



## PLANO DE ENSINO (Período Letivo Suplementar Excepcional)

<b>Disciplina: Tópicos Especiais em Qualidade da Energia Elétrica IV: Estudos Avançados sobre Proteção de Sistemas Elétricos</b>			
<b>Período:</b> 2021/1	<b>Curso(s):</b> ( ● ) Mestrado ( ● ) Doutorado		<b>Unidade:</b> FEELT
<b>Código:</b> EL084B	<b>Carga Horária:</b> 45 horas-aula	<b>Créditos:</b> 3,0	<b>Tipo:</b> ( ) Obrigatória ( ● ) Optativa
<b>Professor: José Rubens Macedo Junior</b>			

<b>Objetivos:</b>	Capacitar o aluno no âmbito dos conceitos elementares para estudos de sistemas de proteção, de coordenação e integração da proteção em sistemas elétricos de potência. Os objetivos específicos da disciplina são os seguintes: (i) conhecer as filosofias de proteção através de relés, adequadas para a proteção dos principais componentes dos sistemas elétricos (geradores, transformadores, linhas e barras, etc.); (ii) reconhecer as aplicações e os principais tipos de relés usados na proteção de sistemas elétricos; (iii) conhecer e montar os diagramas de proteção clássicos adequados para a proteção elétrica dos sistemas elétricos e seus principais componentes e (iv) desenvolver e implementar técnicas de otimização dos sistemas de proteção.
-------------------	---

<b>Conteúdo:</b>	<p><b>1) Introdução à proteção: filosofia da proteção.</b> Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Reconhecer a filosofia de uma proteção de um sistema elétrico.</li><li>Reconhecer os relés primários e os secundários de um determinado elemento elétrico.</li><li>Reconhecer as características funcionais do releamento.</li></ul> <p><b>2) Princípios fundamentais dos relés.</b> Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Saber classificar os diversos tipos de relés.</li><li>Descrever como cada tipo de relé opera e atua.</li></ul> <p><b>3) Relés de corrente, tensão e potência</b> Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Reconhecer os diversos tipos de construção dos relés e as equações padrões IEC e IEEE adotadas para os relés de sobrecorrente.</li><li>Ajustar os relés de sobrecorrente digitais e eletromecânicos.</li><li>Entender os ajustes e conexões dos relés direcionais.</li><li>Entender e parametrizar corretamente relés supervisores de tensão.</li></ul>
------------------	---

#### **4) Relés diferenciais e outros tipos**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Reconhecer as aplicações para o relé diferencial
- Entender a curva de sensibilidade deste tipo de relé.
- Reconhecer as aplicações para os relés de frequência, de tempo e auxiliares.

#### **5) Relés de distância**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Reconhecer as diferenças entre os diversos tipos de relés de distância
- Saber em que situações cada tipo destes relés de distância é mais recomendado.
- Conhecer as técnicas da Tele proteção, muito usadas nas proteções de linhas de transmissão.

#### **6) Transformadores de corrente e de potencial**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Reconhecer os diversos tipos de transformadores de corrente (TC) e de potencial (TP).
- Reconhecer a especificação de um TC ou TP através das nomenclaturas da ABNT e ANSI.
- Dimensionar os TCs e TPs adequados para as diversas aplicações.

#### **7) Proteção de alimentadores e linhas**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Reconhecer as aplicações mais adequadas para o uso dos relés de sobrecorrente e de distância, na proteção de linhas.
- Fazer os ajustes corretos em diversos relés de sobrecorrente instalados em série (ou cascata), ao longo de uma linha, visando coordená-los adequadamente no plano corrente x tempo.
- Apontar os diversos critérios de ajuste das regiões de proteção designadas para os relés de distância protegerem.
- Descrever os efeitos das cargas, da perda de sincronismo e da injeção de corrente intermediária nos relés de distância.

#### **8) Proteção de transformadores**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Descrever os tipos de falta em transformadores
- Descrever os diversos tipos de proteção de transformadores:
- Proteção contra curtos internos com relés diferenciais
- Proteção com relés de sobrecorrente
- Ajustar as proteções de sobrecorrente e diferencial em transformadores, levando em consideração os efeitos das correntes de inrush, limites térmicos e eventuais correntes de partida de motores.

