



**XXII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPC/06
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

ANÁLISE DOS ERROS DOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE NA EXATIDÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO SINCRONIZADA DE FASORES

Luiz Carlos Grillo de Brito (*)
CEPEL

José Eduardo da Rocha Alves Junior
CEPEL

Glauco Nery Taranto
UFRJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito provocado, em regime permanente, pelos erros de módulo e principalmente de ângulo dos transformadores de corrente para medição e proteção na exatidão da medição fasorial sincronizada utilizando PMUs. Para tanto foram realizadas avaliações dos aspectos normativos e dos critérios de especificação de exatidão desses três elementos (TCs de medição, TCs de proteção e PMUs).

Foram realizados ensaios em três transformadores de corrente, dois de proteção e um de medição, visando verificar e comparar seu desempenho conforme o critério de exatidão das PMUs, que utilizam o conceito de TVE (total vector error).

PALAVRAS-CHAVE

Transformadores de Corrente, Sincrofasores, Unidade de Medição Fasorial, Classes de Exatidão.

1.0 - INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Medição Fasorial Sincronizada (SMFS), cujo desenvolvimento começou da década de 90, permitem a medição com sincrofasores, obtendo-se de forma direta e simultânea, além dos módulos, os ângulos de fase das tensões e correntes, entre diferentes pontos do sistema elétrico, ainda que distantes geograficamente. Os dispositivos desenvolvidos para executar essas funções são denominados "Phasor Measurement Unit" – PMU – ou Unidades de Medição Fasorial – UMF, os quais utilizam a mesma referência de tempo, obtida pelo sistema GPS - Global Positioning System, conforme descrito em (1).

Como todas as grandezas presentes no sistema elétrico, é necessário que os sincrofasores sejam obtidos com grau de exatidão confiável em toda a cadeia de medição, desde os transformadores para instrumentos, nos pátios das subestações até a disponibilização da informação nas salas dos centros de controle e operação, conforme apresentado na Figura 1.

Conforme citado em (2), um grande esforço tem sido realizado para definir os parâmetros de exatidão das medições efetuadas internamente pelas UMFs, mas poucos estudos foram dedicados a se determinar a influência do Sistema de Medição como um todo (transformadores de corrente de medição ou proteção, transformadores de potencial indutivo ou capacitivo, circuito secundário, cargas secundárias e as UMFs) nos dados fasoriais coletados e transmitidos, principalmente no que se refere à defasagem angular. Além disso, de acordo com a referência (3) os maiores erros na medição de sincrofasores podem se originar dos transformadores para instrumentos externos.

Para garantir que as aplicações com sincrofasores tenham desempenho confiável, se faz necessária, portanto, uma avaliação das classes de exatidão desses transformadores e seu respectivo desempenho com base nessa nova medida agregada ao sistema elétrico.

(*) Avenida Horácio Macedo, n° 354 – sala 134 – CEP 21941-911 Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2598-6322 – Fax: (+55 21) 2598-6330 – Email: grillo@cepel.br

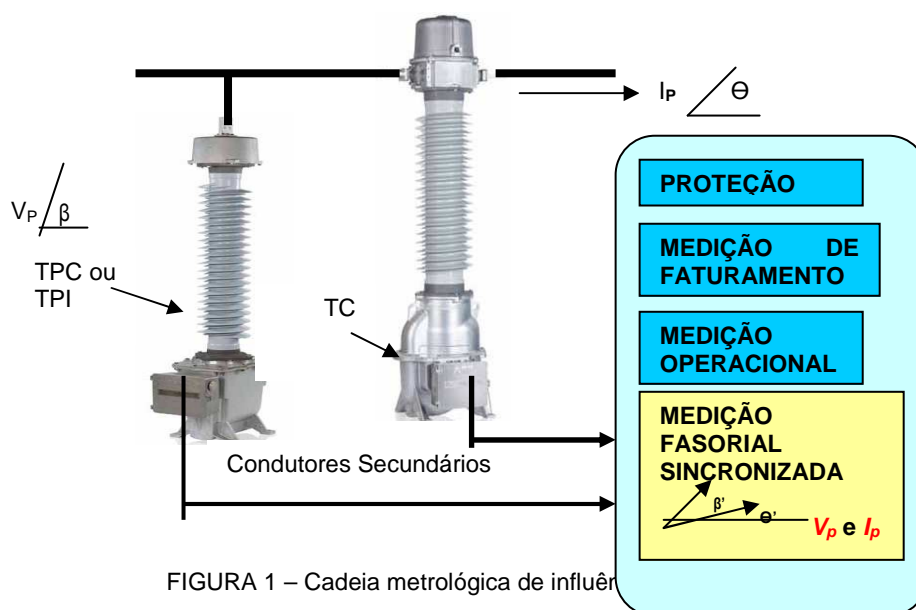


FIGURA 1 – Cadeia metrológica de influência

Alguns trabalhos publicados, que buscaram abordar este assunto, apresentaram resultados pontuais, porém sem um aprofundamento no sentido de equalizar e homogeneizar os diferentes conceitos e requisitos normativos de exatidão que podem correlacionar os TCs de medição, os TCs de proteção e as PMUs. Por exemplo, podemos garantir que um TC de medição adquirido para classe de exatidão 0,6, segundo as normas existentes, nacionais e internacionais, corresponde a um TVE também de 0,6? Em caso negativo, que ordem de grandeza de exatidão pode-se esperar para a cadeia metrológica final?

