

ENSAIOS DE CORRENTE DE FUGA EM GERADOR SÍNCRONO TRIFÁSICO: Manutenção Preventiva Periódica 2

Cláudio Alcântara

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas-AEMS.

Jair Antonio Longo Junior

Mestre em Engenharia Elétrica – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Lucas Antonio de Souza Silva

Bacharel em Engenharia Elétrica – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Ensaio de corrente de fuga são realizados nos enrolamentos do estator de geradores síncronos trifásicos durante uma manutenção preventiva periódica a fim de se acompanhar, ao longo do tempo, o estado do isolamento das três fases do gerador. Com a medição da corrente de fuga pode-se também detectar diferenças entre as três fases do gerador, e estas diferenças sempre existem, porém são mínimas. Objetiva-se aqui o estudo dos ensaios de corrente de fuga no estator do gerador programados para uma manutenção preventiva periódica 2 (MPP2) de um gerador síncrono trifásico, através do acompanhamento desses ensaios. Detalham-se as técnicas utilizadas, apresenta-se o equipamento Baur utilizado para medição da corrente de fuga. Os resultados das medições são apresentados em tabelas e gráficos, onde são comparadas as curvas (corrente de fuga vs tensão) aplicada de três ensaios (último ensaio realizado em 2004, ensaio antes da manutenção periódica e ensaio após a manutenção). A importância da realização destes ensaios é saber a real situação da isolação dos enrolamentos e corrigir se necessário, evitando-se, assim um curto-circuito entre as bobinas do estator que tem um valor de 4,27kA, que causaria danos materiais, além de prejudicar a qualidade na geração e fornecimento de energia elétrica pela usina hidrelétrica.

PALAVRAS-CHAVE: corrente de fuga, gerador síncrono, isolação, estator.

1 INTRODUÇÃO

Em uma MPP2 o ensaio de corrente de fuga é realizado logo no começo para que se possa ter dados do início da manutenção, logo após a finalização da MPP2 é realizado outro ensaio para se ter o registro do final da manutenção e, ainda, os resultados dos ensaios de início e final devem ser comparados com o último ensaio realizado na máquina na última manutenção.

O gerador síncrono utilizado para os ensaios está localizado na Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (UHE Jupia).

A manutenção preventiva é baseada na estatística, que programa reparos

ou recondiçõamentos de máquinas, que estima a possibilidade de falha tanto no momento seguinte ao início do funcionamento, que podem ocorrer devido às falhas na instalação, ou ainda após um longo período de utilização dos equipamentos.

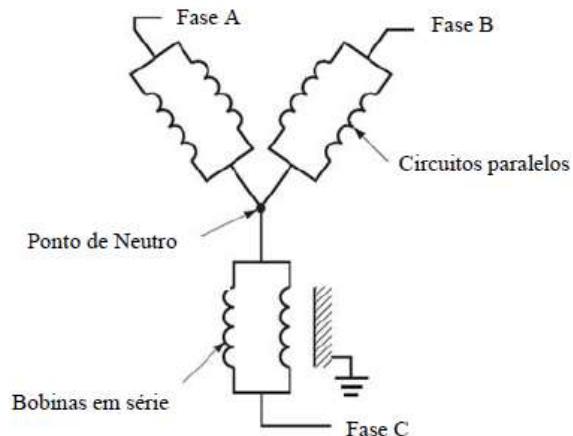
Um gerador síncrono trifásico, de modo geral, é chamado de máquina síncrona trifásica que segundo Fitzgerald (2006) “[...] é aquela na qual uma corrente alternada flui no enrolamento de armadura e uma excitação CC é fornecida ao enrolamento de campo”.

Em uma máquina síncrona CA, sua velocidade tem proporcionalidade com a frequência da corrente de armadura. E para Fitzgerald (1975) a velocidade do gerador pode ser chamada de velocidade síncrona, por que o campo girante criado pelas correntes de armadura caminha a mesma velocidade que o campo criado pela corrente de campo, ou seja, estão em sincronismo, resultando em um conjugado constante.

