

**Vitor Amadeu Souza**

**Fundamentos e Aplicações dos**

# **Sistemas Elétricos de Potência**

**Parte XX**

© 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**

*“Não há ninguém, mesmo sem cultura, que não se torne poeta  
quando o amor toma conta dele.”*

**Platão**

## **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](http://cerne-tec.com.br) para obter mais informações.



**[cerne-tec.com.br](http://cerne-tec.com.br)**

# Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo I – Monitoramento de Sistemas de Potência.....</b>	<b>7</b>
1. Introdução.....	7
2. TP.....	10
3. TC.....	13
4. Divisor resistivo.....	16
5. Resistor shunt.....	19

# 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

## Monitoramento de Sistemas de Potência

### 1. Introdução

O Monitoramento de Sistemas de Potência (MSP) em sistemas elétricos é um processo essencial para garantir a operação segura, eficiente e confiável da rede elétrica. Ele consiste em coletar, processar e analisar dados em tempo real para supervisionar variáveis como tensões, correntes, frequências, potências e outros parâmetros que indicam o desempenho do sistema. O objetivo principal do monitoramento é detectar anomalias, antecipar falhas, ajustar a operação em tempo real e fornecer informações para a tomada de decisões e o planejamento futuro.

O processo de monitoramento começa com a coleta de dados por meio de dispositivos como transformadores de potencial (TP), transformadores de corrente (TC) e divisores resistivos,

especialmente em sistemas de corrente contínua em alta tensão (HVDC). O TP é responsável por reduzir tensões elevadas para níveis adequados ao equipamento de medição, garantindo segurança e precisão nas leituras de tensão. Já o TC realiza uma função similar, mas aplicado às correntes, permitindo monitorar valores elevados sem danificar os dispositivos de medição. Em sistemas HVDC, onde as grandezas monitoradas são de corrente contínua, os divisores resistivos desempenham um papel fundamental ao dividir a tensão elevada em níveis proporcionais que podem ser medidos diretamente pelos sistemas de aquisição de dados. Esses componentes são essenciais para garantir medições precisas e seguras em ambientes de alta tensão, além de proteger os dispositivos eletrônicos conectados.

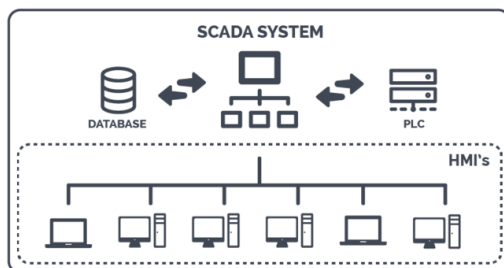
Após a coleta de dados, os sinais são transmitidos para sistemas centralizados, como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ou sistemas mais modernos baseados em PMUs (Phasor Measurement Units), que permitem a medição sincronizada e em tempo real de grandezas elétricas em diferentes pontos da rede. O processamento e a comunicação dos dados são feitos utilizando protocolos robustos, como o IEC 61850, que garante a interoperabilidade entre dispositivos e a confiabilidade

na transmissão das informações. Esses dados são armazenados em bancos de dados centralizados, onde são analisados por meio de algoritmos avançados, incluindo técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina, para identificar tendências e prever falhas.



### PMU

<https://www.scopetnm.com/protection-solutions/phasor-measurement-unit/11-protection>



### SCADA

<https://br.pinterest.com/pin/698691329672658202/>

O monitoramento de sistemas de potência é fundamental para reduzir riscos operacionais, prevenir interrupções no fornecimento de energia e otimizar a eficiência do sistema elétrico. Em particular, no contexto de sistemas HVDC, o uso de TP, TC e divisores resistivos assegura que a medição e o controle das grandezas elétricas sejam precisos, o que é vital para manter a estabilidade e a segurança desses sistemas de alta capacidade. Além disso, o monitoramento auxilia na manutenção preventiva, reduzindo custos operacionais e aumentando a confiabilidade da rede elétrica. A combinação de tecnologia avançada, análise de dados e dispositivos de medição adequados é essencial para o sucesso do monitoramento em sistemas de potência.

## **2. TP**

O Transformador de Potencial (TP) é um equipamento essencial em sistemas elétricos de potência, projetado para medir tensões elevadas de forma segura e precisa. Ele reduz as tensões de linha para níveis adequados aos instrumentos de medição e relés de proteção, garantindo que essas grandezas possam ser monitoradas sem expor operadores ou dispositivos de medição a riscos associados às altas tensões presentes na rede. Além disso, o