Questões similares também devem ser avaliadas para os TCs de proteção. Por exemplo, qual o limite do TVE imposto por estes TCs deve ser considerado quando da utilização das PMUs? Além disso, um limite ou faixa para o erro de defasagem angular por eles produzida, em algumas condições, não é contemplada em suas classes de exatidão normalizadas e nem nas suas especificações, deixando uma lacuna na quantificação do desvio de ângulo dos fasores obtidos pelas UMF.

Os TCs de medição possuem sua exatidão vinculada à medição de energia, os TCs de proteção às condições de falta e as PMUs ao erro vetorial total (TVE). Este trabalho sugere, portanto, que se estabeleça a correlação destes conceitos nos requisitos normativos e nos ensaios de tipo e/ou de rotina dos TCs, associados às condições de aplicação das PMUs. Neste sentido, é apresentada inicialmente uma análise dos aspectos envolvendo a exatidão das PMUs, dos transformadores de corrente de medição e de proteção e sua correlação e influência com os critérios de exatidão requeridos para as PMUs, utilizando a expressão do TVE (total vector error). Para tanto são desenvolvidas expressões matemáticas que correlacionam a classe de exatidão dos TCs de medição e proteção com a dos PMUs, com base nas normas existentes desses equipamentos. Esta correlação é obtida de modo a que se possa utilizar a mesma base de comparação do erro vetorial(TVE) com os erros de amplitude e fase e os limites de exatidão normalizados dos transformadores de corrente de medição e/ou proteção.

Após essa abordagem são descritos no trabalho os resultados relativos aos ensaios de exatidão realizados em laboratório em transformadores de corrente de proteção e de medição, com diferentes valores de cargas secundárias e correntes primárias aplicadas e suas consequências nos sistemas de medição fasorial em regime permanente.

Neste contexto, este trabalho, baseado em (4), sugere a revisão dos aspectos de exatidão nas especificações e normas dos TCs bem como a ampliação do estudo similar para transformadores de potencial indutivos e capacitivos, visando mensurar de forma mais adequada e garantida a exatidão das grandezas fasoriais obtidas.

2.0 - EXATIDÃO DO SISTEMA COMPLETO DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA

Os conceitos normativos associados aos erros de amplitude e ângulo das unidades de medição fasorial, dos transformadores de corrente para medição e para proteção são abordados a seguir buscando-se identificar as suas principais diferenças e seus impactos na exatidão da medição fasorial como um todo.

2.1. Conceito de exatidão – PMU

O conceito de exatidão aplicado para as UMF está definido na norma IEEE Std C37.118.1™-2011(5). Nesta norma, os desvios de amplitude e ângulo entre o valor do sinal de entrada de um sincrofasor e o valor obtido como saída

de uma UMF são considerados numa mesma quantidade denominada TVE (total vector error), definida pela seguinte equação:

$$\text{TVE}(n) = \sqrt{\frac{(\hat{X}_r(n) - X_r(n))^2 + (\hat{X}_i(n) - X_i(n))^2}{(X_r(n))^2 + (X_i(n))^2}} \quad [1]$$

Onde:

$\hat{X}_r(n)$ é a parte real e $\hat{X}_i(n)$ é a parte imaginária dos valores estimados dos sincro-fasores fornecidos pela PMU e $X_r(n)$ é a parte real e $X_i(n)$ é a parte imaginária dos valores teóricos dos sincro-fasores.

Com base na expressão [1], pode-se dizer que o TVE é a relação entre o módulo do fasor obtido pela diferença entre o fasor na saída e o fasor na entrada da PMU dividido pelo módulo do fasor na entrada da PMU. Este conceito, conforme citado na própria norma IEEE Std C37.118.1™-2011(5), se apresenta de forma diferenciada em relação ao conceito de exatidão dos transformadores para instrumentos, tanto de medição quanto de proteção. No que se refere aos critérios de avaliação de exatidão dos PMU, esta mesma norma estabeleceu duas classes de desempenho, definidas como P e M, visando possíveis aplicações diferenciadas em proteção e medição, respectivamente. Esse novo requisito apresentado na revisão da norma indica uma correlação, ainda que não explícita, com os critérios de exatidão dos transformadores para instrumentos. É neste sentido que este trabalho propõe buscar um critério que compatibilize os critérios e parâmetros utilizados na exatidão dos TCs e dos PMUs. Para o sinal de corrente o valor normalizado limite de TVE é de 1% numa faixa que varia de 10% até 200% da corrente nominal, em condições de regime permanente (5). Os valores máximos de erro são de 1% para amplitude do fasor e de 0,573 graus para o a defasagem angular. Conforme está descrito na referência (4), a expressão do TVE na equação [1] pode ser reapresentada de acordo com a expressão da equação [2] e cuja representação gráfica é vista na Figura 2, onde as curvas no plano x-y indicam os pontos de mesmo TVE(%), considerando sinais senoidais.

$$\text{TVE}(\%) = \sqrt{\left[\left(1 + \frac{\varepsilon\%}{100}\right) \cdot \cos(\beta) - 1 \right]^2 + \left[\left(1 + \frac{\varepsilon\%}{100}\right) \cdot \sin(\beta) \right]^2} \times 100 \quad [2]$$

Onde:

$\varepsilon\%$: erro percentual do módulo ou amplitude do fasor

β : erro do ângulo de fase do fasor em minutos.