Os enrolamentos do estator bobinado da maioria das máquinas de alta tensão são tipicamente constituídos por três fases individuais e são conectados em estrela através dos terminais de neutro. Cada fase pode ser constituída num circuito simples de uma série de bobinas conectadas ou dois ou mais circuitos paralelos (MORETTI, 2016, p. 41).

A Figura 1 ilustra a ligação estrela das fases do estator bobinado.

Figura 1. Ligação estrela das fases do estator bobinado.

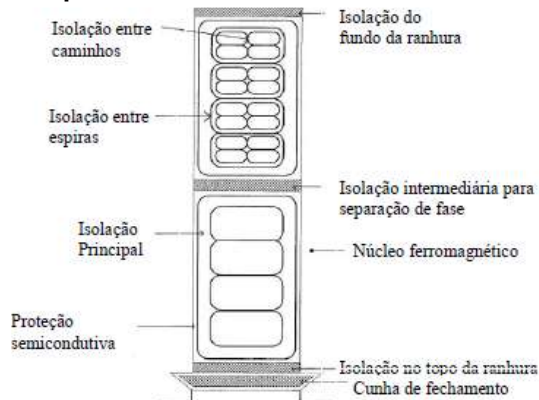


Fonte: Extraída de STONE et al., 2004.

De acordo com Moretti (2016) os materiais dielétricos utilizados na bobina do estator possuem características específicas, pois cada um deve cumprir uma função diferente. A mica, por exemplo, que comumente é utilizada entre o núcleo e a bobina deve possuir resistência alta o suficiente para evitar que ocorra um curto circuito

entre o condutor energizado e o núcleo aterrado. Já a resistência da superfície deve ser alta o suficiente para evitar o curto-circuito das lâminas do estator ou armadura, pois provocaria um aquecimento indesejado do núcleo devido ao aumento das correntes que são induzidas no material ferromagnético. A Figura 2 ilustra como é o sistema de isolamento em uma máquina síncrona de alta tensão.

Figura 2. Sistema de isolamento em uma máquina síncrona de alta tensão.



Fonte: Extraída de STONE et al., 2004.

Ao se aplicar subitamente uma tensão contínua a um dielétrico, a corrente que circula varia com o tempo, sendo a soma de três componentes, que são as correntes capacitivas, de absorção e de fuga (CESP, 2010).

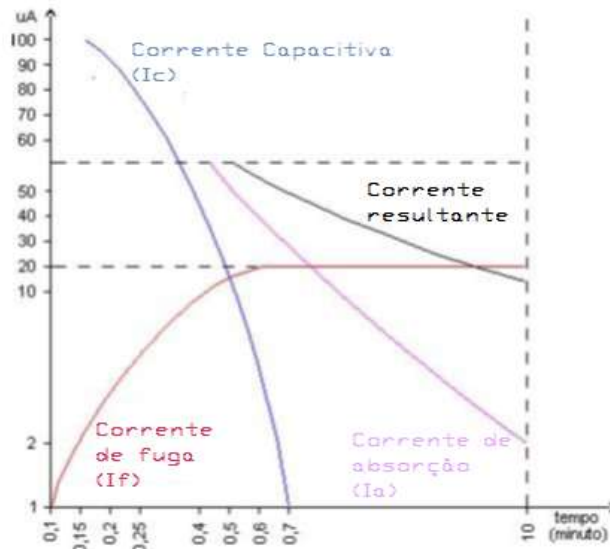
Na norma IEEE95 (2002) trata-se a corrente de fuga como sendo a soma das correntes medidas quando uma tensão é aplicada, e que passa pelo volume e pela superfície da isolação.

Segundo Cotrim (2009), de uma forma mais simplista pode-se dizer que a corrente de fuga é uma corrente muito pequena que percorre um caminho diferente daquele previsto. No caso do estator do gerador síncrono, este caminho, seria nas barras de cobre do enrolamento do mesmo.

A corrente de fuga, para IEEE43 (2000), é o valor da corrente final que circula no dielétrico após as outras componentes (capacitiva e de absorção) terem sido eliminadas em até 10 minutos. O valor da corrente de fuga depende da tensão aplicada no dielétrico e também dos caminhos de fuga. Assim, qualquer falha ou defeito no isolamento implica em um caminho adicional para a passagem da corrente, e conseqüentemente aumenta o valor da tal. Naturalmente, a presença de agentes contaminantes no isolamento, tais como, umidade e sujeira, implicarão também em aumento desta corrente de fuga. A Figura 3 ilustra o gráfico para as três

correntes em questão.

