current Buses, AIEE, vol.70, 1951.
- (4) SEELY, S. Shielding electrical apparatus from stray flux, Electrical Review 11, September 1964.
- (5) SEELY, S. Effect of stray flux on current transformers, Journal of Science and Technology, vol. 37, no. 3, 1970.
- (6) YU, H.; YUAN, J; ZOU, J. Design of Novel Structure Current Transformer With Shielding Coils for Overcoming the Saturation of Core, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 42, no. 4, April 2006.
- (7) SAKUMA, P. M. Especificação de TC's de Janela Especiais Para Serviços de Medição – Tecnologias Disponíveis, III ENAM - Encontro Nacional de Monitoramento, Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, Brasil.

## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Arinos Teixeira Júnior, nascido em Rio Claro, SP em 28/01/1956. Engenheiro Eletricista pela UFPR (1979) e Mestre em Física pela UFPR (1994). Desde 1980, atuando na COPEL/LAC e depois LACTEC, nas áreas de laboratório de alta tensão e P&D. Vem desenvolvendo atividades como pesquisador no departamento de Eletroeletrônica nas áreas de medição em alta tensão, técnicas de ensaio em alta tensão, ensaios especiais de campo e laboratório em equipamentos de subestações de energia elétrica, desenvolvimento de instrumentação de ensaio, monitoramento de grandezas elétricas em equipamentos energizados, projeto, fabricação e execução de sistemas de medição de transientes elétricos em redes energizadas. Participa e coordena projetos de P&D ANEEL para concessionárias de energia.

Marcio Rot Sans, nascido em Curitiba, PR em 25/04/1980. Técnico em Eletrotécnica pela UTFPR (1999), Engenheiro da Computação pela UP (2004), Especialista em Gestão de Projetos pela FAE (2009) e atualmente cursando mestrado em Engenharia Elétrica (Sistemas de Potência) pela UFPR. Desde 2004 trabalha no LACTEC, atuando como pesquisador no departamento de Eletroeletrônica.

Signie Laureano França Santos, nascida em Curitiba, PR em 26/08/1986. Engenheira Eletricista pela UFPR (2009) e atualmente cursando mestrado em Engenharia Elétrica (Sistemas de Potência) pela UFPR. Trabalha no LACTEC desde 2008, atuando como pesquisadora no departamento de Eletroeletrônica.

Pedro Massanori Sakuma, nascido em Londrina, PR em 29/06/1955. Engenheiro Eletricista pela UFSC (1978). Trabalhou na Eletrosul de 1978 a 1989; na BKP Engenharia e Consultoria LTDA de 1989 a 1994. Desde 1994, trabalha na Copel Geração e Transmissão. Em todas as empresas supracitadas atua ou atuou nos departamentos de engenharia de manutenção de usinas elétricas, tendo executado diversos estudos, comissionamento e ensaios especiais em equipamentos de potência em Usinas.