

Vitor Amadeu Souza

Fundamentos e Aplicações dos

Sistemas Elétricos de Potência

Parte XVI

© 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 felicidade é o propósito da vida.”

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..... | 7 |
| 1. Introdução..... | 7 |
| 2. Revisão de derivadas polinomiais..... | 9 |
| 3. Matriz Jacobiana..... | 11 |
| 4. Aplicação do Método de Newton-Raphson..... | 13 |

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

1. Introdução

O Método de Newton-Raphson é uma técnica amplamente utilizada em análise numérica para encontrar raízes de funções. Desenvolvido por Isaac Newton e Joseph Raphson, o método se baseia na ideia de que, dada uma função contínua e derivável, é possível aproximar suas raízes utilizando uma abordagem iterativa. O processo começa com uma aproximação inicial da raiz e, em cada iteração, calcula-se a interseção da reta tangente à curva da função no ponto atual com o eixo das abscissas. Essa interseção fornece uma nova aproximação, que é utilizada na próxima iteração. A fórmula matemática que descreve essa iteração é dada por:

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

onde x_k é a aproximação atual, $f(x_k)$ é o valor da função na aproximação atual e $f'(x_k)$ é a derivada da função nesse ponto. O processo continua até que a diferença entre duas aproximações consecutivas seja menor que um erro máximo predefinido (ϵ), indicando que a solução convergiu.

No contexto dos sistemas elétricos de potência, o Método de Newton-Raphson é particularmente valioso para resolver o problema de fluxo de potência. Este problema envolve a determinação das tensões nas barras de um sistema elétrico e as potências ativas e reativas associadas a cada barra. As equações que descrevem o fluxo de potência são não lineares, tornando o método de Newton-Raphson uma escolha apropriada devido à sua capacidade de lidar com essas não linearidades.

Ao aplicar o Método de Newton-Raphson em sistemas elétricos, as variáveis a serem determinadas geralmente incluem as magnitudes das tensões e os ângulos de fase nas barras do sistema. O método permite que os engenheiros calculem rapidamente essas variáveis a partir das equações do sistema, que incluem as relações entre potências injetadas e consumidas em cada barra. A eficiência do método se deve ao fato de que ele converge rapidamente para

uma solução precisa, especialmente quando uma boa aproximação inicial é fornecida.

Além disso, o Método de Newton-Raphson é amplamente utilizado em simulações e análises em tempo real, permitindo ajustes dinâmicos nas operações da rede elétrica. Ele também é fundamental para garantir a estabilidade e confiabilidade do fornecimento de energia elétrica, pois possibilita a identificação rápida de problemas potenciais no sistema. Em resumo, o Método de Newton-Raphson não apenas fornece uma solução eficaz para problemas matemáticos complexos, mas também desempenha um papel essencial na operação eficiente e segura dos sistemas elétricos modernos.

2. Revisão de derivadas polinomiais

A derivada é um conceito essencial no cálculo diferencial que mede a taxa de variação de uma função em relação à sua variável independente. Em termos simples, a derivada de uma função em um ponto indica a inclinação da reta tangente ao gráfico da função nesse ponto. Matematicamente, a derivada de uma função $f(x)$ é definida como:

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

O que representa a variação infinitesimal da função em relação a pequenas alterações no valor de x . Este conceito tem amplas aplicações, como descrever a velocidade de mudanças físicas, analisar tendências em dados econômicos, otimizar processos e compreender o comportamento de sistemas dinâmicos.

A importância das derivadas está em sua capacidade de descrever taxas de variação em fenômenos naturais e processos artificiais. Elas são usadas para calcular velocidades e acelerações em física, analisar mudanças de custo ou lucro em economia, e determinar máximos e mínimos de funções em problemas de otimização. Além disso, as derivadas são aplicadas em equações diferenciais que modelam sistemas dinâmicos e processos contínuos, sendo fundamentais para áreas como engenharia, ciência da computação e biologia.

Quando se trata de funções polinomiais, a derivada segue uma regra básica conhecida como "regra da potência", que afirma que a derivada de x^n é $n \cdot x^{n-1}$. Por exemplo, a derivada de x^2 é $2x$, a de $3x^3$ é $9x^2$ e a de $5x^4$ é $20x^3$. Outros exemplos incluem: