

Capítulo IV

Proteções de sobreexcitação e sobretensão

Por Geraldo Rocha e Paulo Lima*

Os dois elementos usados para proteger o gerador contra danos durante condições de sobreexcitação (24) e sobretensão (59) estão destacados na Figura 1. A sobreexcitação afeta não apenas o gerador, mas pode também afetar o transformador elevador. Por esta razão, é comum ajustar o relé 24 para proteger os dois equipamentos.

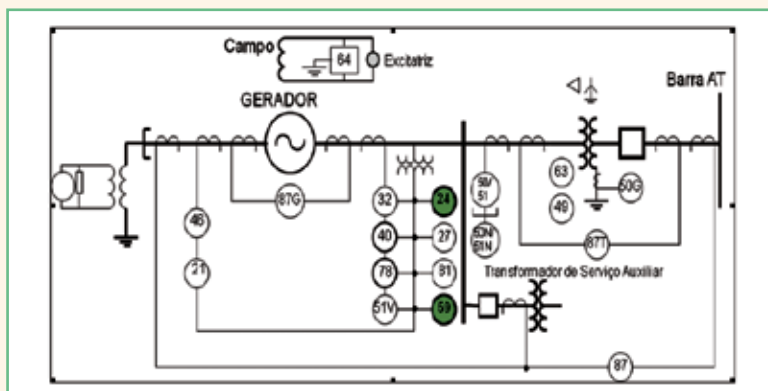


Figura 1 – Proteção 24 e 59.

Ambas as funções indicam possíveis defeitos no sistema de excitação dos geradores.

Proteções relacionadas ao sistema de excitação

Proteção de sobreexcitação (24)

O núcleo do estator, bem como o do transformador, é composto de folhas laminadas de ferro empilhadas, separadas por uma fina camada (verniz) de isolamento e

amarradas juntas. No fim do núcleo, existem componentes não laminados que ajudam a manter o núcleo unido.

A densidade de fluxo magnético do núcleo é proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à frequência aplicada. A sobreexcitação ocorre quando o fluxo no núcleo de ferro atinge valores elevados. Esta sobreexcitação resulta de um acréscimo da corrente de excitação e da força magnetomotriz, NI. Nestas condições, o núcleo de ferro se torna saturado e o fluxo atinge valores muito acima do joelho (Knee point) da curva característica do ferro.

Com alguma simplificação e usando a Lei de Faraday, podemos mostrar que o fluxo magnético no núcleo de ferro de um transformador ou máquina é proporcional à relação da tensão induzida dividida pela frequência.

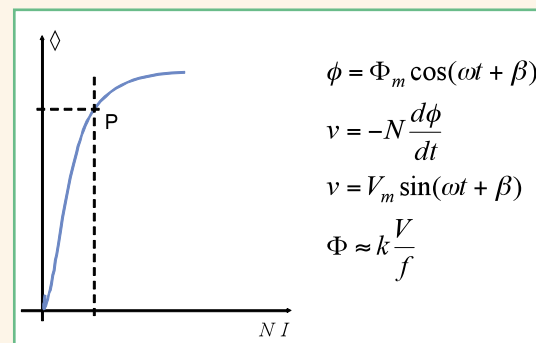


Figura 2 – Condição de sobreexcitação.

Se assumirmos que o fluxo é aproximadamente senoidal e que, de acordo com a lei de Faraday, a tensão induzida é proporcional à derivada do fluxo em relação ao tempo, então o valor RMS da tensão induzida é proporcional à frequência do fluxo multiplicado pela amplitude do fluxo. Em outras palavras, por meio da medição do valor RMS da tensão induzida V e da frequência f é possível determinar se o fluxo aumenta verificando se a relação V/f aumenta.

Um relé que possa medir V/f estará indiretamente medindo o fluxo Φ . A sobreexcitação pode ser resultante de vários fatores:

1. Aumento excessivo da excitação do campo pode ocorrer quando um operador parte a máquina, ou em outras situações quando for necessário o controle manual;
2. Queima de um ou mais fusíveis dos TPs que alimentam o circuito de controle da excitação, gerando leitura de um valor incorreto pelo controle de realimentação (feedback). Este valor pode ser tão baixo que o regulador

de tensão reage com um súbito acréscimo da corrente de campo;

3. Conexão incorreta dos TPs que alimentam o circuito de controle da sobreexcitação;
4. Quando ocorre a perda de um grande bloco de geração ou quando uma carga substancial é subitamente conectada, as necessidades de reativo para o sistema aumentam subitamente. O regulador automático de tensão reage aumentando a corrente de campo. Isso pode levar a uma condição indesejada de sobreexcitação.

As normas ANSI/IEEE C50.13 estabelecem os limites de sobreexcitação contínua para geradores. Os limites de sobreexcitação contínua dos geradores são iguais a 1.05 p.u. na base do gerador para condições a plena carga e sem carga.

As normas ANSI/IEEE C57.12.00 também estabelecem os limites de sobreexcitação contínua para transformadores. Os limites de sobreexcitação contínua dos transformadores são de 1.10 p.u. na base do transformador sem carga e de 1.05 p.u. na base do

secundário do transformador com carga nominal e f.p. igual a 0.8 ou maior.

Observe que, para o transformador elevador do gerador, o terminal de baixa tensão é considerado como o enrolamento primário. Portanto, o sistema, ou a carga, é conectado do lado de alta tensão, ou enrolamento secundário.

As curvas V/Hz mostram os limites de capacidade da máquina em diversas situações de sobrecitação. Na Figura 3, o gerador será danificado em 1 minuto por uma sobrecitação que produza 120% V/Hz.

Observe que o eixo Volts/Hz é um porcentual da grandeza V/Hz nominal. Observe também que o tempo de danos na curva V/Hz está no eixo horizontal, ao contrário das curvas normais de danos tempo *versus* corrente.

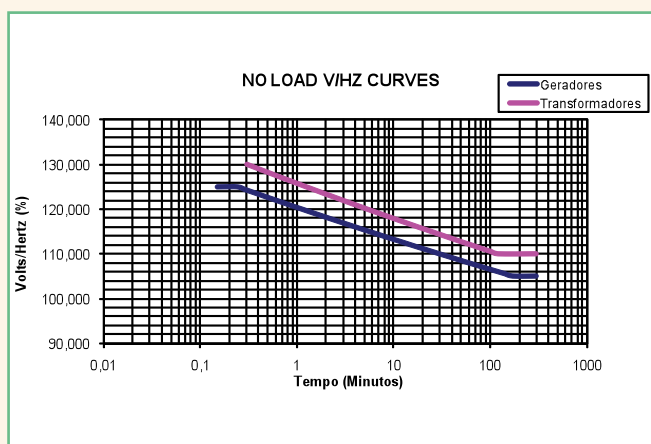


Figura 3 – Exemplo de curva V/Hz de geradores e transformadores.

Cada gerador ou transformador possui uma curva do fabricante com uma tensão base única para aquele equipamento. Isto significa que o gerador e o correspondente transformador elevador possuem, algumas vezes, curvas baseadas em diferentes tensões de base. Neste caso, deve ser usada uma base comum para calcular as curvas.

A melhor proteção para uma condição de sobrecitação é um relé que faça a medição de V/Hz a qualquer instante e opere antes que o equipamento seja danificado.

As curvas limites dos equipamentos são usadas como referência para calcular os ajustes do relé. A Figura 4 mostra os casos de dois elementos de tempo-definido usados para proteger as máquinas exemplificadas.

A Figura 5 mostra um elemento de proteção com

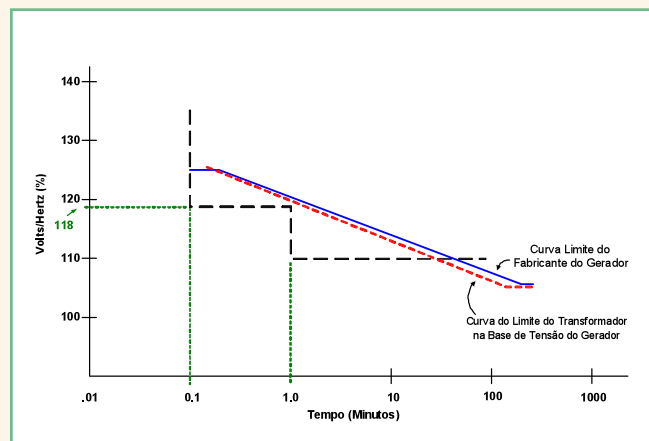


Figura 4 – Relé Volts/Hertz (24) tempo-definido com dois níveis.