#### **9) Proteção de geradores**

Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:

- Reconhecer as principais condições anormais que possam ocorrer em um gerador.
- Descrever as razões de se fazer proteção contra curto-circuito em um gerador.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esquematizar e ajustar a proteção diferencial de um gerador.</li> </ul> <p><b>10) Proteção de barramentos</b></p> <p>Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analisar e descrever os tipos de proteção mais adequados para a proteção de barra;</li> <li>▪ Ajustar uma proteção de barras com relés diferenciais de barras</li> </ul> <p><b>11) Proteção de bancos de capacitores</b></p> <p>Após o desenvolvimento deste tópico o estudante deverá demonstrar competências e habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analisar os efeitos das correntes harmônicas em capacitores e na correção do fator de potência;</li> <li>▪ Conhecer os tipos de proteção adequadas para bancos de capacitores.</li> <li>▪ Analisar os efeitos das correntes harmônicas em capacitores e na correção do fator de potência;</li> </ul> <p><b>12) Proteção de linhas no domínio do tempo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Noções elementares sobre a mais moderna técnica de proteção de sistemas elétricos, baseada em análises no domínio do tempo</li> </ul> <p><b>13) Técnicas de otimização aplicadas aos sistemas de proteção</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Noções elementares e aplicação de técnicas de otimização dos sistemas de proteção contra sobrecorrente.</li> </ul>
--	--

<b>Metodologia:</b>	<p>Para a presente componente curricular, a ser ministrada em formato remoto, no âmbito do período letivo suplementar emergencial, serão adotadas aulas em duas modalidades distintas de comunicação: <b>síncrona</b> (todos os alunos simultaneamente conectados à internet sob a regência do professor) e <b>assíncrona</b> (contemplando atividades remotas <i>off-line</i>). Para tal efeito, serão consideradas as seguintes mídias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Modalidade síncrona (<i>on-line</i>):</b> Aulas expositivas através das plataformas <i>Google Meet</i> ou <i>Microsoft Teams</i>.</li> <li>▪ <b>Modalidade assíncrona (<i>off-line</i>):</b> <i>Google Classroom</i>, <i>Youtube</i> (videoaulas), e-mails e aplicativos de mensagens.</li> </ul> <p>O atendimento ao aluno será realizado de forma remota, seja durante as aulas na modalidade síncrona, ou através de <i>e-mail</i>, <i>aplicativos de mensagens</i> ou reuniões individuais através das plataformas <i>Google Meet</i> ou <i>Microsoft Teams</i>, em horários específicos a serem definidos pelo professor.</p>
---------------------	--

<b>Procedimentos de Avaliação:</b>	<p>A metodologia de avaliação individual será baseada em duas estratégias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboração e em entrega (em formato digital <i>pdf</i>) de um estudo dirigido relacionado a um tema específico no contexto da Proteção dos Sistemas Elétricos, a ser definido pelo professor e indicado a cada aluno individualmente. <b>Valor: 60,0 pontos</b> <b>Data limite de entrega: 09/07/2021</b></li> <li>▪ Implementação de modelagem computacional de relés de proteção. A trabalho implementado por cada aluno deverá ser apresentado individualmente ao professor, através das plataformas <i>Google Meet</i> ou <i>Microsoft Teams</i>, em data e horário específico, a ser definido dentro do período de avaliação. <b>Valor: 40,0 pontos</b> <b>Período de avaliação: 01/07/2021 à 09/07/2021</b></li> </ul>
------------------------------------	--

