

DETECÇÃO DA PERDA PARCIAL EM GERADORES SÍNCRONOS ATRAVÉS METODOLOGIAS DE MASON E BERDY

Alex Itczak ¹

Arian Rodrigues Fagundes ²

Marcel Stalter ³

Mateus Franco ⁴

Paulo Ricardo Fiuza Marques ⁵

Eduardo Machado Dos Santos ⁶

Resumo:

O gerador síncrono é uma fonte de tensão com frequência constante que fornece potência a uma determinada carga. A tensão terminal é controlada pelo sistema de excitação, o qual fornece corrente de campo para o respectivo enrolamento, produzindo um campo magnético. O gerador está sujeito a muitas condições anormais de funcionamento, tais como: sobreaquecimento, sobretensões, motorização e perda de excitação. Dentre estas condições anormais, destaca-se a perda de excitação, fenômeno para o qual utiliza-se uma função específica de proteção (função ANSI 40), cuja finalidade é detectar a perda parcial ou total de excitação e desconectar a máquina da rede, mantendo a estabilidade do sistema elétrico ao qual ela está conectada. As metodologias de Mason e Berdy, propõe a utilização de um relé de admitância exercendo a função ANSI 40, mede a distância do ponto onde este é instalado até um terminal remoto, assim quando o sistema funciona normalmente e as impedâncias vistas pelos relés estão distantes das zonas de atuação, No momento em que ocorre o evento da perda parcial de excitação a impedância se desloca do lugar geométrico das cargas em direção as zonas de atuação do relé, desconectando o gerador que está trabalhando subexcitado. A metodologia de Mason apresenta bom desempenho para casos de perda de excitação, principalmente em situações onde ocorram perda total de excitação, porém é ineficiente para casos onde ocorram transitórios ou oscilações estáveis de potência. Berdy propôs uma melhoria na metodologia de Mason, inserindo um segundo relé, com função temporizada, com atuação temporizada e ajuste igual a reatância do eixo direto do gerador síncrono. Tal configuração permite seletividade para alguns casos de oscilação de potência pois a atuação da zona temporizada irá ocorrer após transcorrido o intervalo de tempo ajustado. Ambas metodologias se mostram eficientes para casos onde ocorram a perda total de excitação, porém falham para alguns casos onde ocorra perda parcial de excitação. Levando em consideração que geradores trabalhando sub-excitados podem comprometer a estabilidade do sistema, é necessário levar em conta outras metodologias mais eficazes para casos onde ocorram perda total de excitação.

Palavras-chave: Perda de Excitação, Mason, berdy, Gerador Síncrono

Modalidade de Participação: Pós-Graduação

DETECÇÃO DA PERDA PARCIAL EM GERADORES SÍNCRONOS ATRAVÉS METODOLOGIAS DE MASON E BERDY

¹ Aluno de pós-graduação. alex.itczak@gmail.com. Autor principal

² Aluno de Pós graduação. ariantricolorfagundes@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de Pós Graduação. marcelstalter@gmail.com. Co-autor

⁴ Aluno de Graduação. mateusfranco1998@gmail.com. Co-autor

⁵ Aluno de Pós Graduação. prfmarques2@gmail.com. Co-autor

⁶ Docente. eduardosantos@unipampa.edu.br. Orientador

DETECÇÃO DA PERDA PARCIAL EM GERADORES SÍNCRONOS ATRAVÉS METODOLOGIAS DE MASON E BERDY

1 INTRODUÇÃO

O gerador síncrono é uma fonte de tensão com frequência constante que fornece potência a uma determinada carga. A tensão terminal é controlada pelo sistema de excitação, o qual fornece corrente de campo para o respectivo enrolamento, produzindo um campo magnético.

O gerador está sujeito a muitas condições anormais de funcionamento, tais como: sobreaquecimento, sobretensões, motorização e perda de excitação. Dentre estas condições anormais, destaca-se a perda de excitação, fenômeno para o qual utiliza-se uma função específica de proteção (função ANSI 40), cuja finalidade é detectar a perda parcial ou total de excitação e desconectar a máquina da rede, mantendo a estabilidade do sistema elétrico ao qual ela está conectada.

Uma vez que a criação do campo magnético girante ocorre a partir da energização do rotor com corrente contínua, o qual induz tensão nas bobinas do estator, quando em movimento, pela variação do fluxo magnético, a tensão nos terminais do gerador depende da intensidade da tensão na fonte de corrente contínua. Assim, durante a perda do sistema de excitação, há um súbito aumento da velocidade do rotor do gerador, causando um enfraquecimento magnético entre o campo do rotor e do estator. Sendo assim, o gerador que operava de forma síncrona, passa a operar de maneira assíncrona, recebendo correntes reativas do sistema, o que causa sobreaquecimento nas partes fixas e móveis da máquina, além de causar um afundamento súbito da tensão na barra da subestação.