Figura 3. Gráfico componentes da corrente de um dielétrico.



Fonte: Adaptado da instrução de manutenção IM-137.

A finalidade da medição da corrente de fuga em enrolamentos do estator é acompanhar, ao longo do tempo, o estado do isolamento das três fases do gerador síncrono. Com a medição da corrente de fuga pode-se também detectar diferenças entre as três fases do gerador, e estas diferenças sempre existem, porém são mínimas.

O princípio básico da medição é medir a corrente de fuga de cada uma das fases do gerador, contra as outras duas fases aterradas, estando os terminais de linha e neutro desconectados.

Normalmente os valores de corrente de fuga variam de 0,01 mA para tensão inicial aplicada de 2 kV a 0,06 mA para tensão final aplicada de 16 kV, se os valores medidos dentro desta faixa de tensão estiverem dentro da faixa de corrente, pode-se dizer que estão em sua normalidade. Quando uma das fases apresentar um valor de corrente de fuga alto ou muito diferente dos demais, a causa deve ser pesquisada.

Outra finalidade da medição da corrente de fuga é prever o fim da vida útil do isolamento. Todo enrolamento tem uma vida útil que pode ser afetada por inúmeros fatores, tais como: temperatura de funcionamento, solicitações elétricas durante a operação, cuidados de manutenção, vibração na ranhura, entre outros.

A medição da corrente de fuga é uma das ferramentas disponíveis para se programar a substituição do enrolamento (CESP, 2010).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é o estudo dos ensaios de corrente de fuga no estator do gerador programados para uma MPP2 de um gerador síncrono trifásico, através do acompanhamento desses ensaios. Detalham-se as técnicas utilizadas, apresentam-se os equipamentos utilizados, o motivo da realização, os resultados obtidos. Na apresentação dos resultados são realizadas as discussões cabíveis para os ensaios e se faz as análises dos critérios.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Equipamentos Utilizados para Ensaio de Corrente de Fuga

No ensaio realizado foi utilizado o modelo PGK HB da Baur (ou simplesmente Baur). O equipamento de ensaio PGK HB era formado por partes que geravam tensão alternada de ensaio à frequência da rede ou tensões contínuas com polaridades positiva ou negativa. O módulo da figura 4 possuía instrumentos de medida para a tensão e corrente, elementos de controle de segurança e um transformador variável para o ajuste da tensão.

A polaridade da tensão de ensaio em corrente contínua pode ser alterada invertendo-se o retificador no módulo de alta tensão. A Figura 4 ilustra o equipamento. Tabela 1 Mostra os dados técnicos do equipamento.

Figura 4: Equipamento de Ensaio de Alta Tensão PGK HB



Fonte: Extraído do catálogo do fabricante Baur.

Tabela 1: Dados técnicos PGK HB

Alimentação da rede	220-230V, 110-120V com autotransformador externo
Frequência da rede	45Hz a 60Hz
Consumo de potencia	640VA
Consumo de potencia curto-circuito	1200VA
Tensão de saída nominal AC ef/ DC	55kV/ 70kV
Corrente de saída AC ef/ DC	7mA/ 3mA
Corrente de curto-circuito AC ef/ DC	20mA/ 12mA
Temperatura Ambiente	Em trabalho: 0 até +45°C Em armazenamento: -20 até +60°C
Precisão	2,50%

Fonte: Extraído do catálogo Baur.

Nos ensaios de corrente de fuga também foi utilizado um higrômetro que lê temperatura e umidade. A Figura 5 mostra o instrumento utilizado.

Figura 5. Higrômetro digital.



Fonte: Modelo MTH 1380, Minipa.

3.2 Procedimentos Preparatórios para o Ensaio de Corrente de Fuga

Os procedimentos de ensaio foram seguidos conforme a instrução de manutenção IM-137 da empresa mantenedora da UHE na época.