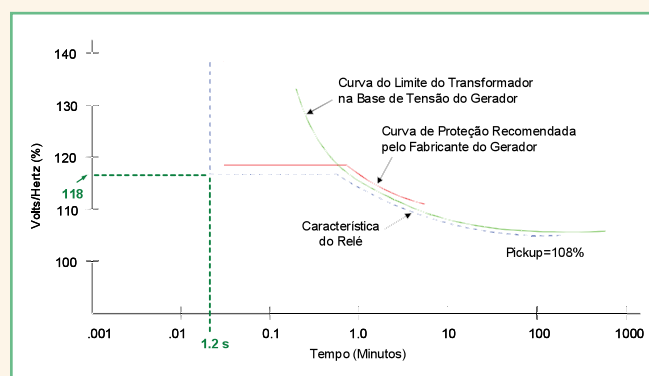


Figura 5 – Relé Volts/Hertz (24) de tempo-definido e tempo-inverso.

uma curva de tempo-inverso e uma curva de tempo-definido. Para a proteção V/Hz com elementos de tempo-inverso e tempo-definido, um elemento pode ser ajustado com 118% de V/Hz e temporização de 1.2 s. Isto funciona bem para o exemplo mostrado, mas o ajuste exato deve ser verificado para cada caso. Como regra, a partida para a curva de tempo-inverso pode ser ajustada em 108% de V/Hz.

Proteção de sobretensão (59)

Alguns geradores, particularmente os hidrogeradores, podem ser submetidos a um acréscimo considerável das tensões nos terminais como resultado de uma súbita rejeição de carga. Devido ao aumento súbito do torque de aceleração, a rejeição de carga também causa sobrevelocidade, que produz um aumento na tensão induzida do gerador. Isto ocorre sem qualquer elevação na corrente de excitação. Dessa forma, esta condição não é classificada como sobrecitação.

Este efeito é mais comum em grandes hidrogeradores porque os reguladores respondem lentamente. Na

ocorrência de trip em um gerador, pode levar algum tempo desde o comando de fechamento da comporta até que o gerador retorne a uma velocidade razoável. Em alguns casos, a sobrevelocidade momentânea pode atingir duas vezes a velocidade nominal.

Nos modernos geradores com turbinas a gás ou vapor, os reguladores de velocidade e tensão respondem muito mais rapidamente do que dos hidrogeradores. Para esses geradores, sobretensões resultantes de rejeição brusca de carga não criam maiores problemas.

A Tabela 1 mostra as sobretensões permissíveis para geradores e transformadores de acordo com as normas IEEE/ANSI. Essas informações são úteis para ajustar os elementos das proteções de sobretensão.

TABELA 1 – SOBRETENSÕES PERMISSÍVEIS PARA GERADORES E TRANSFORMADORES

Geradores	Transformadores
105% Continuamente	100% Continuamente
110% 30 min	115% 30 min
115% 5 min	120% 5 min
125% 2 min	130% 3 min

Os elementos da proteção de sobretensão do gerador podem ser de tempo-definido ou tempo-inverso. Em ambos os casos, o ajuste da temporização deve ser tal que permita ao Regulador Automático de Tensão (AVR) da máquina efetuar uma ação corretiva e evitar a necessidade de trip do relé de proteção. A partida do elemento temporizado é ajustada em aproximadamente 110% da tensão nominal da máquina.

Para evitar danos devidos às sobretensões elevadas, a proteção de sobretensão possui um elemento instantâneo normalmente ajustado entre 130% e 150% da tensão nominal da máquina.

**GERALDO ROCHA é engenheiro eletricitista e especialista em Proteção de Sistemas Elétricas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). É atualmente gerente de Marketing e Engenharia de Aplicação na Schweitzer Engineering Laboratories e professor titular do curso P4 - Filosofias de Proteção de Geradores da Universidade SEL.*

PAULO LIMA é graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, com ênfase em Sistemas Elétricos. Atua na SEL como engenheiro de aplicação e suporte técnico para clientes nos serviços e soluções para controle, automação e proteção nas áreas de geração, transmissão, distribuição.

Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br