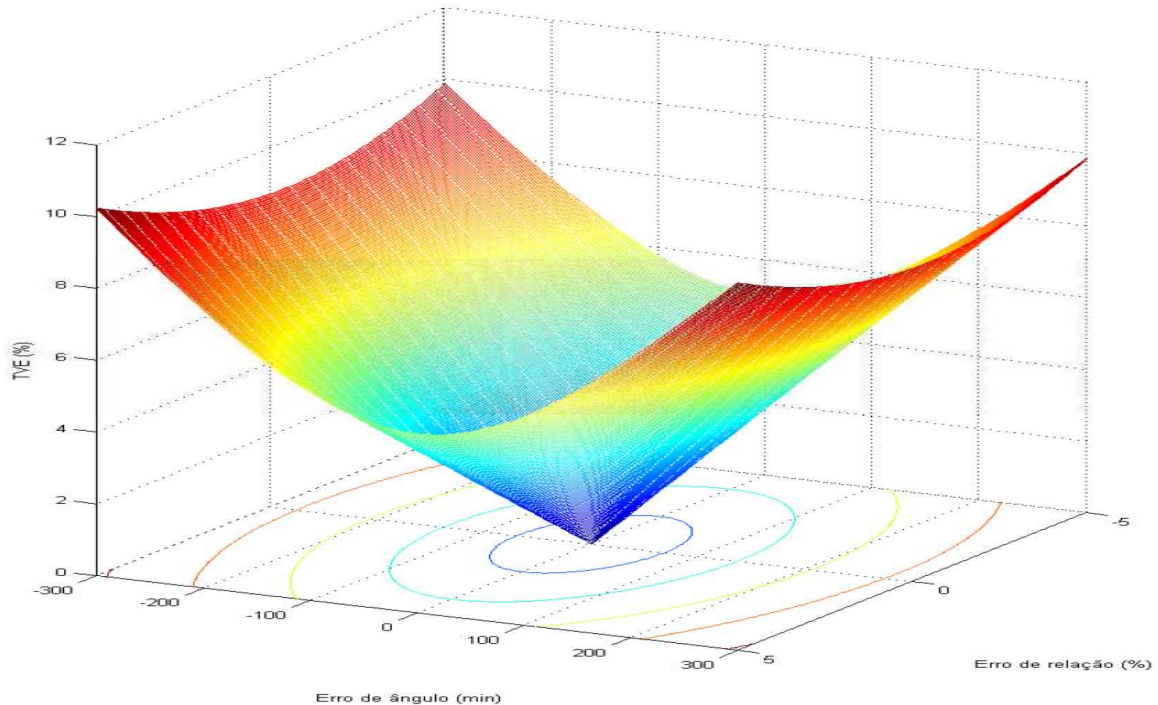


FIGURA 2 - Gráfico tri-dimensional da função TVE (%) x erros de relação (%) e de ângulo (min.).

2.2. Conceito de exatidão – transformadores de corrente de medição X PMU

A classe de exatidão dos transformadores de corrente para fins de medição, de outro modo, está associada à grandeza energia elétrica quando combina os erros de módulo e de ângulo dos fasores, diferente, portanto, do critério adotado para as UMF. A expressão matemática simplificada dessa classe de exatidão, obtida da referência (5), é a seguinte:

$$\text{EXATIDÃO DE TC DE MEDIÇÃO (\%)} = \left| \varepsilon\% + \frac{\beta}{26} \right| \quad [3]$$

A expressão é válida se o módulo de $\varepsilon\%$ utilizado for menor do que a exatidão obtida. Se o módulo de $\varepsilon\%$ for maior do que a exatidão obtida, então a classe de exatidão é limitada pelo próprio valor de $\varepsilon\%$ em módulo. O gráfico tri-dimensional dessa expressão é apresentado na Figura 3, onde se observa no plano X-Y os paralelogramos de exatidão cujos critérios de construção estão descritos na norma ABNT/NBR 6856/1992(6).

Outro aspecto a ser considerado é o que se refere às condições de operação das instalações, principalmente as especificações dos condutores secundários a as cargas ligadas no secundário dos TCs que também podem afetar a exatidão total do conjunto, uma vez que a classe de exatidão é garantida para cargas secundárias que variam de 25% a 100% da carga nominal. Conforme citado em (4), “a modernização de sistemas de medição e proteção pode ter alterado a carga secundária previamente especificada para valores inferiores a 25% da carga nominal, conforme a norma IEC 60044-1 estabelece, levando os TCs a operarem em condições diferentes das especificadas e podendo contribuir para valores mais elevados ou desconhecidos dos erros da medição fasorial”.