Segundo a instrução, cada instalação deve se adaptar às condições de segurança básicas e necessárias para um ensaio, tais como (i) isolamento da área em ensaio com cordas e bandeirolas; (ii) colocar placas de sinalização, impedindo a entrada de pessoas durante o período do ensaio e (iii) retirada das pessoas não participantes no evento, da área de segurança.

Foram removidas as tampas do gerador localizadas sobre os terminais de saída e ponto neutro. Desconectaram-se as ligações flexíveis ou fixas entre o terminal de saída do gerador e o barramento blindado ou cabos que vão até o transformador elevador. Atentou-se sempre para que houvesse distância de isolamento suficiente por ar, para evitar faísca ou arco entre o terminal de saída do gerador e a continuação do barramento ou cabos. Evitou-se instalação de isolantes (Celeron, borracha, fibra de vidro), que podem influenciar no resultado do ensaio. Procedeu-se da mesma maneira no lado do fechamento do neutro do gerador. A Figura 6 mostra esses procedimentos.

Figura 6. A. Fases do centro estrela desconectadas. B. Duas fases aterradas.

A



B



Fonte: Elaborado pelos autores.

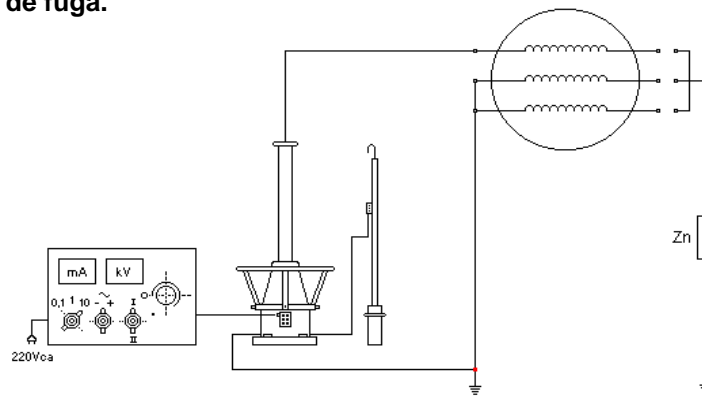
Foi verificado, com o auxílio de um ohmímetro, se existia continuidade nas resistências do bastão de aterramento.

Verificou-se a polaridade da haste retificadora, dentro da coluna isolante, pois a polaridade utilizada no ensaio deve ser negativa.

O nível do óleo isolante dentro da coluna isolante do Baur também foi verificado, caso estivesse abaixo do recomendado, este seria corrigido. É importante observar que nas usinas onde há oscilação da tensão de alimentação, há necessidade do uso de uma fonte estabilizadora de tensão para alimentação da unidade de operação do instrumento.

Como geralmente é previsto, uma haste de conexão a terra com uma resistência de descarga foi utilizada. A haste estava isolada e segura para a máxima tensão de ensaio. O bobinado foi descarregado inicialmente através de uma resistência até que a tensão se reduzisse a zero, e depois foi conectada diretamente a terra. Com a haste, utilizou-se uma resistência de 1000 a 6000 Ω /kV da máxima tensão de ensaio. O cabo de terra conectado ao resistor de descarga era extra flexível e tinha uma boa capacidade de passagem de corrente e resistência física. A conexão do instrumento deve ser feita de acordo com a Figura 7, obedecendo-se a sequência de acordo com a instrução de manutenção da empresa mantenedora da UHE na época.

Figura 7. Esquema de ligação para o ensaio de corrente de fuga.



Fonte: Extraída de Instrução de Manutenção IM-137.

Ligou-se a unidade de alta tensão do instrumento de ensaio à fase a ser testada, com fio flexível, evitando pontas e ângulos que podem propiciar o aparecimento de corona. A polaridade utilizada foi a negativa. Conectaram-se as extremidades das outras duas fases à malha de terra da usina. Foi feita a verificação para que qualquer ponto a ser energizado possuísse espaçamento suficiente de quaisquer outros pontos aterrados. As pontas de alta tensão estavam separadas um mínimo de 10 cm, mais 2,5 cm a cada 10 kV de tensão de ensaio, das superfícies conectadas à terra, onde possível foi possível.