Segundo, Coelho (2014), o ajuste típico da proteção contra perda de excitação (função ANSI 40) sugere que se aplique a proteção contra a perda total de excitação, sendo que a proteção do ajuste para a perda parcial de excitação pode causar desligamento indevido, deixando o gerador vulnerável a graves danos causados pela perda parcial. Além disso, a perda parcial de excitação também pode afetar a estabilidade do sistema de energia.

Assim, um relé de admitância exercendo a função ANSI 40 mede a distância do ponto onde é instalado até o terminal remoto. Quando o sistema elétrico funciona normalmente as impedâncias vistas pelo relé estão distantes das regiões de operação, sendo essas definidas pelos seus ajustes. Durante a perda de excitação, a impedância vista pelo relé se desloca do lugar geométrico das cargas em direção à região de atuação do relé, desconectando o gerador subexcitado do sistema caso a impedância entre na referida região de operação.

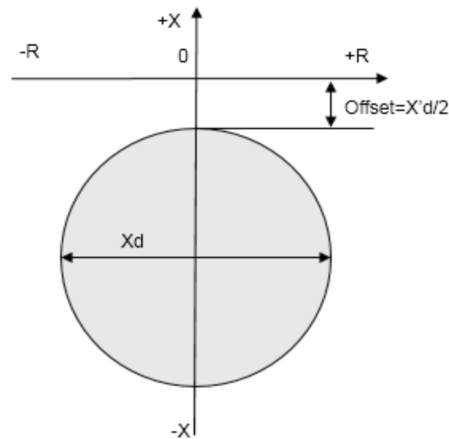
Nesse contexto, Mason (1949) propôs a utilização de um relé de distância monofásico do tipo MHO, o qual monitora a tensão e a corrente nos terminais do gerador. Este relé opera quando a impedância vista entra na região delimitada pelo ajuste do respectivo relé no diagrama R-X com região de atuação deslocada (offset mho) para detectar a perda de excitação em máquinas síncronas.

A Figura 1 mostra a característica de um relé MHO na função ANSI 40 (proteção para perda de excitação) no diagrama R-X. Os parâmetros de operação são dados pelas características do gerador. O centro do círculo de operação tem coordenadas $(0, X_d/2 + X'_d/2)$, sendo X_d a reatância transitória de eixo direto da máquina e X'_d , a reatância subtransitória de eixo direto da máquina.

Tal metodologia apresenta bom desempenho na sua aplicação, principalmente em situações que envolvam a perda total de excitação. Com as mudanças nos parâmetros elétricos das máquinas e com objetivo de melhorar a proposta de Mason, Berdy (1972) sugeriu a inclusão de uma segunda unidade offset mho com atuação temporizada e com ajuste igual à

reatância de eixo direto do gerador síncrono, permitindo um ajuste de proteção para a perda de excitação em condições severas e seletividade em algumas condições de oscilação de potência e transitórios.

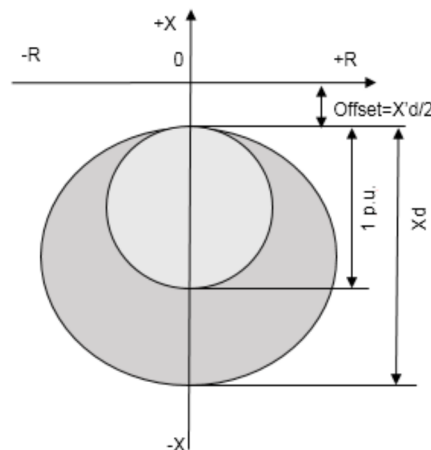
Figura 1. Característica do relé MHO proposto por Mason (1949).



Fonte: Autoria própria, 2018.

A metodologia proposta por Mason apresenta operação indevida durante situações em que ocorram oscilações estáveis de potência e transitórios. Assim, Berdy propôs que a seleção e aplicação da proteção contra perda de excitação devem considerar os efeitos da oscilação estável de potência e do desempenho do regulador de tensão. A Figura 2 ilustra a metodologia de Berdy, a qual utiliza dois relés MHO com características definidas.

Figura 2. Característica do relé MHO proposto por Berdy (1972).



