

Vitor Amadeu Souza

Fundamentos e Aplicações dos

Sistemas Elétricos de Potência

Parte XIV

© 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

*“O homem superior atribui a culpa a si próprio; o homem comum,
aos outros.”*

Confúcio

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 Gauss.....	7
1. Introdução.....	7
Capítulo II – Equacionamento do sistema.....	23
1. Barra.....	23
2. Equacionamento do sistema.....	26

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 Gauss

1. Introdução

O Método de Gauss, também conhecido como Eliminação de Gauss, é um procedimento matemático utilizado para resolver sistemas de equações lineares. Esse método transforma um sistema linear em uma forma triangular superior, facilitando a resolução das equações por meio da substituição regressiva. A técnica consiste em aplicar operações elementares nas linhas da matriz que representa o sistema, como troca de linhas, multiplicação de uma linha por um escalar não nulo e adição de múltiplos de uma linha a outra.

Em sistemas elétricos de potência, o Método de Gauss é frequentemente aplicado em conjunto com a Matriz de Admitância para analisar e resolver problemas relacionados ao fluxo de potência e à análise de circuitos. A Matriz de Admitância, que é a inversa da Matriz de Impedância, representa as relações entre correntes e tensões em um sistema elétrico.

A aplicação do Método de Gauss em sistemas elétricos envolve alguns passos. Primeiramente, forma-se a matriz aumentada que inclui a Matriz de Admitância (Y) e os vetores de corrente. Em seguida, aplica-se o Método de Eliminação para transformar essa matriz aumentada em uma matriz triangular superior. Isso implica eliminar os coeficientes abaixo da diagonal principal, o que facilita a resolução do sistema. Após essa transformação, as equações podem ser resolvidas começando pela última equação e substituindo os valores encontrados nas equações anteriores. Os resultados obtidos representam as correntes e tensões nas diferentes barras do sistema, permitindo a análise do comportamento do sistema sob diversas condições operacionais.

O Método de Gauss tem várias aplicações práticas em sistemas elétricos. Por exemplo, ele pode ser utilizado na análise de fluxo de potência, onde as tensões e correntes nas barras são determinadas com base nas admitâncias entre elas. Além disso, o método é útil na análise da estabilidade do sistema, ajudando a identificar como as perturbações afetam as correntes e tensões e permitindo ajustes necessários para manter o sistema estável. Em simulações computacionais, o Método de Gauss é implementado em softwares especializados para resolver sistemas complexos

rapidamente, facilitando o planejamento e operação das redes elétricas.

Sendo assim, o Método de Gauss é uma ferramenta poderosa na análise e resolução de sistemas lineares em engenharia elétrica, especialmente quando combinado com a Matriz de Admitância para estudar o comportamento dos sistemas elétricos de potência.

Ex 1) Dada o sistema de equações abaixo, faça o que se pede.

$$2v_1 + 2v_2 - 2v_3 = 4$$

$$4v_1 + 2v_2 + 2v_3 = 0$$

$$-2v_1 - 4v_2 + 6v_3 = 8$$

a) Forneça a matriz no formato $I=YE$.

$$\begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 2 & -2 \\ 4 & 2 & 2 \\ -2 & -4 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

b) Forneça a matriz de impedâncias no formato retangular.

$$Z=1/Y$$

$$Z = \begin{pmatrix} \boxed{1/2} & \boxed{1/2} & \boxed{-1/2} \\ \boxed{1/4} & \boxed{1/2} & \boxed{1/2} \\ \boxed{-1/2} & \boxed{-1/4} & \boxed{1/6} \end{pmatrix} \Omega$$

c) Encontre o valor de v_1 , v_2 e v_3 que resolva o sistema usando o Método de Gauss.

Vamos aplicar operações elementares para transformar essa matriz em uma forma escalonada.

Etapa A: Tornar o primeiro elemento da primeira coluna igual a 1.

Dividimos a primeira linha por 2:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -1 & 2 \\ 4 & 2 & 2 & 0 \\ -2 & -4 & 6 & 8 \end{array} \right]$$

Etapa B: Eliminar os elementos abaixo do pivô da primeira coluna.

Subtraímos $4 \times \text{linha 1}$ da linha 2 e $-2 \times \text{linha 1}$ da linha 3.