3.3 Execução do Ensaio

O ensaio foi realizado por três pessoas. Uma permaneceu encarregada da operação do instrumento e das leituras de tensão e corrente, a outra cronometrou os tempos e anotou os valores lidos.

A tensão foi elevada para 2,0 kV, com uma taxa de elevação de aproximadamente 2,0 kV em 20 segundos. Tão logo a tensão se estabilizou em 2,0 kV, o operador do instrumento deu um aviso ao cronometrista, o qual partiu o cronômetro. Aos 40 segundos, ele deu o primeiro aviso ao operador, que passou a observar a indicação da corrente de fuga. Aos 50 segundos, o cronometrista deu um outro aviso e o operador passou a avaliar a tendência de variação da corrente de fuga, procurando o valor médio. Aos 60 segundos o cronometrista deu outro aviso e o operador fez a leitura do valor médio e não de algum máximo ou mínimo instantâneo. Ocorrem, algumas vezes, grandes picos de corrente de fuga, os quais não devem ser levados em conta na avaliação do valor médio lido aos 60 segundos. Tão logo o operador fez a leitura da corrente de fuga, fez-se também a leitura do

valor exato da tensão. A tensão tem por costume aumentar um pouco à medida que a corrente de fuga diminui, no decorrer do minuto de aplicação da tensão.

Se a corrente de fuga lida aos 2 kV ultrapassasse 0,06 mA, o ensaio deveria ter sido interrompido, pois a resistência de isolamento estaria com um valor muito baixo. Se a corrente de fuga fosse muito baixa não seria necessário anotar. O ensaio foi prosseguido ajustando-se sucessivamente 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16kV, procedendo-se em cada nível de tensão conforme descrito para o caso de 2 kV.

Se a corrente lida com 14 kV fosse superior a 0,4 mA, o ensaio deveria ter sido interrompido e consultada a equipe de engenharia que definiria a conveniência de se prosseguir com teste visando a confiabilidade da máquina ou pela preservação do equipamento. O ensaio também deveria ser interrompido se a corrente lida com 14 kV fosse superior a 2,5 vezes a corrente lida a 10 kV. Tudo corrido bem aos 16 kV, o ensaio prosseguiu, aplicando-se um degrau de 18 kV como manda a norma para geradores com tensão nominal de 13,8 kV. Caso o gerador tivesse tensão nominal de 14,4 kV aplicaria-se de 20kV. Observação: em qualquer um dos níveis, não se deve tentar o acerto da tensão no sentido decrescente.

Terminado o ensaio, reduz-se a tensão a zero de maneira rápida e uniforme, nunca de maneira repentina, e desenergizou-se o instrumento. A carga acumulada na fase foi descarregada para a terra. Este descarregamento foi feito inicialmente por intermédio do bastão apropriado de aterramento com resistor. Após aproximadamente 1 minuto, faz-se uma ligação direta à terra com um bastão sem resistência ou com uma garra, tomando-se o cuidado de ligar primeiramente a extremidade do lado terra. Esta ligação foi e deve ser mantida durante 30 minutos.

Repetiu-se o ensaio para as outras duas fases, tomando-se sempre o cuidado de aterrar as duas extremidades das fases que não estavam sendo ensaiadas.

4 RESULTADOS

4.1 Ensaios de Corrente de Fuga

Os resultados do ensaio de corrente de fuga realizado no dia 03/03/2015 (antes da MPP2) foram anotados em uma planilha de ensaio. A norma seguida foi a IM-137, foi realizado por uma equipe de 3 técnicos e o instrumento utilizado foram: higrômetro, cronômetro e Baur.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2, sendo que A corresponde à fase azul, B à fase branca e V à fase vermelha.

Tabela 2. Resultados do ensaio de corrente de fuga 03/03/2015.

Fases	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
A / BVT	2,3	4,2	6,1	8,2	10,4	12,2	14,3	16,3
	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)
	0,0130	0,0155	0,0225	0,0230	0,0275	0,0320	0,0340	0,0400
B / AVT	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
	2,2	4,2	6,1	8,2	10,2	12,1	14,1	16,0
	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)
	0,0145	0,0270	0,0490	0,0815	0,1485	0,2435	0,3970	0,5740
V / ABT	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
	2,1	4,2	6,1	8,2	10,3	12,2	14,3	16,2
	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)	If (mA)
	0,0100	0,0120	0,0160	0,0195	0,0250	0,0130	0,0280	0,0335

Fonte: Elaborado pelos autores.