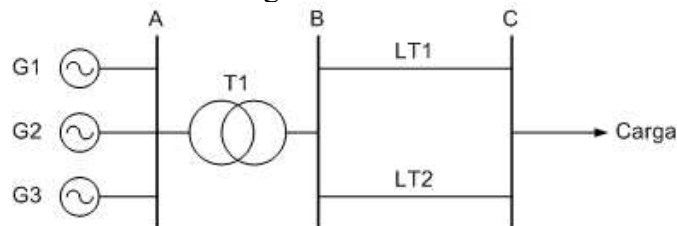
Fonte: Autoria própria, 2018.

Berdy propôs que um relé possua atuação instantânea, ajustado com diâmetro de 1 p.u. na base do gerador. Já o segundo relé, tem atuação temporizada e ajuste igual à reatância do eixo direto do gerador síncrono. Essa configuração permite a proteção quando a perda de excitação ocorre em condições mais severas e a seletividade em algumas condições de oscilação de potência e transitórios, já que a atuação da zona temporizada irá ocorrer após transcorrido o intervalo de tempo ajustado.

2 METODOLOGIA

O sistema teste da Figura 3 foi implementado no software DigSILENT Power Factory[®], onde foram simulados casos de perda parcial (tensão de excitação menor que 1 p.u. e maior que zero) e total de excitação. As metodologias de Mason e Berdy foram implementadas no Matlab[®].

Figura 3. Sistema Teste.



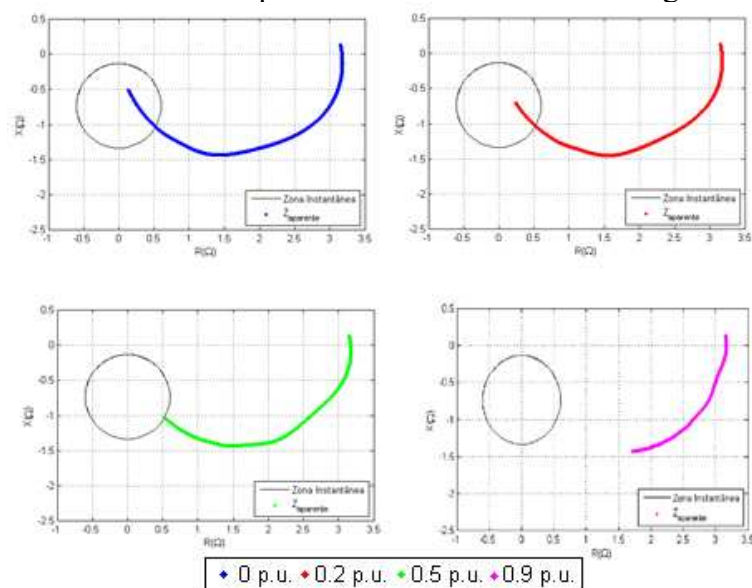
Fonte: Autoria própria, 2018.

Para análise das metodologias, foram utilizados um gerador de 500 MVA com 100% de carregamento e outro com potência de 390 MVA e 25% de carregamento, sendo que os eventos de perdas parciais e totais de excitação ocorrem em $t=0,5s$.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

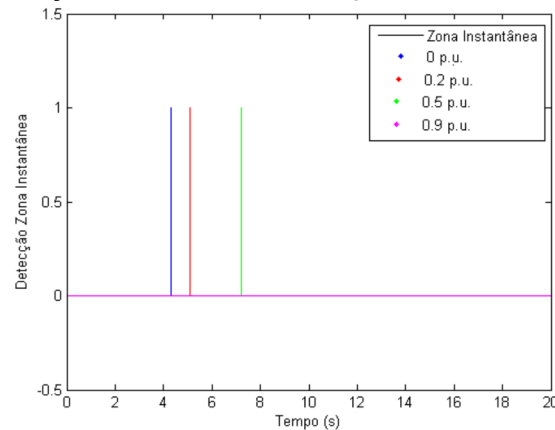
A Figura 4 apresenta a característica da impedância aparente no diagrama R-X utilizando a metodologia de Mason, para a perda parcial e total de excitação de um gerador de 500 MVA com 100% de carregamento. Quando a impedância aparente entra na zona de ajuste do relé, este envia um sinal para a abertura do disjuntor, desconectando o gerador do sistema. Esta ação é mostrada na Figura 5, onde é possível perceber que não há atuação deste método para uma excitação de 0,9 p.u.

Figura 4. Característica da Impedância utilizando a Metodologia de Mason.



Fonte: Autoria própria, 2018.