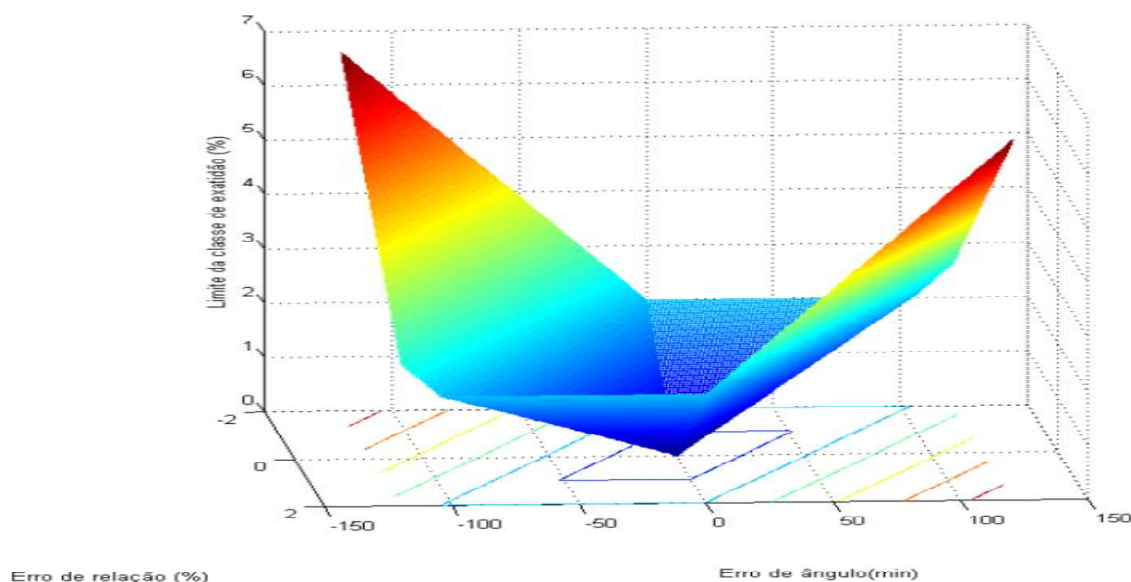


FIGURA 3 - Gráfico tri-dimensional da exatidão de um TC de medição (%) x erro de relação (%) e de ângulo (min.).

Com base nas expressões e nas respectivas representações gráficas podemos obter os gráficos de comparação dos critérios de exatidão dos TCs de medição e as PMUs, indicados na Figura 4. A análise desta figura demonstra que mesmo a melhor classe de exatidão normalizada pelas normas ABNT NBR 6856(6) e IEEE C57.13, para TCs de medição, de 0,3 (usualmente aplicada para medição de faturamento), na faixa de corrente considerada, não atende integralmente o limite do TVE de 1%. Para as classes de exatidão 0,6 e 1,2 (usualmente aplicadas para medição operacional) o TVE pode ultrapassar valores de 2 e 4%, respectivamente, se afastando de forma relevante do limite de 1% das UMF (acima de três vezes), com desvios angulares de até 124,8 minutos em cada ponto, podendo, teoricamente, ter este valor duplicado, considerando-se dois pontos de medição distintos.

Obviamente os projetos de TCs de medição buscam atingir resultados afastados dos limites permitidos pelas normas, porém é importante quantificar os possíveis erros existentes na medição fasorial originados nestes equipamentos. Este trabalho sugere, portanto, que seja avaliada a possibilidade de incluir nas normas de transformadores de corrente o conceito de TVE de modo que toda a cadeia metrológica aplique as mesmas bases conceituais.

TVE - Erro de módulo(%) x Erro de ângulo(min.)
Parelogramos de Exatidão - TCs de Medição