No painel da unidade geradora foi lida a temperatura do enrolamento que foi 33,5 °C. Com o higrômetro da figura 5 foram medidas a temperatura ambiente que foi 32 °C e a umidade relativa que foi 59,4%.

Observou-se que para a fase B (Branca) a corrente de fuga para 14,1 kV foi de 0,3970 mA que é 2,67 vezes a corrente de fuga para 10,2 kV e no procedimento de execução do ensaio foi dito que se a corrente de fuga para tensão de 14 kV fosse 2,5 vezes a corrente para 10 kV o ensaio deveria ser interrompido, porém não foi feita esta interrupção. Foi considerado pelos técnicos que a diferença entre 2,5 e 2,67 era mínima tendo em vista que as tensões não estavam exatamente em 10 kV e em 14 kV, o que provoca alterações nas correntes de fuga, além da possibilidade de o instrumento estar descalibrado. Assim foi decidida a continuação do ensaio.

Para a fase vermelha observa-se que houve uma queda do valor da corrente de fuga para a tensão de 12,2 kV e depois houve o retorno a um valor normal dentro da tendência de aumento da corrente de fuga. Porém, esta variação de 0,012 mA em relação ao valor anterior (0,0250 mA) pode ser considerada mínima, portanto

não se considerou anormalidade no ensaio desta fase. Um fator que pode ter dado esta discrepância de valores é o erro de paralaxe do técnico que estava lendo os valores, pois o mostrador é analógico e seu ponteiro não fica estático em um valor, assim há grandes chances de ter lido o valor incorreto naquele momento.

Os resultados do ensaio de corrente de fuga realizado no dia 02/06/2015 (depois da MPP2) foram anotados em uma planilha de ensaio.

Este foi o ensaio final de avaliação da isolação, após término da MPP2, para liberar os ensaios de excitação da máquina. A norma seguida foi a IM-137, foi realizado por uma equipe de 3 técnicos e o instrumento utilizado foram: higrômetro, cronômetro e Baur. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do ensaio de corrente de fuga 02/06/2015.

Fases	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
A / BVT	2,20	4,16	6,18	8,24	10,10	12,12	14,28	16,16
	If (A)	If(A)	If(A)	If(A)	If(A)	If(A)	If(A)	If(A)
	0,0130	0,0170	0,0220	0,0285	0,0265	0,0340	0,0370	0,0460
B / AVT	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
	2,28	4,20	6,12	8,24	10,20	12,48	14,14	16,32
	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)
	0,0135	0,0185	0,0215	0,0260	0,0300	0,0305	0,0305	0,0425
V / ABT	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV	Tensão KV
	2,14	4,08	6,12	8,24	10,10	12,12	14,14	16,2
	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)	If (A)
	0,0120	0,0180	0,0200	0,0260	0,0330	0,0350	0,0370	0,0360

Fonte: Elaborado pelo autor.

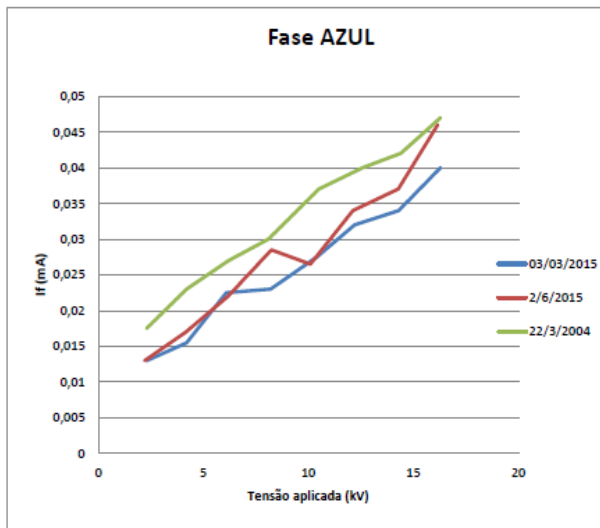
No painel da Unidade Geradora foi lida a temperatura do enrolamento que foi 36 °C. Com o higrômetro da figura 5 foram medidas a temperatura ambiente que foi 25 °C e a umidade relativa que foi 40%.

