



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

DISCIPLINA: Qualidade e Gerenciamento de Energia Elétrica	
Vigência: a partir de 2021/2	Período letivo: Eletiva
Carga horária total: 60h	Código: EE.469
Ementa: A disciplina de Qualidade e Gerenciamento de Energia Elétrica descreve a definição e a importância da qualidade da energia em sistemas elétricos, bem como os seus impactos sobre o usuário final. Descreve-se os termos que representam os fenômenos eletromagnéticos relacionados a qualidade de energia e suas definições correspondentes. Apresenta-se as principais entidades que normalizam a qualidade de energia no Brasil e no mundo e, em seguida, introduz-se os indicadores de qualidade do produto e qualidade do serviço prestados por empresas fornecedoras de energia elétrica. Apresenta-se as principais ações mitigadoras adotadas para redução de impactos de afundamentos de tensão e interrupções, sobretensões transitórias, distorção harmônica e variações de tensão de curta duração. Descreve-se a importância de dados de referência em estudos de melhoria da qualidade de energia e os impactos da geração distribuída e de aterramentos e conexões na qualidade de energia dos sistemas elétricos. Apresenta-se estudos iniciais de medições e monitoramento da qualidade de energia. Capacita-se os alunos, a partir do embasamento técnico apresentado na disciplina, à interpretação dos fenômenos eletromagnéticos de qualidade de energia e à proposição de ações mitigadoras frente a problemas decorrentes desses fenômenos, preparando-os para o mercado de trabalho no setor elétrico nas áreas de qualidade de energia e eficiência energética.	

Conteúdos

UNIDADE I – A Importância da Qualidade de Energia

- 1.1 O que é Qualidade de Energia?
- 1.2 Qualidade de Energia *versus* Qualidade da Tensão
- 1.3 Por quê devemos nos preocupar com a Qualidade de Energia?

UNIDADE II – Termos e Definições

- 2.1 Classificação dos problemas de Qualidade de Energia
- 2.2 Transitórios
 - 2.2.1 Transitório impulsivo
 - 2.2.2 Transitório oscilatório
- 2.3 Variações de tensão de longa duração
 - 2.3.1 Sobretensão
 - 2.3.2 Subtensão



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

2.3.3 Interrupções sustentadas

2.4 Variações de tensão de curta duração

2.4.1 Interrupções

2.4.2 Afundamentos

2.4.3 Elevações

2.5 Desequilíbrio de tensão

2.6 Distorção da forma de onda

2.7 Flutuação de tensão

2.8 Variações de frequência de energia

UNIDADE III – Confiabilidade e Continuidade

3.1 Regulação da Qualidade de Energia

3.1.1 Principais entidades

3.1.2 Qualidade do produto

3.1.3 Qualidade do serviço

3.2 Faltas em sistemas de potência

3.3 Sensibilidade dos sistemas de proteção

UNIDADE IV – Afundamentos de Tensão e Interrupções

4.1 Origem de afundamentos e interrupções

4.1.1 Princípio básico da proteção de sobrecorrente

4.1.2 Análise de afundamentos e interrupções

4.2 Estimação do desempenho do afundamento de tensão

4.2.1 Área de vulnerabilidade

4.2.2 Sensibilidade de equipamentos

4.2.3 Tipos de afundamentos

4.3 Mitigação de afundamentos de tensão

4.3.1 Mudanças na estrutura sistema

4.3.2 Aumento da imunidade de equipamentos

4.3.3 Utilização de dispositivos de mitigação

4.4 Previsão de afundamentos



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

UNIDADE V – Sobretensões Transitórias

- 5.1 Origem de sobretensões transitórias
 - 5.1.1 Chaveamento de capacitores
 - 5.1.2 Ampliação de transitórios de chaveamentos de capacitores
 - 5.1.3 Descargas atmosféricas
 - 5.1.4 Ferrorressonância
- 5.2 Princípios de proteção contra sobretensão
- 5.3 Dispositivos para proteção contra sobretensão
 - 5.3.1 Para-raios e supressores de surto
 - 5.3.2 Transformadores de isolamento
 - 5.3.3 Filtros passa-baixa
 - 5.3.4 Condicionadores de energia de baixa impedância
 - 5.3.5 Para-raios da concessionária
- 5.4 Transitórios de chaveamentos de capacitores da concessionária
 - 5.4.1 Tempos de chaveamento
 - 5.4.2 Resistores de pré-inserção
 - 5.4.3 Fechamento síncrono
 - 5.4.4 Localização do capacitor
- 5.5 Proteção da concessionária contra descargas atmosféricas
 - 5.5.1 Blindagem
 - 5.5.2 Para-raios de linha
 - 5.5.3 Surtos do lado de baixa
 - 5.5.4 Proteção de cabos
- 5.6 Gerenciamento da ferrorressonância
- 5.7 Problemas de transitórios de chaveamentos com cargas

