



Sistema de excitação WEG: Bobina auxiliar e excitatriz equipada com ímãs permanentes

Luís Fábio Menoncin
WEG
Brasil
fabiom@weg.net

Resumo - O presente artigo tem por objetivo ampliar e uniformizar o conhecimento sobre o sistema de excitação utilizado pela WEG, presente em todos os geradores brushless da linha G e AG (baixa tensão), composto pela excitatriz principal equipada com ímãs permanentes e pela bobina auxiliar.

1. APRESENTAÇÃO

A bobina auxiliar, também chamada de enrolamento auxiliar ou fase auxiliar, está instalada nas ranhuras do estator principal, juntamente com o enrolamento principal. É totalmente independente e isolada do enrolamento principal e funciona como se fosse a excitatriz auxiliar (PMG – PERMANENT MAGNETIC GENERATOR).

Os ímãs permanentes são acondicionados na sapata polar do estator da excitatriz principal, reforçando o fluxo magnético ali produzido.

2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS

A linha G e AG foram projetadas de modo a garantir a manutenção da corrente de curto circuito acima da corrente nominal. Esse desempenho é obtido devido a atuação da bobina auxiliar cuja função é receber o fluxo induzido pelo rotor no estator principal e também o fluxo de autoindução devido a circulação da corrente estatórica de harmônica fundamental quando em carga e em terceira harmônica nas condições de curto-circuito, sendo portanto a fonte de tensão para o regulador de tensão que controla a excitação do gerador em função do valor de tensão de referência em comparação com o valor de tensão de referência ajustado.

Devido ao exposto anteriormente, a geração de tensão na bobina auxiliar é dependente da tensão e frequência nos bornes do estator principal do alternador e/ou das variações de carga que possam ocorrer (partidas de motores, etc.), ou seja, também depende da corrente circulante no estator quando em carga, ou em curto-circuito e do fluxo magnetizante quando em vazio. Deste modo o alternador tem garantida a excitação para as condições de carga e não perde esta capacidade de excitação mesmo com o estator principal em curto-circuito, ou seja, com tensão

gerada nula, o que ocorre em excitação do tipo shunt na qual a fonte para o regulador é o estator principal.

O comportamento do alternador, ou seja, rapidez da resposta para recuperação da tensão com a entrada súbita de carga, a partir de condição estabilizada em vazio depende de vários fatores, tais como:

- Fator de potência de carga (quanto menor, maior o tempo de recuperação).
- Degrau de variação da carga em função da nominal (quanto maior, maior o tempo de recuperação).
- Para degraú instantâneo de 100% de carga, com $\cos\phi$ 0.8 e 440 V, o tempo de resposta para a tensão atingir a faixa de +/- 3% é de aproximadamente 500ms, variando em função da máquina.
- Ajuste de estabilidade do regulador de tensão;
- Tensão de utilização, no caso de máquina multi-tensão;
- Ajuste de U/F no regulador de tensão do gerador, que propicia uma recuperação mais rápida da frequência, ou seja, da rotação da máquina acionante (motor Diesel, turbinas etc.);
- Características do motor diesel (curva de torque, etc.);
- Tipo e ajustes do regulador de velocidade do motor diesel (eletrônico ou mecânico...).

Os reguladores de tensão utilizados pela WEG estão aptos a operar com ou sem a bobina auxiliar (shunt). Bem como com PMG se requerido.

A bobina auxiliar é um item standard para toda a linha G e AG (baixa tensão), ou seja, para todas as potências as máquinas são aptas a fornecer corrente acima da nominal, para uma condição de curto circuito ou aplicação de carga elevada, com baixo fator de potência exemplificada por partida de motores de indução, o que não é possível quando não se tem a bobina auxiliar, sendo que neste caso a potência de excitação é retirada dos bornes do estator principal, este modo é conhecido com shunt. O sistema empregado pela



WEG supre a função de manutenção de curto-circuito proporcionada pela excitatriz auxiliar, ou PMG, com a vantagem de possuir um comportamento dinâmico da tensão gerada na bobina auxiliar em função da corrente de estator, sem aumentar o comprimento final da máquina. No caso da PMG a excitação provida pelo rotor de ímãs permanente é fixa o que confere um comportamento passivo em relação a queda de tensão nos terminais no momento da circulação de corrente, sendo necessário o projeto da mesma levar em consideração a mínima tensão requerida para a conveniente operação do regulador de tensão na condição de trabalho desejada.

A linha G e AG também pode ser construída, sob pedido, com excitatriz auxiliar. A excitatriz auxiliar (PMG) é um opcional que, devido a aplicação / necessidade do cliente, pode ser requerida na especificação do gerador.

