ALGORITMO DE SINCRONISMO AUTOMÁTICO DE GERADORES SÍNCRONOS

Luan Segala Martins [1], Tiago Jackson May Dezuo [2]

[1] Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica CCT - PIVIC/Udesc.
[2] Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica CCT– tjdezuo@gmail.com.

Palavras-chave: Geração de energia; geradores síncronos; controle.

O uso de energia elétrica como fonte de alimentação para equipamentos eletroeletrônicos se torna cada vez mais presente no dia a dia da população mundial. De acordo com o Operador Nacional do Sistema - ONS (2019), a carga de energia elétrica consumida no Brasil no ano de 2018 chegou a 583.027 GWh, cerca de 30% a mais do que dez anos antes. Assim, percebe-se a necessidade de aumentar a geração de energia elétrica proporcionalmente à demanda para acompanhar o crescimento populacional e industrial do país.

O ONS também atua no controle das instalações elétricas conectadas ao SIN (Sistema Interligado Nacional). Esse controle atua sobre as usinas de geração de energia, sendo responsáveis pelas manobras de conexão entre gerador e barramento infinito (rede elétrica). Esta ação de conexão entre gerador e o barramento requer o alinhamento de parâmetros de tensão e frequência entre gerador e rede. Para isso, existem técnicas que estabelecem a equidade entre esses parâmetros que podem ser classificadas entre técnicas tradicionais e modernas.

Atualmente, o sincronismo do gerador disponível no Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos da Udesc é feito através de uma técnica tradicional manual, sendo sujeita a falhas humanas. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma metodologia automática, incluída na técnica tradicional de sincronismo, para tal gerador. Dessa forma, foi desenvolvido um algoritmo capaz de estabelecer a equidade de tensão e frequência entre rede e gerador fazendo uso de um sistema de controle. A estratégia foi testada via simulações baseadas nos dados reais do gerador.

A pesquisa foi dividida em 3 etapas: análise do estado da arte, desenvolvimento do algoritmo proposto e, por fim, validação dos resultados através de simulações. Um extensivo estudo sobre máquinas síncronas e suas formas de conexão com o barramento infinito revelou uma literatura escassa em métodos de sincronismo automático. Assim, partiu-se para o desenvolvimento do algoritmo, que tem como princípio ajustar primeiramente a velocidade da rotação do eixo, regulando a frequência da tensão gerada, e em seguida o ajuste da corrente de campo da máquina, regulando sua amplitude. Essa sequência particular foi implementada pois a velocidade do eixo influencia ambas as variáveis, enquanto a corrente de campo apenas influencia a amplitude da tensão. O fluxograma disponível na Figura 1 ilustra a sequência lógica que rege o código dos controladores desenvolvidos neste trabalho.

Foi considerada uma análise realista coletando-se os parâmetros de uma máquina síncrona do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos da Udesc. Por motivos de segurança, foi proposto seccionar as variáveis de frequência e tensão de referência em 6 degraus, no qual em seu último passo define-se os parâmetros nominais rede elétrica de 170 V e 60 Hz.

Observando os gráficos elaborados pela simulação no software, é possível observar a progressão do sistema no regulador de tensão e de velocidade. Percebe-se no gráfico superior da Figura 2 que a referência de velocidade (1800 RPM) do gerador, respectiva a uma frequência de geração de 60 Hz, foi atingida após a execução do último passo do regulador no algoritmo. Além disso, o

procedimento do regulador de velocidade é observado após, aproximadamente, 60 segundos de execução do algoritmo. Foi verificado que o algoritmo cumpriu o objetivo proposto.

Também se faz evidente, no gráfico inferior da Figura 2 que o algoritmo apenas ajusta a tensão após detectar que a frequência atingiu seu valor final. Isto é, após a velocidade de rotação do eixo do gerador permanecer em 1800 RPM, dentro da margem de ±5 RPM, escolhida pelo projetista para desprezar a influência dos ruídos de medição, por um período de 5 segundos.

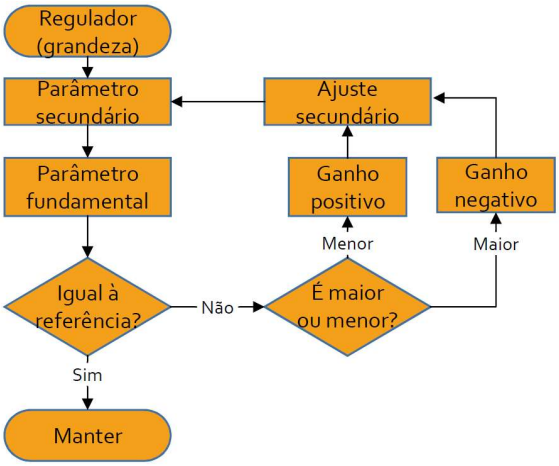

Fig. 1 *Fluxograma genérico do controlador*

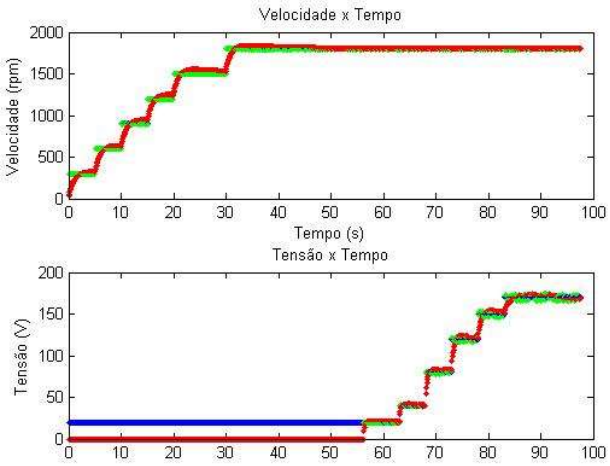

Fig. 2 *Gráficos de Velocidade e Tensão da máquina*

Ao analisar todo o processo de sincronização do gerador síncrono e a simulação executada por esse algoritmo, percebe-se que o código desenvolvido realiza o que era esperado, a sincronização da máquina. Além disso, vale destacar que a metodologia de controle por passos agregada ao sistema PID aborda um horizonte simples e rápido para o controle de geradores síncronos.

A técnica de controle desenvolvida nesta simulação também se mostrou eficaz na estabilização do sistema, sendo que a simulação foi realizada considerando-se um sinal do tipo ruído branco de com ganho de 0,25% sobre os valores nominais, emulando ruídos elétricos presentes nos sinais de medição e na rede, tanto na tensão como na velocidade. Em regime permanente, nota-se uma oscilação inferior a 5 RPM na rotação do rotor da máquina e a 2 Volts na amplitude de tensão dos terminais.

Como vantagem sobre o controle puramente PID, tem-se que sem a realização dos passos, o erro entre o estado inicial da máquina e a referência desejada é grande, acarretando em grandes ações de controle. Isso leva à ocorrência de sobressinais de tensão e velocidade. Assim, utilizando pequenos passos para as correções proporcionais do sistema, ganha-se na preservação da estrutura física da máquina.

Estabelecendo os mesmos parâmetros paras a constantes Kp, Ki e Kd do controlador PID, nota-se que o controle puramente PID atinge elevadas amplitudes (representando um desvio entre 6% a 7%) tanto para a velocidade de rotação da máquina, quanto para a tensão induzida no estator. Vale ressaltar que ao se evitar o sobressinal com a utilização de passos tem-se um sistema mais confiável (com um desvio máximo menor que 3% do nominal, tanto em tensão quanto em velocidade), porém de operação mais lenta.