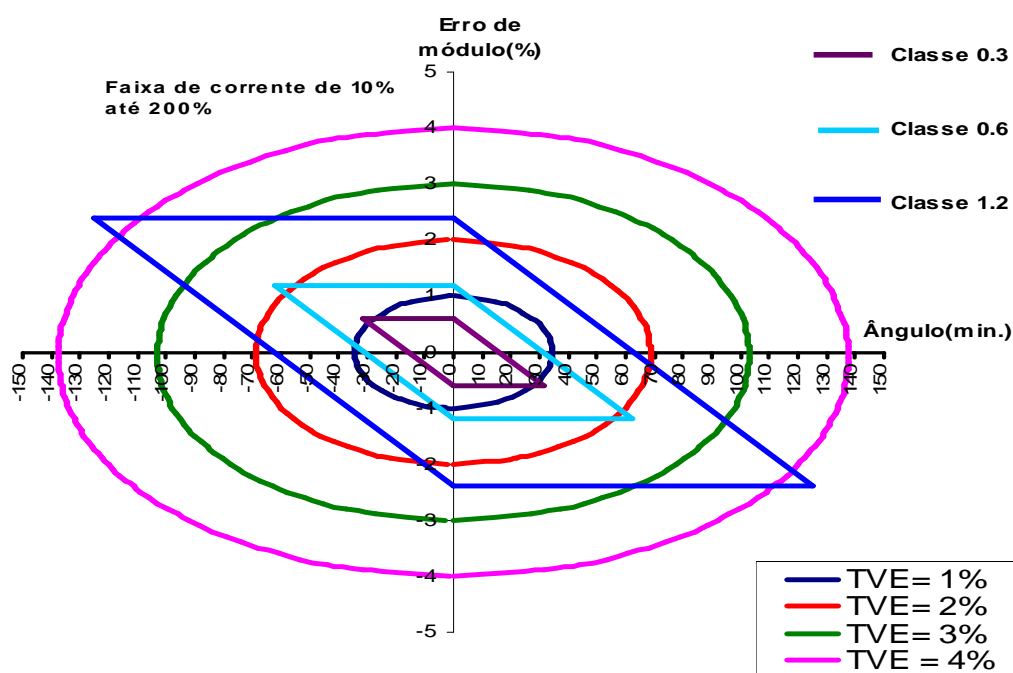


FIGURA 4 - Comparação dos valores de TVE (%) e do paralelogramo de exatidão dos TCs de medição.

2.3. Conceito de exatidão – transformadores de corrente de proteção x PMU

As classes de exatidão dos transformadores de corrente para fins de proteção estabelecem condições de modo que os mesmos não saturam até determinados limites e retratem as correntes primárias para atuação adequada dos sistemas de proteção e controle existentes. A Tabela 1 a seguir apresenta os principais critérios de exatidão destes TCs, considerando as normas IEC, IEEE e ABNT, onde se verifica que, além dos limites de erro de relação serem bem maiores do que no caso dos TCs para fins de medição, não existe um foco relevante no erro de ângulo. Por exemplo, a norma IEEE estabelece no item 8.1.2, página 33, que “se o transformador é utilizado para a medição de faturamento, o método de calibração deve permitir a determinação do erro de relação e de ângulo de fase. Se o transformador é utilizado apenas para a proteção, somente o erro de relação tem de ser determinado. Isto pode ser conseguido experimentalmente ou por cálculos.”

As normas ABNT e IEC referenciadas na Tabela 1 utilizam também, além dos conceitos de erro de corrente (módulo) e erro de ângulo, o conceito de erro composto, que é definido como o valor percentual, referido à corrente eficaz primária, do valor eficaz da diferença entre a corrente secundária multiplicada pela relação nominal e a corrente primária, conforme expressão [4] a seguir, onde:

I_{ef} = valor eficaz da corrente primária;

K_n = relação nominal do TC;

i_2 = valor instantâneo de corrente secundária;

i_1 = valor instantâneo da corrente primária;

T = duração de um ciclo da corrente primária.

$$\varepsilon_C \% = \frac{100}{I_{ef}} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_2 - i_1)^2 dt} \quad [4]$$

TABELA 1 - Requisitos normativos das classes de exatidão de TCs de proteção

CLASSE	Corrente	Erro de corrente ou Erro de relação (%)	Erro de ângulo (graus)	Erro Composto
Normas IEC 60044-1 e IEC 61869-2				
5P ou 5PR	In	1,0	1,0	-
5P ou 5PR	20 x Inom.	-	-	5 %
10P ou 10 PR	In	3,0	-	-
10P ou 10PR	20 x Inom.	-	-	10 %
Norma IEEE C57.13				
C e T	20 x Inom.	10	-	-
C e T	In	3	-	-
X	20 x Inom.	Definido pelo usuário	-	-
X	In	1	-	-
Norma ABNT NBR 6856				
5	20 x Inom.	5	-	5 %
10	20 x Inom.	10	-	10 %

A expressão [4] do erro composto também pode ser re-escrita em função dos erros de relação e ângulo de fase, considerando-se a premissa de que as formas de onda dos sinais de corrente primária e secundária são senoidais, conforme descrito em (4). Ao efetuarmos essa dedução a expressão obtida para o erro composto é a mesma daquela obtida para o TVE, conforme equação [2], ou seja, quando as normas utilizam o conceito de erro composto na exatidão dos TCs de proteção, estão utilizando o mesmo critério do TVE da exatidão dos PMUs, de acordo com a seguinte expressão:

$$\varepsilon_c \% = \sqrt{\left[\left(1 + \frac{\varepsilon\%}{100} \right) \cdot \cos(\beta) - 1 \right]^2 + \left[\left(1 + \frac{\varepsilon\%}{100} \right) \cdot \sin(\beta) \right]^2} \times 100 = \text{TVE} (\%) \quad [5]$$

A Figura 5 a seguir indica os limites do erro composto conforme definidos nas normas de TC de proteção, como função dos erros de módulo e de ângulo de fase, considerando-se sinais senoidais, e para fins de comparação o limite normalizado do TVE das PMU de 1%. Observa-se que podem ser atingidos valores de erros de ângulo de quase 5,7 graus (342 minutos), para a classe 10 e 2,85 graus (171 minutos) para a classe de exatidão 5, valores limítrofes elevados frente à exatidão normalizada para as PMUs.

