

**Curso: Engenharia Elétrica – Sistemas Elétricos de Potência****Disciplina: Subestações de Energia Elétrica****Código: TEE-00148****Carga horária****Teórica: 60 Prática: 0 Total: 60**

**OBJETIVO:** FORNECER AOS ALUNOS CAPACITAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SUBESTAÇÕES DE ALTA E EXTRA-ALTA TENSÃO (DIAGRAMAS ELÉTRICOS E ARRANJO FÍSICO DOS EQUIPAMENTOS DO PÁTIO DA SUBESTAÇÃO E CASA DE COMANDO), CONHECIMENTO DE SUBESTAÇÕES DA REDE BÁSICA, CONHECIMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE REDE DO ONS, CAPACITAÇÃO EM COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, DIMENSIONAMENTO DE PÁRA-RAIOS E DISTÂNCIAS DE ISOLAMENTO, DIMENSIONAMENTO DE ISOLADORES, CONHECIMENTO EM CONCEPÇÃO DE SISTEMAS AUXILIARES CA/CC E SEU DIMENSIONAMENTO, DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE ATERRAMENTO E CONHECIMENTO GERAIS DE SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE SUBESTAÇÕES.

**EMENTA:** CONCEITOS GERAIS, ESQUEMAS BÁSICOS DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE, DIAGRAMAS ELÉTRICOS, DIAGRAMAS UNIFILARES BÁSICOS, ARRANJO FÍSICO E DIMENSIONAMENTO DE BARRAMENTOS, SUBESTAÇÕES INTERNAS, EXTERNAS E BLINDADAS, COORDENAÇÃO DO ISOLAMENTO PARA IMPULSOS ATMOSFÉRICOS E DE MANOBRA, CÁLCULO DE DISTÂNCIA DE ISOLAMENTO NO AR E DIMENSIONAMENTO DE ISOLADORES, SISTEMAS DE SERVIÇOS AUXILIARES CA/CC, SISTEMAS DE ATERRAMENTO. INTRODUÇÃO A AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES E SISTEMA DE SUPERVISÃO, CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS.

**PRÉ-REQUISITOS:**

Circuitos Elétricos II, Conversão eletromecânica de energia IV.

**HABILIDADES E COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS:**

Número	Habilidades e Competências	Desenvolvida na Disciplina? Marque X caso seja desenvolvida ou deixe em branco caso contrário
I	Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia	X
II	Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados	
III	Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos	X
IV	Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia	
V	Identificar, formular e resolver problemas de engenharia	X
VI	Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas	X
VII	Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas	
VIII	Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas	
IX	Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica	
X	Atuar em equipes multidisciplinares	

XI	Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais	
XII	Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental	
XIII	Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia	
XIV	Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional	X

## **Programa Pleno**

### **1. ELEMENTOS BÁSICOS**

- 1.1. Subestações seccionadoras e transformadoras, exteriores e interiores. Subestações blindadas a SF6;
- 1.2. Equipamentos de potência: simbologia e funções no sistema elétrico de potência;
- 1.3. Desenvolvimento do empreendimento. Etapas de um projeto: planejamento, estudos analíticos, projeto, suprimento construção e comissionamento;
- 1.4. Efeitos das condições ambientais no projeto da subestação: temperatura, vento, umidade, poluição, altitude e índice pluviométrico.

### **2. ESQUEMAS ELÉTRICOS BÁSICOS**

- 2.1. Esquemas com um disjuntor por circuito, e com barras simples e múltiplas de operação. Barras de transferência ou de manutenção. Esquemas com chave de desvio e/ou seccionamento de barras. Função das chaves seccionadoras: isoladoras, seletoras de barras e de aterramento. Disjuntores de transferência e de acoplamento;
- 2.2. Esquemas em anel simples e anéis múltiplos (anéis modificados ou interligados);
- 2.3. Esquemas com disjuntores múltiplos por circuito e barras duplas: disjuntor e meio, disjuntor e um terço e disjuntor duplo. Esquemas convencionais e invertidos;
- 2.4. Critérios aplicáveis na seleção de esquemas elétricos: eventos de contingência simples e dupla;
- 2.5. Esquemas elétricos e arranjos aplicáveis a subestações blindadas a SF6.