Quando da aplicação da máquina alimentando cargas deformantes, é necessário aplicar fator de sobredimensionamento para se definir a potência do gerador, isto se deve ao aumento do aquecimento da máquina em virtude da alta frequência das harmônicas de corrente da carga que surgem devido ao chaveamento da chave eletrônica (transistores, tiristores, IGBT, etc). Quanto ao desempenho da bobina auxiliar com cargas deformantes, este é plenamente satisfatório, atendendo o indicado na norma NEMA MG1 Part32: a máxima diferença de qualquer harmônica de corrente em relação à fundamental (também de corrente) é de 5%. Em testes realizados verificou-se que a linha G e AG (baixa tensão) com bobina auxiliar, apresentou excelente desempenho com 10% de diferença entre a maior harmônica e a fundamental (dobro do especificado pela norma NEMA), chegando a um valor total de distorção harmônica de 26%.

Os ímãs permanentes, acondicionados no estator da excitatriz principal geram um fluxo magnético aditivo ao gerado no estator da excitatriz pelo efeito da corrente de excitação oriundo do regulador de tensão. Também mantêm o fluxo magnético residual suficiente para garantir o processo de escorvamento (excitação inicial), este é um fator importante para a confiabilidade do sistema, principalmente em aplicações de emergência no qual o grupo gerador permanece grandes períodos em repouso e necessita estar apto ao funcionamento a qualquer momento. A tensão residual (sem nenhuma corrente de excitação) nos bornes do estator principal é de aproximadamente 100 V e na bobina auxiliar é de aproximadamente 50 V (com variações de acordo com os projetos).

3. ILUSTRAÇÕES

3.1 SISTEMA BRUSHLESS

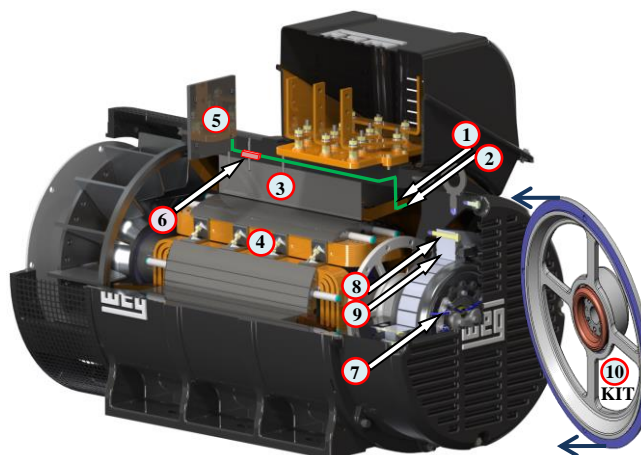


Figura 1: Sistema Brushless AG10

Legenda da Figura 1:

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. Bobina principal | 6. Fusível |
| 2. Bobina auxiliar | 7. Diodos rotativos |
| 3. Estator principal | 8. Excitatriz principal |
| 4. Rotor principal | 9. Ímã |
| 5. Regulador | 10. Excitatriz auxiliar (Kit PMG) |

3.1 BOBINA AUXILIAR

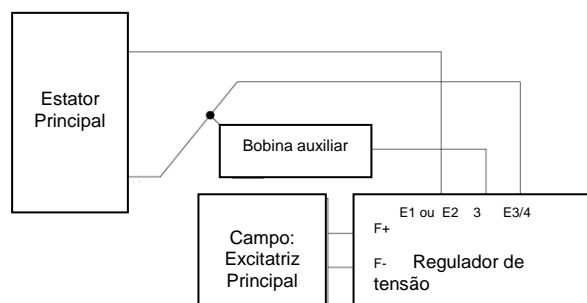


Figura 2: Representação esquemática

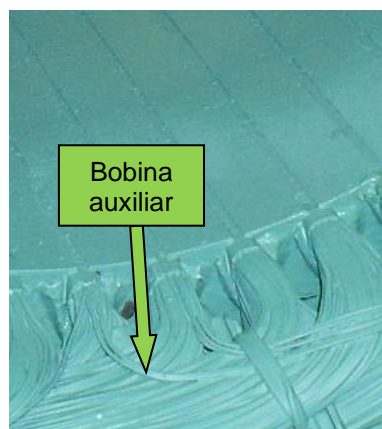
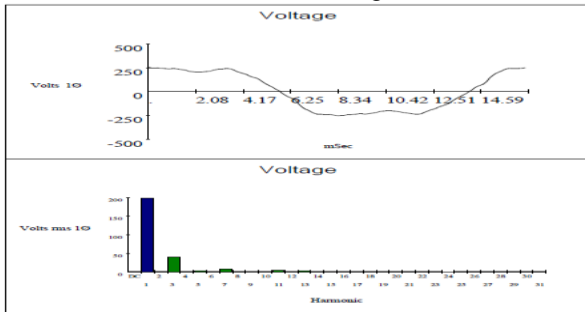


Figura 3: Fotografia do bobinado



Estator com carga



Estator em curto-circuito

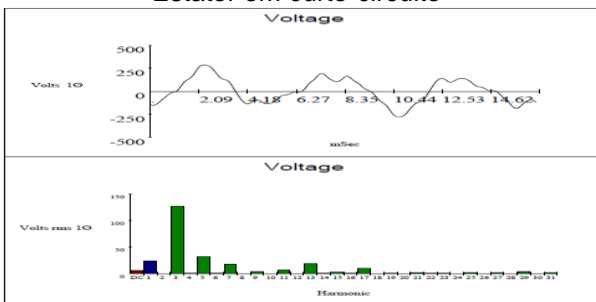


Figura 4: Formas de onda típicas

3.1 RESULTADO DE ENSAIOS

REGISTRO DE COLOCAÇÃO SÚBITA DE CARGA:

Utilizado gerador GTA200, equipado com bobina auxiliar (padrão) e excitatriz a imã. Foram executados ensaios utilizando o mesmo regulador (GRT7-TH4), aplicando-se um degrau de carga e registrando simultaneamente a tensão e corrente do estator.

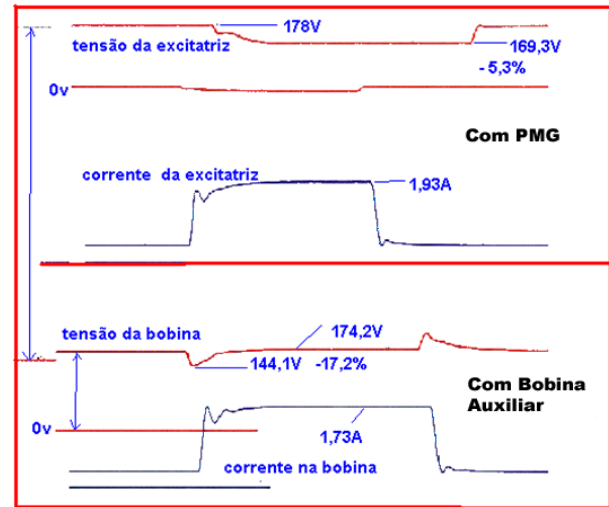
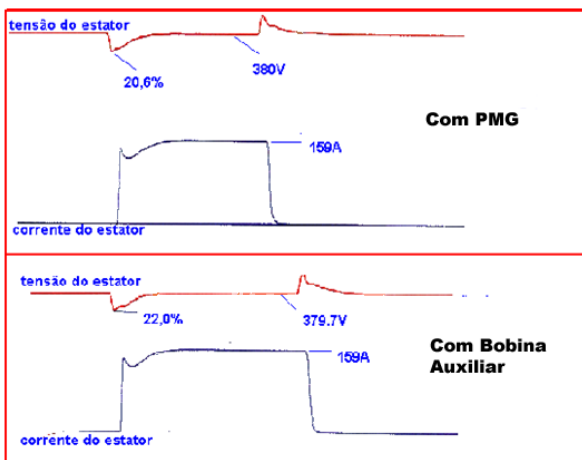


Figura 5: Registro de colocação súbita de carga

Testes de aplicação de carga súbita, comparando com rede comercial e shunt (estator):

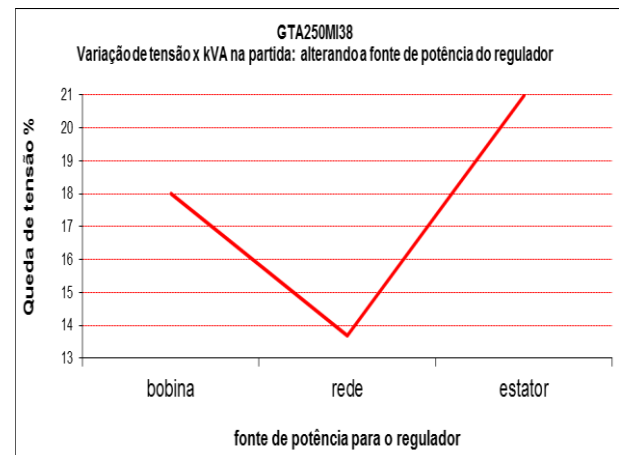


Figura 6: Queda de tensão x fonte de potência do regulador



4. CONCLUSÃO

- A conclusão deste estudo é de que mesmo na situação de funcionamento descrita anteriormente, a bobina auxiliar manteve a alimentação de potência para o regulador de tensão, não influenciando negativamente na estabilidade do sistema.
- A forma de onda da PMG, em carga, pode apresentar, dependendo do projeto, grandes distorções, podendo gerar instabilidade no regulador de tensão.
- O desempenho dinâmico com 100% de carga $\cos\phi$ 0,04 é idêntico para bobina e excitatriz.
- A manutenção da corrente de curto-circuito com regulador com excitatriz PMG foi similar a bobina auxiliar.
- A manutenção da corrente de excitação com o estator em carga para regime S1 e Stand-by é idêntica e satisfatória para bobina e excitatriz PMG.
- O comportamento em vazio é idêntico e estável para bobina e excitatriz PMG.
- A inclusão da excitatriz PMG causa grande dificuldade para manutenção e acesso aos diodos girantes.
- Em uma mesma máquina e mesma carga aplicada, a comparação da queda de tensão mostra que a bobina auxiliar tem um comportamento intermediário, ou seja, melhor que a ligação shunt, com fonte do regulador provida pelo próprio estator principal e inferior a fonte sendo provida pela rede comercial que não vai apresentar queda de tensão (condição ideal).