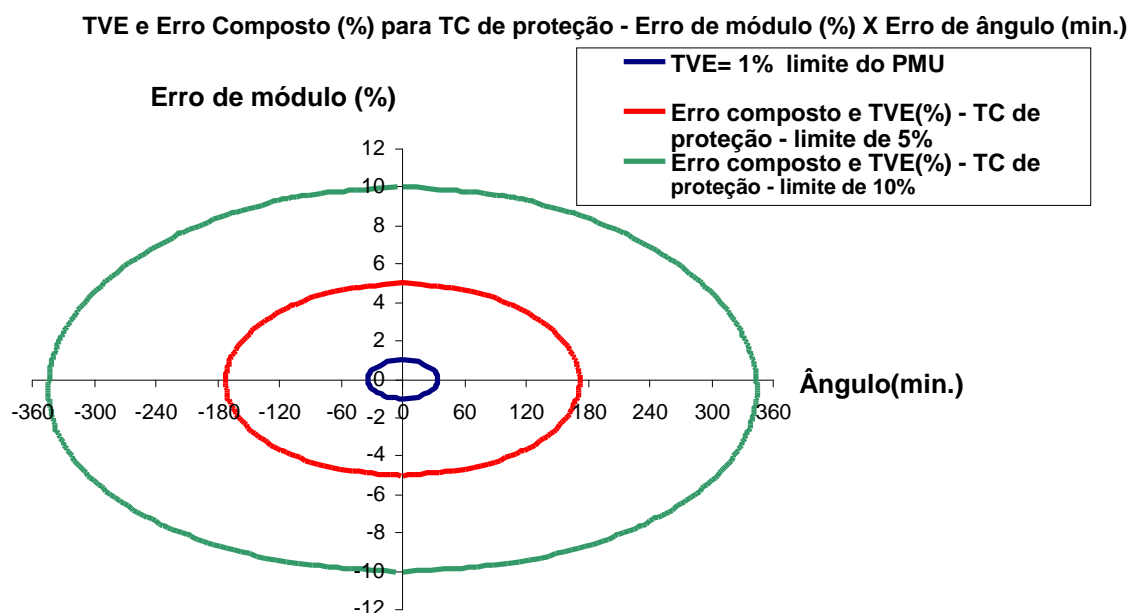


FIGURA 5 - Comparação dos valores de TVE (%) e do erro composto (%) dos TCs de proteção

3.0 - ENSAIOS REALIZADOS E PRINCIPAIS RESULTADOS

Os principais resultados dos ensaios de exatidão realizados e características dos TCs de proteção e de medição são apresentados a seguir:

3.1. Ensaios e resultados – transformadores de corrente de proteção

O TC com corrente secundária nominal de 5 A possui classe de exatidão C400, relação nominal 800/5 A, normas aplicáveis C57.13-93 e IEC 44-6, fator térmico = 1,3, carga secundária nominal 100 VA / 4 Ω com F.P.=0,5. Foram aplicados diversos valores percentuais da corrente nominal, entre 5% e 100%, bem como diferentes cargas aplicadas ao enrolamento secundário obtendo-se o erro composto (equivalente ao TVE da norma do PMU) em função dos erros de relação e de ângulos de fase medidos. Destacamos as curvas apresentadas na Figura 6, que apresentam os erros vetoriais totais impostos pelo TC nas medições fasoriais. Ensaios similares foram realizados em um TC com corrente secundária nominal de 1 A, relação nominal 800/1, normas aplicáveis IEC 44-1 e IEC 44-6, classe de exatidão 10P20, correspondente a uma carga nominal de 5 VA / 5 Ω , fator térmico = 1,3. Destacamos as curvas apresentadas na Figura 7, que apresentam os erros vetoriais totais impostos pelo TC nas medições fasoriais.

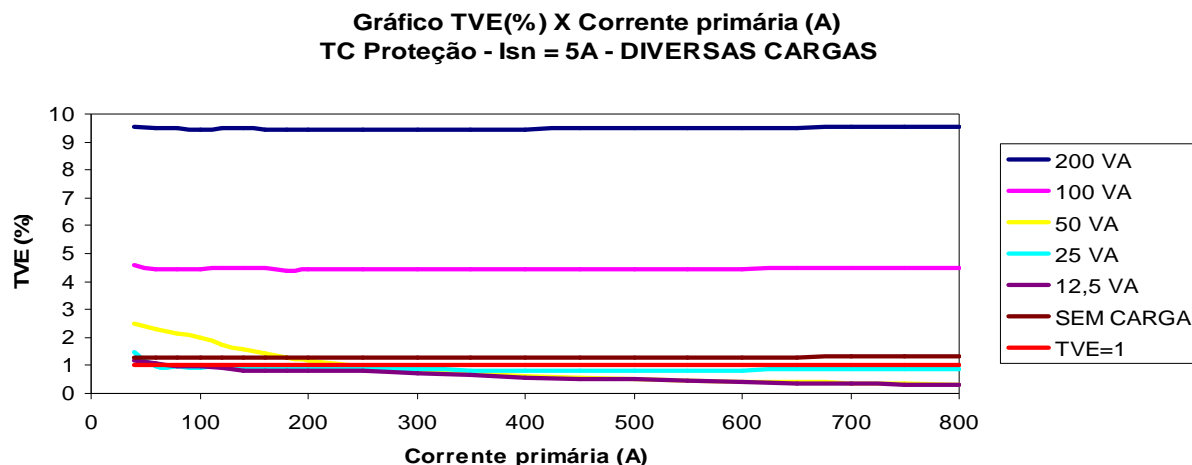


FIGURA 6 - Curvas de TVE ou Erro Composto (%) x Corrente Primária (A) – TC Proteção (Isn = 5 A) para todas as cargas secundárias ensaiadas.