### **3. COORDENAÇÃO DO ISOLAMENTO**

- 3.1. Parâmetros limites de operação: tensões suportáveis nominais à frequência industrial, de impulso atmosférico e de manobra;
- 3.2. Níveis de isolamento autorecuperantes e não autorecuperantes: definições normalizadas. Sobretensões em regime permanente e em regime transitório;
- 3.3. Coordenação de isolamento: método convencional. Margens de segurança e coeficiente de aterramento. Seleção de pára-raios;
- 3.4. Determinação das distâncias elétricas de isolamento no ar: distância fase-terra e fase-fase. Distâncias de segurança e de trabalho;

3.5. Critérios de dimensionamento de isoladores: impulsos atmosférico e de manobra e distância de escoamento;

3.6. Determinação das distâncias de separação entre pára-raios e a isolação a ser protegida.

#### **4. DESENVOLVIMENTO DO ARRANJO FÍSICO**

4.1. Determinação das alturas de implantação de barramentos e dos espaçamentos horizontais de montagem;

4.2. Disposições clássicas de barramentos: fases associadas, separadas e mistas. Barramentos complanares e superpostos. Zonas de segurança;

4.3. Barramentos flexíveis e rígidos: materiais e dimensionamento eletromecânico. Conectores e acessórios afins;

4.4. Isoladores rígidos e cadeias de suspensão e amarração: composição e dimensionamento mecânico;

4.5. Estruturas suporte: materiais, silhuetas usuais e pré-dimensionamento mecânico (carregamento);

4.6. Arranjo para instalação de equipamentos. Localização de TC's e TP's, arranjo de equipamentos na casa de comando.

#### **5. SISTEMAS DE AUXILIARES**

5.1. Sistemas de serviços auxiliares em corrente alternada e contínua: esquemas elétricos;

5.2. Dimensionamento de baterias de acumuladores, carregadores, grupos de emergência e transformadores auxiliares;

5.3. Sistema de aterramento: Dimensionamento da rede de terra (cálculo dos potenciais de toque e de passo) segundo o método do IEEE - 80 – St.

#### **6. SISTEMAS DE MEDIÇÃO, PROTEÇÃO E CONTROLE**

6.1. Painéis de controle e proteção: tipos construtivos e arranjo dos dispositivos. Casas de controle, de relés e de medição;

6.2. Sistemas de medição operativa e de faturamento: esquemas típicos;

6.3. Cabos isolados: critérios de dimensionamento e métodos de instalação;

6.4. Esquemas típicos de proteção: linhas, transformadores, reatores e bancos capacitores.

**TOTAL DE MÓDULOS: 60**

#### **Bibliografia Básica**

- Mamede, J. F., Instalações Elétricas Industriais, 7ª Ed., LTC, Brasil;

- McDonald, John D., Electric power substations engineering / edited by John D. McDonald, USA, 2003;
- ONS – Procedimentos de Rede, [www.ons.org.br/procedimentos](http://www.ons.org.br/procedimentos);
- Beeman, D.L., Industrial power systems handbook, McGraw Hill, New York;
- ABNT NBR – 6939, Coordenação do Isolamento - Procedimentos, Rio de Janeiro, Brasil, 2000;
- ABNT NBR - 5356 - Transformadores de potência – especificação;
- ABNT NBR - 7034 - Materiais isolantes elétricos – classificação.

### **Bibliografia Complementar**

- A. D'Ajuz, "Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento", EDUFF, 1987;
- Giles, R. L., Layout of EHV Substations –Giles, Cambridge, University Press, 1979;
- D' Ajuz. A. e outros, Equipamentos Elétricos – Especificação e Aplicação em Subestações de Corrente Alternada, Furnas/UFF, 1985;
- Carvalho, A.C.C. e outros, Disjuntores e Chaves – Aplicação em Sistemas de Potencia – CE 13 do CIGRÉ – Brasil, em parceria com FURNAS/UFF, 1996;
- ABNT NBR IEC 62271-102, Equipamentos de alta tensão: Seccionadores e chaves de aterramento, Rio de Janeiro, Brasil, 2007;
- ABNT NBR IEC 60694, Especificações comuns para normas de equipamentos de manobra de alta-tensão e mecanismos de comando, Rio de Janeiro, Brasil, 2006;
- Souza, L.F.W, Subestações, UFF, Niterói, Notas de aula;
- Carvalho, F. S., Subestações, UFF, Niterói, Apostila;
- Monteiro Duailibe, P.R., Distancias de isolamento no ar, UFF, Niterói, notas de aula, 2011;
- Monteiro Duailibe, P.R., Dimensionamento de isoladores, UFF, Niterói, notas de aula, 2011;
- IEEE Standards Interpretation for IEEE Std 80 – 2001.