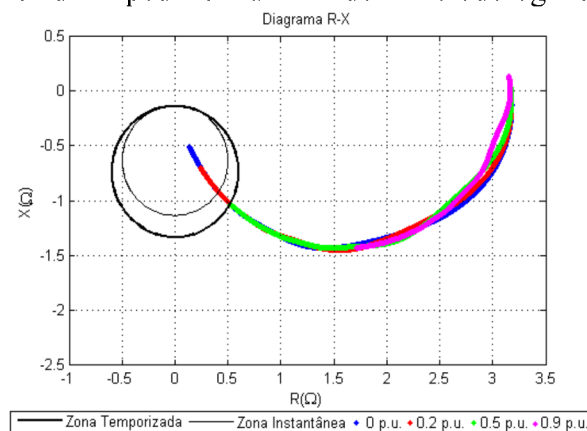
Figura 5. Detecção da perda parcial e total de excitação utilizando a Metodologia de Mason.



Fonte: Autoria própria, 2018.

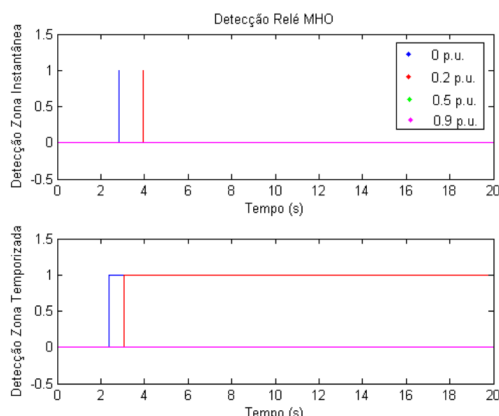
A Figura 6 mostra o comportamento da impedância aparente durante uma perda parcial e total de excitação para um gerador de 390 MVA com um carregamento de 25%, utilizando a metodologia proposta por Berdy. Ainda, a Figura 7 apresenta as atuações das zonas instantânea e temporizada. Ressalta-se que as perdas parciais de excitação de 0,5 p.u, e 0,9 p,u não são detectadas com a metodologia de Berdy.

Figura 6. Característica da Impedância utilizando a Metodologia de Berdy.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 7. Detecção da perda parcial e total de excitação utilizando a Metodologia de Berdy.



Fonte: Autoria própria, 2018.

A Tabela 1 mostra os instantes em que são detectadas as perdas de excitação pelas metodologias de Mason e Berdy, considerando um carregamento de 25% no gerador de 390 MVA, e o gerador de 500 MVA com carregamento de 100%. Nesta tabela, pode-se observar que as metodologias empregadas não detectam a perda parcial de excitação para todos níveis de subexcitação.

Ressalta-se também que, por terem o mesmo princípio de funcionamento, as metodologias de Mason e Berdy apresentam o mesmo tempo de atuação para perdas totais de excitação, uma vez que a mesma zona de operação instantânea.

Tabela 1: Instantes de detecção da Perda de Excitação para as metodologias de Mason e Berdy.

S (MVA)	Excitação	Carregamento	Tempo de Detecção (s)		
			Berdy		Mason
			Temporizada	Instantânea	
390	0 pu	25%	2,3693	2,8474	2,8474
	0,2 pu		3,0809	3,9455	3,9455
	0,5 pu		--	--	--
	0,9 pu		--	--	--
500	0 pu	100%	4,0939	4,3071	4,3071
	0,2 pu		4,8573	5,0856	5,0856
	0,5 pu		6,97310	7,22920	7,2292
	0,9 pu		--	--	--

Fonte: Autoria própria, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os problemas causados pelas perdas parciais e totais de excitação, as metodologias de Mason e Berdy se mostram eficientes para os casos de perda total de excitação. Porém, falham em casos que ocorram perda parcial de excitação.

Levando em consideração que os geradores trabalhando subexcitados podem comprometer a estabilidade do sistema, pois afundam a tensão na barra da subestação geradora, deve-se analisar a possibilidade de aplicação de outras técnicas que sejam mais eficazes para os casos onde ocorram perda parcial de excitação.

REFERÊNCIAS

BERDY, J;. **Loss of Excitation Protection for Modern Synchronous Generators**. IEEE Transactions, n.5, p.1457-1436, 1975.

COELHO, A. L.M.; CARRER, S. V.; GUERRERO, C. **Loss-of-Excitation Protection and Underexcitation Controls Correlation for Synchronous in a Real Time Digital Simulator**. 8th Power Systems Protection and Control Conference, 2014.

MASON, C. R;. **New Loss-of-Excitation Relay for Synchronous Generators**. AIEE Transactions, n.3, p.1240-1245, 1949.