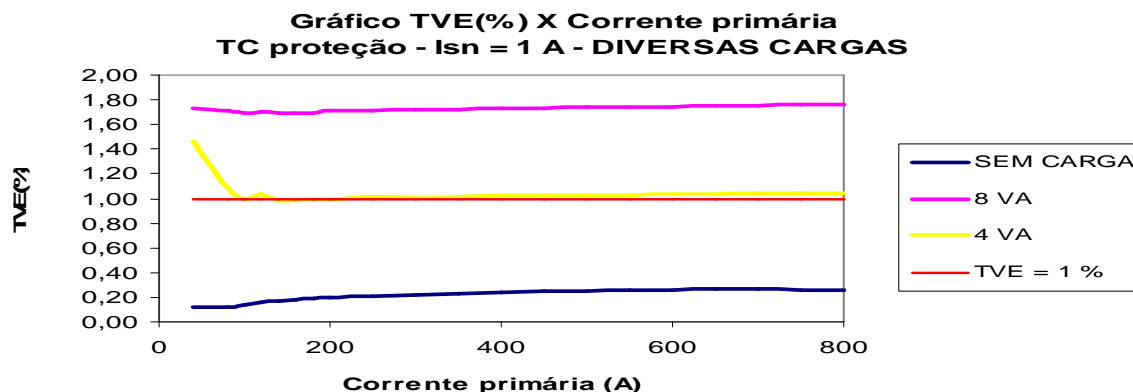


FIGURA 7 - Curvas de TVE ou Erro Composto (%) x Corrente Primária (A) – TC Proteção (Isn = 1 A) para todas as cargas secundárias ensaiadas.

Os ensaios de exatidão realizados no TC de proteção com corrente secundária de 5 A apresentaram valores elevados de TVE equivalente, mesmo nas condições de carga nominal, em torno de 4,8%, na faixa de corrente de 5% até 100% da corrente nominal. No caso do TC de proteção de 1 A, o impacto na medição fasorial foi bem menor, sendo encontrado para este caso um TVE equivalente da ordem de 1% com carga de 4 VA e 1,8 % com carga de 8VA, para uma condição nominal de 5 VA. Fatores como projeto do TC e detalhes construtivos podem ter influenciado nesses resultados.

3.2. Ensaios e resultados – transformadores de corrente de medição

O TC de medição ensaiado possui classe de exatidão 0,3 C12,5, relação nominal 400/5 A, fator térmico=2,0 e norma aplicável NBR ABNT 6856. Ensaios similares aos realizados nos TCs de proteção foram realizados neste TC, alterando-se as cargas secundárias aplicadas e variando a corrente na faixa de 5% até 200% da corrente nominal. Destacamos as curvas apresentadas na Figura 8, que apresentam os erros vetoriais totais impostos pelo TC nas respectivas medições fasoriais.

No ensaio realizado na amostra de um TC de medição, classe de 0,3, o valor do TVE só ultrapassou o limite de 1%, com valor de 1,7%, quando foi aplicada carga secundária superior ao valor nominal. Nas demais condições manteve-se em valores de no máximo 0,4%, cabendo ressaltar que o TC ensaiado é aplicado em medições para

faturamento, que são especificados e construídos para apresentar os menores valores de erro de relação e de ângulo.

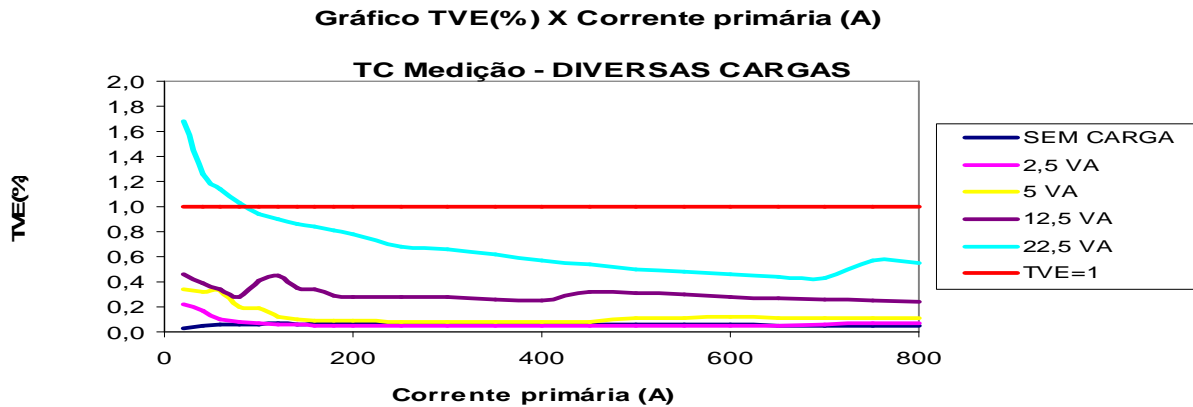


FIGURA 8 - Curvas de TVE (%) x Corrente Primária (A) – TC Medição para todas as cargas secundárias ensaiadas.

