

Vitor Amadeu Souza

Fundamentos e Aplicações dos

Sistemas Elétricos de Potência

Parte XVIII

© 2024 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.

© 2024 by Vitor Amadeu Souza

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.** Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

Dezembro de 2024

Direitos reservados por:

Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda

Produção: Cerne Tecnologia e Treinamento

E-mail da Empresa: cerne@cerne-tec.com.br

Home Page: www.cerne-tec.com.br.com.br

Atendimento ao Consumidor: sac@cerne-tec.com.br

Contato com o Autor: vitor@cerne-tec.com.br



FEITO NO BRASIL

“É estupidez pedir aos deuses aquilo que se pode conseguir sozinho.”

Epicuro

Cerne Tecnologia

A Cerne Tecnologia tem uma equipe preparada para desenvolvimento de projetos elétricos, eletrônicos, automação em diversas áreas: Médica, Entretenimento, Industrial, Robótica, Científica, Automobilística, Aeronáutica, etc. Trabalhamos com tecnologia microcontrolada usando o PIC, ARM, AVR, 8051, dsPIC, PIC24, PIC32 além do Arduino, Raspberry, Beaglebone etc. Desenvolvemos o projeto desde sua concepção até a entrega do produto final, passando pelas etapas de esquema elétrico, protótipo e desenvolvimento de circuito impresso.

Desenvolvemos aplicativos para smartphones/tablets Android e iOS e no desenvolvimento de softwares a nível PC para plataforma Windows, usando ferramentas como o Visual Basic, C# e C++.

Atuamos na parte de montagem de placas, onde podemos fornecer ambos os serviços de desenvolvimento de projetos e produção ou apenas um destes.

Desenvolvemos esquemas elétricos e layout de PCI, tanto em tecnologia convencional como SMD.

Temos a flexibilidade de customizar um de nossos produtos, de modo a atender a uma necessidade específica do cliente, tornando o custo de desenvolvimento menor se comparado a construção de um projeto desde a sua fase inicial.

Desenvolvemos e fornecemos kits didáticos para diversos microcontroladores além de apostilas, livros e e-books.

Na hora de desenvolver um projeto ou equipar seu laboratório não hesite em nos contatar. Entre em contato conosco através do endereço cerne-tec.com.br para obter mais informações.



cerne-tec.com.br

Sumário

Introdução.....	6
Capítulo I – Fluxo de Potência Ótimo.....	7
1. Introdução.....	7

Introdução

O estudo dos Sistemas Elétricos de Potência é fundamental para a compreensão, operação e desenvolvimento das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica, que são essenciais para a infraestrutura moderna. Este livro tem como objetivo fornecer uma base sólida sobre os principais conceitos, métodos e aplicações envolvidas no planejamento, análise e operação de sistemas de potência. A abordagem busca integrar teoria e prática, com foco nos conceitos fundamentais e nas técnicas amplamente utilizadas na engenharia elétrica.

Este livro é estruturado para atender tanto os estudantes que estão começando a sua jornada na engenharia elétrica quanto os profissionais que buscam aprimorar seus conhecimentos e aplicar os métodos discutidos em cenários práticos. Ao longo do conteúdo, procuramos combinar uma abordagem técnica aprofundada com exemplos, exercícios práticos e ferramentas computacionais, possibilitando uma compreensão completa e aplicável dos sistemas elétricos de potência.

Observe o sumário para verificar os temas abordados em cada parte da série.

Capítulo I

Fluxo de Potência Ótimo

1. Introdução

O Fluxo de Potência Ótimo (FPO) é uma técnica amplamente utilizada em sistemas elétricos de potência para determinar a operação ideal de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Seu objetivo principal é minimizar um determinado custo operacional, como o custo de geração de energia, perdas na transmissão ou emissões de gases poluentes, enquanto atende às restrições técnicas e operacionais do sistema.

No contexto de sistemas elétricos, o FPO busca determinar os níveis de potência ativa e reativa gerados por cada unidade geradora, bem como o fluxo de potência em cada linha de transmissão, de forma que a operação do sistema seja eficiente e confiável. Essa técnica leva em conta uma série de restrições, como limites de capacidade das geradoras, tensões nos barramentos, capacidade de corrente das linhas de transmissão e demandas específicas de carga.

O processo de cálculo do Fluxo de Potência Ótimo envolve a resolução de um problema de otimização não-linear, onde se minimiza uma função objetivo (normalmente o custo total de geração) sujeita a restrições de igualdade e desigualdade. As restrições de igualdade incluem as equações de balanço de potência ativa e reativa em cada barramento, garantindo que a potência gerada seja igual à soma das perdas no sistema e da potência consumida pelas cargas. Já as restrições de desigualdade abrangem os limites operacionais das geradoras, das tensões nos barramentos e das correntes nas linhas de transmissão.

A solução do problema de FPO permite que os operadores do sistema elétrico tomem decisões informadas sobre quais geradores devem ser utilizados e em que níveis, quais rotas de transmissão devem ser priorizadas e como atender às cargas com o menor custo possível, sem comprometer a estabilidade e a segurança do sistema. Técnicas como o método de Newton-Raphson, métodos baseados em gradiente e algoritmos de programação linear ou não-linear são frequentemente utilizadas para resolver o problema.

Na prática, o FPO é utilizado tanto no planejamento quanto na operação dos sistemas elétricos. Durante o planejamento, ele ajuda a projetar sistemas de transmissão e avaliar o perfil de tensão em diferentes condições operativas. Na operação em tempo real, os programas de FPO auxiliam os operadores na tomada de decisões sobre como distribuir a carga entre os geradores para minimizar custos e garantir a estabilidade do sistema. A resolução do problema do FPO envolve o uso de métodos numéricos para lidar com um conjunto complexo de equações algébricas não lineares. As variáveis ajustáveis incluem as potências geradas por cada unidade e as tensões nas barras do sistema.

Um exemplo clássico da aplicação do FPO é a minimização do custo de produção de energia elétrica, formalizada por Carpentier em 1962, que propôs um modelo onde as equações de balanço de potência ativa e reativa eram utilizadas como restrições para a otimização dos custos. Além disso, o FPO pode incluir a otimização da potência reativa, onde variáveis como as magnitudes das tensões dos geradores são ajustadas para melhorar a eficiência do sistema.

Além da otimização de custos, o Fluxo de Potência Ótimo também pode ser usado para incorporar critérios de sustentabilidade e eficiência energética, como a integração de fontes renováveis e a redução de perdas técnicas. Em sistemas modernos, o FPO é essencial para garantir a operação econômica, sustentável e segura de redes elétricas cada vez mais complexas e interconectadas.

Sendo assim, o Fluxo de Potência Ótimo é uma ferramenta essencial para garantir que os sistemas elétricos operem dentro dos parâmetros desejados, minimizando custos e maximizando a eficiência. Com o crescente uso das energias renováveis e a complexidade crescente dos sistemas elétricos modernos, a importância do FPO se torna ainda mais evidente, pois permite uma gestão mais eficaz dos recursos energéticos disponíveis.

Ex 1) Um sistema elétrico possui cinco unidades geradoras (G1, G2, G3, G4 e G5) e uma carga C com a seguinte matriz Y.