UNIDADE VI – Fundamentos de Harmônicos

- 6.1 Distorção harmônica
- 6.2 Tensão *versus* Distorção de Corrente
- 6.3 Harmônicos *versus* Transitórios
- 6.4 Índices harmônicos



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

- 6.5 Fontes Harmônicas de Cargas Comerciais
- 6.6 Fontes Harmônicas de Cargas Industriais
- 6.7 Localizando Fontes Harmônicas
- 6.8 Características de resposta do sistema
- 6.9 Efeitos da distorção harmônica
- 6.10 Inter-harmônicos

UNIDADE VII – Harmônicos Aplicados

- 7.1 Avaliações de Distorção Harmônica
- 7.2 Princípios para Controle de Harmônicos
- 7.3 Onde controlar os harmônicos
- 7.4 Estudos harmônicos
- 7.5 Dispositivos para controlar a distorção harmônica
- 7.6 Projeto de filtro harmônico: um estudo de caso
- 7.7 Estudos de caso
- 7.8 Padrões de Harmônicos

UNIDADE VIII – Variações de Tensão de Curto Duração

- 8.1 Princípios de regulação de tensão
- 8.2 Dispositivos para regulação de tensão
- 8.3 Aplicação do regulador de tensão da rede elétrica
- 8.4 Capacitores para regulação de tensão
- 8.5 Aplicação de capacitor de usuário final
- 8.6 Regulação de tensão da concessionária com recursos distribuídos

UNIDADE IX – Benchmarking de Qualidade de Energia

- 9.1 Introdução
- 9.2 Processo de comparação
- 9.3 Índices de variação de tensão eficaz
- 9.4 Índices de harmônicos



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

9.5 Contratos de Qualidade de Energia

9.6 Seguro de Qualidade de Energia

9.7 Estimativa do estado da Qualidade da Energia

9.8 Inclusão da Qualidade de Energia no planejamento da distribuição

UNIDADE X – Geração Distribuída e Qualidade de Energia

10.1 Definição da geração distribuída

10.2 Principais tecnologias de geração distribuída

10.3 Interface para o sistema da concessionária

10.4 Problemas de qualidade de energia

10.5 Conflitos operacionais

10.6 Conexão de geração de distribuída na distribuição

10.7 Localização da geração distribuída

10.8 Padrões de Interconexão

Bibliografia básica

BOLLEN, Math H. J. **Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions**. Hoboken, Nj: John Wiley & Sons, 2000.

ARRILLAGA, Jos; WATSON, Neville R; S, Chen. **Power system quality assessment**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

KAGAN, Nelson. **Estimação de indicadores de qualidade da energia elétrica**. São Paulo, SP: Blucher, 2009.

ONS (Operador Nacional do Sistema). **Submódulo 2.8 – Gerenciamento dos indicadores de qualidade da energia elétrica da Rede Básica**. 2017. Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em: 22, abr. 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade do fornecimento de energia elétrica**. 2021. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorio/s/prodist>. Acesso em: 22 abr. 2022.



Serviço Público Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Pró-Reitoria de Ensino

Bibliografia complementar

BOLLEN, Math H. J.; GU, Irene Y. H. **Signal processing of power quality disturbances**. New York: John Wiley & Sons - IEEE Press, 2006.

SHORT, T. A. **Distribution reliability and power quality**. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006.

FUCHS, Ewald F.; MASOUM, Mohammad A. S. **Power quality in power systems and electrical machines**. Amsterdam: Elsevier: Academic Press, 2008.

ARRILLAGA, Jos; WATSON, Neville R. **Power system harmonics**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2003.

ARRILLAGA, Jos; SMITH, Bruce C; WATSON, Neville R.; WOOD, Alan R. **Power system harmonic analysis**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997.