

<b>DISCIPLINA:</b> Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Energia Elétrica	<b>CÓDIGO:</b> DEE.79
--	-----------------------

**VALIDADE:** a partir de janeiro/2015.

**Carga Horária:** Total: 60 horas/aula      Semanal: 04 aulas      Créditos: 04

**Modalidade:** Teórica

**Classificação do Conteúdo pelas DCN:** Profissionalizante

**Ementa:**

Linhas de transmissão. Parâmetros de linhas de transmissão. Ondas viajantes. Sobretensões em sistemas de energia elétrica. Cálculo de transitórios eletromagnéticos. Modelagem de equipamentos e fenômenos para cálculo de transitórios nos domínios do tempo e da frequência. Simulações computacionais.

<b>Cursos</b>	<b>Período</b>	<b>Eixo</b>	<b>Obrig.</b>	<b>Optativa</b>
Engenharia Elétrica		Sistemas de Energia		X

**Departamento/Coordenação:** Engenharia Elétrica (DEE) /Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica (CCEE)

**INTERDISCIPLINARIDADES**

<b>Pré-requisitos</b>	<b>Código</b>
Irradiação e Ondas Guiadas	2EE.023
Eletrotécnica	2EE.032
<b>Co-requisitos</b>	
<b>Disciplinas para as quais é pré-requisito</b>	
<b>Disciplinas para as quais é co-requisito</b>	

**Objetivos:** *A disciplina deverá possibilitar ao estudante:*

1	▪ Compreender as características dos principais distúrbios eletromagnéticos em sistemas de energia.
2	▪ Aplicar conceitos fundamentais de eletromagnetismo, circuitos elétricos e sistemas elétricos de potência na modelagem e análise de transitórios em sistemas de energia.
3	▪ Modelar numericamente circuitos lineares, concentrados e distribuídos, para simulação de transitórios eletromagnéticos em sistemas elétricos.
4	▪ Modelar numericamente elementos não-lineares para simulação de transitórios eletromagnéticos em sistemas elétricos.
5	▪ Compreender a teoria e a modelagem computacional da propagação de ondas em linhas monofásicas e polifásicas sem perdas e com perdas (constantes e variáveis com a frequência).
6	▪ Simular problemas de análise de transitórios em sistemas elétricos empregando ferramentas computacionais.
7	▪ Analisar transitórios de natureza diversa em sistemas elétricos e propor soluções de engenharia para redução dos níveis de sobretensões resultantes.

