

Vitor Amadeu Souza

Fundamentos e Aplicações dos

Sistemas Elétricos de Potência

Parte XVII

© 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

“A dúvida é o princípio da sabedoria.”

Aristóteles

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 – Método de Newton–Raphson Desacoplado.....	7
1. Admitância, Condutância e Susceptância.....	7
2. Método de Newton-Raphson Desacoplado.....	9

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

Método de Newton–Raphson

Desacoplado

1. Admitância, Condutância e Susceptância

Em sistemas elétricos de potência, admitância, condutância e susceptância são grandezas fundamentais para descrever como os elementos da rede elétrica respondem às tensões e correntes aplicadas. Elas ajudam a compreender o fluxo de energia, as perdas e o comportamento reativo dos componentes.

A admitância (Y) mede a facilidade com que a corrente elétrica flui em um circuito quando submetido a uma tensão. Ela é o inverso da impedância (Z), que representa a oposição ao fluxo de corrente, sendo definida como:

$$Y = \frac{1}{Z}$$

A admitância é uma grandeza complexa, composta por uma parte real, a condutância (G), e uma parte imaginária, a susceptância (B). Em termos matemáticos, temos:

$$Y = G + jB$$

A admitância é amplamente utilizada na modelagem de sistemas de potência, especialmente na matriz de admitância nodal (Y_{bus}), que facilita a análise de fluxo de carga e estabilidade em redes elétricas. Sua unidade é o siemens (S).

A condutância (G) é a parte real da admitância e está associada à eficiência na condução de corrente elétrica. Ela reflete as perdas resistivas no sistema, como o calor dissipado nos condutores devido à resistência. Quanto maior a condutância, menor a perda de energia no sistema. Assim, a condutância mede diretamente a capacidade de um elemento conduzir corrente com eficiência. Sua unidade também é o siemens (S).

Por outro lado, a susceptância (B) é a parte imaginária da admitância e descreve o comportamento reativo de um elemento elétrico. Ela está relacionada ao armazenamento e liberação de energia em campos elétricos ou magnéticos, como ocorre em

indutores e capacitores. A susceptância positiva indica predominância de reatância indutiva, enquanto uma susceptância negativa indica um comportamento capacitivo. Esse aspecto reativo é essencial para a estabilidade e operação de sistemas de potência, pois influencia diretamente os fluxos de potência reativa.

A principal diferença entre essas grandezas é que a admitância combina condutância e susceptância, fornecendo uma visão completa do comportamento de um elemento em resposta a tensões e correntes. A condutância foca nas perdas resistivas reais, enquanto a susceptância trata dos efeitos reativos e do armazenamento temporário de energia. Todas elas, no entanto, são indispensáveis para o projeto, análise e operação de sistemas elétricos de potência.

2. Método de Newton-Raphson Desacoplado

O Método de Newton-Raphson Desacoplado é uma variação do tradicional método de Newton-Raphson, que é amplamente utilizado para resolver sistemas de equações não lineares, especialmente em aplicações de engenharia elétrica, como na análise de fluxo de potência em sistemas elétricos. A principal

diferença entre o método tradicional e o desacoplado reside na forma como as variáveis são tratadas durante o processo iterativo.

No método desacoplado, as equações que descrevem as potências ativas e reativas nas barras do sistema elétrico são separadas, permitindo que as atualizações das tensões sejam feitas de maneira independente. Isso é alcançado ao dividir o jacobiano em submatrizes que representam a relação entre as potências ativas e os ângulos de tensão, e entre as potências reativas e as magnitudes das tensões. Essa abordagem reduz a complexidade computacional, pois permite que as iterações sejam realizadas para cada conjunto de variáveis sem a necessidade de resolver um sistema completo de equações simultaneamente.

A importância do Método de Newton-Raphson Desacoplado para sistemas elétricos de potência está relacionada à sua eficiência e velocidade na convergência para soluções. Ao desacoplar as variáveis, o método pode convergir mais rapidamente, especialmente em sistemas grandes e complexos, onde a interação entre diferentes barras torna o método tradicional mais lento. Além disso, essa abordagem facilita a implementação em software e permite uma atualização mais rápida das tensões durante a análise de fluxo de potência.