Observou-se que os valores medidos neste ensaio estavam dentro dos valores normais. O ensaio não apresentou nenhum valor que merecesse uma maior atenção.

Para fim de comparação foram construídos gráficos da corrente de fuga versus tensão aplicada para cada fase de cada ensaio, inclusive foi utilizado os

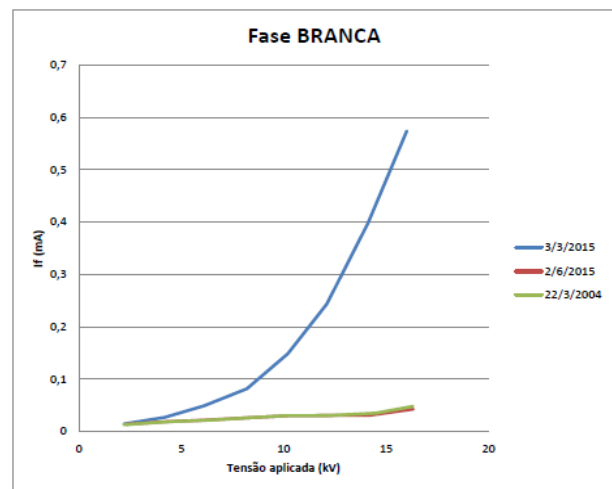
dados do último ensaio de corrente de fuga realizado antes desta manutenção (22/03/2004) e considerado como referência, pois as medidas foram realizadas com os enrolamentos em estado normal, secos e limpos. As Figuras 8, 9 e 10 apresentam os gráficos da corrente de fuga para cada fase: azul, branca e vermelha, respectivamente. Sendo linha azul correspondente ao ensaio do dia 03/03/2015, linha vermelha ao ensaio do dia 02/06/2015 e linha verde ao ensaio do dia 22/03/2004.

Figura 8. Corrente de fuga na fase azul.



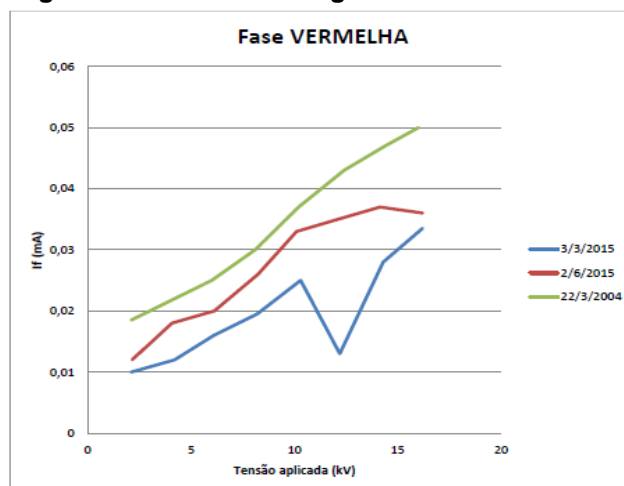
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9. Corrente de fuga na fase branca.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10. Corrente de fuga na fase vermelha.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a fase azul (Figura 8) os valores de corrente de fuga para os ensaios de 03/03/2015 e 02/06/2015 foram considerados normais tendo em vista que estão abaixo da curva de valores do ensaio de 2004 que é considerado como referência.

Comparando-se as três curvas da Figura 9, para a fase branca, puderam ser observadas claramente as diferenças de formato e de valores para o ensaio do dia 03/03/2015, estas alterações estão dentro dos parâmetros admitidos, porém apontam uma tendência de que a isolação está sendo comprometida. Foram então pesquisadas as causas das alterações:

Foi feito a análise de vibração das lâminas do núcleo e foram encontrados diversos pontos de vibração, porém nenhum desses comprometeu a isolação das bobinas, o que causaria uma alteração da corrente de fuga. Mas a correção dos pontos de vibração é de extrema importância, pois previne que as lâminas danifiquem a isolação.