Unidades de ensino		Carga-horária Horas/aula
1	<p><b>Parte I – Introdução</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distúrbios em sistemas de energia: sobretensões e sobrecorrentes.</li> <li>• Sobretensões de manobra, sobretensões atmosféricas e sobretensões temporárias.</li> <li>• Modelagem de sistemas elétricos.</li> <li>• Teoria eletromagnética x teoria de circuitos.</li> <li>• Parâmetros concentrados x parâmetros distribuídos.</li> <li>• Domínio do tempo x domínio da frequência.</li> <li>• Sistemas lineares x sistemas não-lineares.</li> </ul>	4
2	<p><b>Parte II – Transitórios em circuitos de parâmetros concentrados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretação física.</li> <li>• Resposta natural e forçada de circuitos RLC.</li> <li>• Resposta completa de circuitos RLC.</li> <li>• Análise de circuitos elementares no domínio do tempo utilizando equações diferenciais.</li> <li>• Análise de circuitos elementares no domínio da frequência utilizando transformada de Laplace.</li> <li>• Simulações no ATP.</li> </ul>	6
3	<p><b>Parte III – Solução numérica de circuitos lineares com parâmetros concentrados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos básicos de solução de circuitos.</li> <li>• Modelo para resistor.</li> <li>• Modelo para indutor.</li> <li>• Modelo para capacitor.</li> <li>• Solução de transitórios via análise nodal.</li> <li>• Análise de erro em indutores e capacitores.</li> <li>• Representação de chaves.</li> <li>• Simulações no ATP e aplicações práticas.</li> </ul>	8
4	<p><b>Parte IV – Propagação de ondas em linhas de transmissão</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equacionamento básico.</li> <li>• Parâmetros de linhas de transmissão monofásicas.</li> <li>• Solução das equações de linhas de transmissão com perdas e sem perdas.</li> <li>• Impedância característica e impedância de surto.</li> <li>• Velocidade de fase e velocidade de propagação.</li> <li>• Análise de descontinuidades.</li> <li>• Solução numérica de transitórios em linhas monofásicas.</li> <li>• Modelos de linhas monofásicas no ATP.</li> <li>• Representação numérica de elementos não lineares.</li> <li>• Para-raios.</li> <li>• Influência da frequência no cálculo de parâmetros de linhas monofásicas (incluindo o efeito do solo).</li> </ul>	20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propagação de ondas em linhas polifásicas: Introdução ao equacionamento em componentes modais.</li> <li>• Modelos de linhas polifásicas no ATP.</li> <li>• Variação dos parâmetros modais com a frequência.</li> <li>• Regime permanente em linhas de transmissão.</li> <li>• Simulações no ATP e aplicações práticas.</li> </ul>	
5	<p><b>Parte V – Introdução à Modelagem de transformadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos em estrela para transformadores monofásicos e trifásicos.</li> <li>• Modelo “SATURABLE TRANSFORMER MODEL” disponível no ATP.</li> <li>• Modelos matriciais para transformadores monofásicos e trifásicos de N enrolamentos.</li> <li>• Modelo “BCTRAN” disponível no ATP.</li> <li>• Simulações no ATP e aplicações práticas.</li> </ul>	6
6	<p><b>Parte VI – Introdução à modelagem de cabos isolados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propriedades dos materiais.</li> <li>• Projeto de cabos.</li> <li>• Cálculo de parâmetros.</li> <li>• Aterramento.</li> <li>• Análise de sensibilidade de transitórios com relação aos parâmetros e ao projeto de cabos.</li> </ul>	4
7	<p><b>Parte VII – Introdução à modelagem de máquinas síncronas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equações de máquinas síncronas.</li> <li>• Transformação de Park.</li> <li>• Circuitos equivalentes.</li> <li>• Cálculo de parâmetros.</li> <li>• Saturação magnética.</li> <li>• Testes.</li> <li>• Modelos para simulação de transitórios.</li> </ul>	6
8	<p><b>Parte VIII – Introdução à modelagem de disjuntores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Princípios de interrupção de corrente.</li> <li>• Tecnologias de interrupção.</li> <li>• Especificações.</li> <li>• Testes.</li> <li>• Modelagem de disjuntores.</li> <li>• Determinação de parâmetros.</li> </ul>	6
<b>Total</b>		60

<b>Bibliografia Básica</b>	
1	L. C. Zanetta Júnior, <i>Transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência</i> , Edusp, São Paulo, 2003.
2	A. Greenwood, <i>Electrical transients in power systems</i> , a partir da 1ª Edição., John Wiley & Sons, Inc.
3	A. E. A. de Araújo e W. L. A. Neves, <i>Cálculo de transitórios eletromagnéticos em sistemas de energia</i> , Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

<b>Bibliografia Complementar</b>	
1	W. D. Steveson, <i>Elementos de análise de sistemas de potência</i> , a partir da 1ª Edição, McGraw-Hill..
2	C. R. Paul, <i>Analysis of multiconductor transmission lines</i> , a partir da 1ª Edição. John Wiley & Sons, Inc.
3	C. R. Paul, <i>Electromagnetics for engineers: with applications to digital systems and electromagnetic interference</i> , Wiley.
4	C. R. Paul, <i>Eletromagnetismo para engenheiros: com aplicações a sistemas digitais e interferência eletromagnética</i> , Wiley.
5	A. D'Ajuz, <i>Transitórios elétricos e coordenação de isolamento – aplicação em sistemas de potência de alta tensão</i> , Universidade Federal Fluminense/EDUFF/FURNAS, Rio de Janeiro, 1987.
6	S. R. Naidu, <i>Transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência</i> , Ed. Grafset Ltda, 1985.