4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho indicou que os aspectos normativos vigentes relativos às classes de exatidão tanto dos TCs de medição quanto dos TCs de proteção apresentam divergências qualitativas e quantitativas quando comparados com os critérios de exatidão das PMUs, podendo apresentar valores bem afastados dos limites previstos.

No caso dos TCs de medição as classes de exatidão de 0.3, 0.6 e 1.2 dos TCs de medição podem ultrapassar os limites de TVE de 1%, 2% e 4%, respectivamente. De qualquer modo, sendo a norma um guia para especificação, as condições supracitadas devem ser consideradas e avaliadas quando da aplicação de PMUs.

Apesar das diferenças entre as normas mais usualmente utilizadas dos TCs de proteção, valores impostos por estes equipamentos também podem atingir desvios relevantes na medição fasorial pelo critério do TVE. Por exemplo, ao se considerar a classe 5P definida pela IEC com os limites de erro de relação de $\pm 1\%$ e de ângulo de fase de $\pm 1,8$ centiradianos (60 minutos ou 1 grau elétrico), na condição de corrente nominal, encontra-se um erro composto (ou TVE) de valor igual a 2,0%, que já é superior ao limite estabelecido para o PMU. Para a classe de exatidão de 10P não há nem mesmo valor limite para o erro de ângulo, sendo o erro de corrente limite de 3%, na corrente nominal. Outro aspecto a ser considerado é que geralmente as faixas de verificação da exatidão dos TCs de proteção se iniciam na corrente nominal até 20 vezes esse valor, deixando de fora a ampla faixa considerada para exatidão das UMF, que é de 10% até 200% da corrente nominal.

Atualmente muitas aplicações para os sistemas de medição fasorial sincronizada tem sido propostas de modo a apoiar as decisões de planejamento, operação e manutenção. Ações nesse sentido requerem medidas confiáveis em toda a cadeia metrológica, incluindo os transformadores de instrumentos. Para este fim e com base no exposto neste artigo, sugere-se que os critérios de exatidão dos TCs sejam ampliados e revisados de modo a incluir e manter equivalência com aqueles propostos na utilização das UMF. Estas revisões também podem ser aplicadas para os transformadores de potenciais sejam capacitivos ou indutivos, aos quais as UMF podem estar conectadas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) HART, D.G.; GHARPURE, V.; NOVOSEL, D. et al., PMUs – A new approach to power network monitoring. In: ABB Review 1/2001, pp. 58-61, 2001.
- (2) BRUCE H. ROEDER, 2006, Effects of CT Error on Phasor Data, Arbiter Systems Inc. Disponível em: http://phasors.pnl.gov/Meetings/2006_september/tuesday/session1/Arbiter_Systems_Inc.pdf. Acesso em: 27 dez. 2010.
- (3) ELMO PRICE, "Practical Considerations for Implementing Wide Area Monitoring, Protection and Control", 59th Annual Conference for Protective Relay Engineers, Texas A&M University, April 4-6, 2006.
- (4) BRITO, L.C.G., Avaliação dos erros dos transformadores de corrente em medições de sincrofasores e em suas aplicações. Dissertação de M.Sc., COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- (5) IEEE Std C37.118.1™-2011, IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Transformador de Corrente - NBR 6856/1992.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Luiz Carlos Grillo de Brito nasceu no Rio de Janeiro, RJ, Brasil, em 9 de abril de 1959. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela UFRJ, em 1981 e obteve o título de Mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE-UFRJ, em 2011. Trabalhou na empresa Light Serviços de Eletricidade de 1982 até 2001, nas áreas associadas com o tema Sistemas de Medição de Energia Elétrica. Desempenhou, de 2002 a 2004, na ANEEL, funções no setor da comercialização da eletricidade. Na empresa Furnas, entre 2004 e 2006, atuou na área de engenharia de equipamentos de subestações. Desde 2006 trabalha como pesquisador no CEPEL – Centro de Pesquisas de Elétrica, em projetos de redes inteligentes, desenvolvimento de patentes e sistemas de distribuição e medição de energia elétrica.

Glauco Nery Taranto nasceu em Pirai, RJ, Brasil, em 7 de julho de 1965 e é graduado em Eng. Elétrica pela UERJ (1988), mestre em Eng. Elétrica pela PUC-RJ (1991), doutor em Eng. Elétrica pelo Rensselaer Polytechnic Institute, EUA (1994) e pós-doutor pelo Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milão (2006). Professor da COPPE/UFRJ desde 1996. Áreas de atuação: Dinâmica, Proteção e Controle de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Modelagem Trifásica; Medição Fasorial Sincronizada (PMU). Senior member do IEEE e membro da CIGRÉ.



José Eduardo da Rocha Alves Júnior nasceu em Juiz de Fora, MG, Brasil, em 30 de novembro de 1963. Graduiu-se em Eng. Elétrica pela UFRJ (1987), mestre em Eng. Elétrica pela COPPE-UFRJ (1991), doutor em Eng. Elétrica pela COPPE-UFRJ (1999). Professor na Universidade Federal Fluminense desde 1991. Pesquisador pelo CEPEL desde 1994. Áreas de atuação: Eletrônica de Potência, Medição de Energia e Medição Fasorial Sincronizada (PMU). Senior member do IEEE e membro da CIGRÉ.