Outra causa seria a presença de impurezas nos enrolamentos do gerador, o que foi comprovado. Com o passar dos anos os enrolamentos foram contaminados com óleo, pó entre outras impurezas, isso provocou alteração na isolação que por sua vez provocou alteração na corrente de fuga, pois ofereceu um caminho mais fácil para a corrente. Portanto foi feita a limpeza completa dos enrolamentos do estator do gerador.

Observando a curva do dia 02/06/2015 pôde-se ver claramente a melhora dos valores da corrente de fuga em relação ao ensaio do dia 03/03/2015, o que comprova que uma limpeza dos enrolamentos causa uma diminuição da corrente de fuga.

Para a fase vermelha (Figura 10) pôde ser observado que os valores dos dias 03/03/2015 e 02/06/2015 estavam abaixo dos valores do ensaio de 2004, considerando-se, assim, dentro da faixa admissível. Pôde ser observado, também o valor medido erroneamente no dia 03/03, este valor pode ser desconsiderado.

5 CONCLUSÃO

Foi possível analisar a importância e minuciosidade da realização dos ensaios de corrente de fuga em um Gerador Síncrono Trifásico de uma UHE durante uma Manutenção Preventiva Programada, em que se pode avaliar a situação real de seus componentes analisando se é preciso reparo ou apenas um acompanhamento especial do componente durante a máquina em operação.

Como o foco dos ensaios de corrente de fuga foi os enrolamentos do estator do gerador síncrono trifásico, pôde-se avaliar principalmente a isolação dos

mesmos, pois uma falha na isolação das bobinas pode acarretar um curto-circuito de enormes proporções, pois a corrente nominal do gerador é de 4,27kA. Esse evento, com toda certeza, danificaria toda a estrutura da máquina, levando ao prejuízo material e, ainda, ao comprometimento do fornecimento e da qualidade de energia gerada pela UHE, pois haveria uma parada de máquina não programada.

Ressalta-se aqui, que para avaliação completa da isolação dos enrolamentos de um estator é necessário a realização de outro ensaio que tem por finalidade a medição da resistência de isolação.

REFERÊNCIAS

AZUAJE, C. J.; TORRES, W. J. Experiences in identification of partial discharge pattern in large hydrogenerators. Transmission & distribution conference and exposition: Latin america, 2006. TDC '06. IEEE/PES, Caracas, p. 1-6, Ago., 2006.

BASTOS, J. P. A. Eletromagnetismo para engenharia: estática e quase-estática. Florianópolis: Ed. UFSC. 2008.

CESP, IM137-Ensaio Dielétricos em Corrente Contínua, São Paulo, 2010.

EVERSHED, S. The characteristics of insulation resistance. Journal of the institution of electrical engineers, p.51-73, dez., 1913.

FITZGERALD, A. E. Máquinas Elétricas, São Paulo: Bookman, 1975.

FITZGERALD, A. E. Máquinas Elétricas, São Paulo: Bookman, 2006.

HILL, L. Testing electrical insulation of rotating machinery with high-voltage direct current. Aiee transactions power apparatus and system, v.3, p.159-174, 1953.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE 43: recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery, New York, 2000. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/43-2000.html>>. Acesso em: 15 Jun. 2014. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE 95: recommended practice for insulation testing of AC electric machinery (2300 V and above) with high direct voltage. New York, 2002. Disponível em: <<https://standards.ieee.org/findstds/standard/95-2002.html>>. Acesso em: 15 Jun. 2014. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

KUFFEL, E; ZAENGL W. S.; KUFFEL J. High voltage engineering. Oxford: Ed. Butterworth-Heinemann, 2000.

MORETTI, D. R. Investigação experimental sobre faltas em isolamento de alta tensão aplicada em estatores de máquinas elétricas, 2016. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

STONE, G. et al. Electrical insulation for rotation machines. design, evaluation, aging, testing, and repair, New Jersey: ed. IEEE, p.15, 2004.

STONE, G. et al. Electrical insulation for rotation machines. design, evaluation, aging, testing, and repair, New Jersey: ed. IEEE, p.91, 2004.