<b>Cronograma:</b>	<p><b>Ação (atividade):</b> Aulas expositivas nas modalidades síncrona e assíncrona contemplando os itens (1) a (11) do conteúdo da componente curricular.</p> <p><b>Período de realização (gestão do tempo):</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="16">Dia/Mês</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>5/3</th><th>12/3</th><th>19/3</th><th>26/3</th><th>2/4</th><th>9/4</th><th>16/4</th><th>23/4</th><th>30/4</th><th>7/5</th><th>14/5</th><th>21/5</th><th>28/5</th><th>4/6</th><th>11/6</th><th>18/6</th><th>25/6</th><th>2/7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Horas-aula</td> <td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td>S</td><td>S</td><td>S</td><td>A</td><td>S</td><td>S</td><td>A</td><td>S</td><td>S</td><td>A</td><td>S</td><td>S</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p>S = Atividade Síncrona    A = Atividade Assíncrona</p> <p><b>Resultado da ação:</b> Plena compreensão dos conceitos elementares associados com a Proteção dos Sistemas Elétricos por parte dos discentes.</p> <p><b>Ação (atividade):</b> Aulas expositivas nas modalidades síncrona e assíncrona contemplando os itens (12) e (13) do conteúdo da componente curricular.</p> <p><b>Período de realização (gestão do tempo):</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="16">Dia/Mês</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>14/8</th><th>21/8</th><th>28/8</th><th>4/9</th><th>11/9</th><th>18/9</th><th>25/9</th><th>2/10</th><th>9/10</th><th>16/10</th><th>23/10</th><th>30/10</th><th>6/11</th><th>13/11</th><th>20/11</th><th>27/11</th><th>4/12</th><th>11/12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Horas-aula</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td><td>3 h/a</td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>S</td><td>S</td><td>A</td><td>S</td><td>S</td><td>S</td> </tr> </tbody> </table> <p>S = Atividade Síncrona    A = Atividade Assíncrona</p> <p><b>Resultado da ação:</b> Plena compreensão das técnicas de otimização dos sistemas de proteção dos sistemas elétricos.</p> <p><b>OBS:</b> A validação da assiduidade dos discentes será realizada a partir da anotação em controle específico (planilha Excel) da presença dos mesmos nas aulas expositivas na modalidade síncrona, assim como pelo atendimento aos prazos de entrega dos itens de avaliação.</p>			Dia/Mês																		5/3	12/3	19/3	26/3	2/4	9/4	16/4	23/4	30/4	7/5	14/5	21/5	28/5	4/6	11/6	18/6	25/6	2/7	Horas-aula	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a								Tipo	S	S	S	A	S	S	A	S	S	A	S	S										Dia/Mês																		14/8	21/8	28/8	4/9	11/9	18/9	25/9	2/10	9/10	16/10	23/10	30/10	6/11	13/11	20/11	27/11	4/12	11/12	Horas-aula														3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	Tipo														S	S	A	S	S	S
			Dia/Mês																																																																																																																																																										
		5/3	12/3	19/3	26/3	2/4	9/4	16/4	23/4	30/4	7/5	14/5	21/5	28/5	4/6	11/6	18/6	25/6	2/7																																																																																																																																										
Horas-aula	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a																																																																																																																																																	
Tipo	S	S	S	A	S	S	A	S	S	A	S	S																																																																																																																																																	
		Dia/Mês																																																																																																																																																											
		14/8	21/8	28/8	4/9	11/9	18/9	25/9	2/10	9/10	16/10	23/10	30/10	6/11	13/11	20/11	27/11	4/12	11/12																																																																																																																																										
Horas-aula														3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a	3 h/a																																																																																																																																										
Tipo														S	S	A	S	S	S																																																																																																																																										

<b>Detalhamento de Recursos Didáticos:</b>	<p>Para o pleno acompanhamento das atividades a serem desenvolvidas, o discente necessitará:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Acesso à internet (conforme Art. 14 da Resolução nº 6/2020 do CONPEP, a UFU instituiu o Auxílio de Inclusão Digital aos discentes em situação de vulnerabilidade econômica);</li> <li>2) Computador, <i>tablet</i> ou celular;</li> </ol> <p>Para a realização das atividades previstas nesta componente curricular, serão utilizados os seguintes recursos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Plataformas de comunicação on-line Google Meet ou Microsoft Teams;</li> <li>2) Plataforma Google Classroom;</li> <li>3) E-mails;</li> <li>4) Aplicativos de mensagens.</li> </ol>
--	---

<b>Referências:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Referências com acesso através do Portal de Periódicos da CAPES, disponibilizado aos discentes com acesso institucional UFU, através do <i>link</i>:  <a href="http://www.periodicos.capes.gov.br">http://www.periodicos.capes.gov.br</a></li> <li>2) Referências com acesso através do sítio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através do link:  <a href="https://www.aneel.gov.br/prodist">https://www.aneel.gov.br/prodist</a></li> <li>3) Bibliografia Básica:</li> </ol>
---------------------	--

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MAMEDE Filho, João. <b>Proteção de Sistemas Elétricos de Potência</b>. LTC Livros Técnicos e Científicos Ltda. 2011.</li> <li>2. SILVA, Eliel Celestino da Silva. <b>Proteção de Sistemas Elétricos de Potência</b>. QualityMark, 1ª Edição. 2014.</li> <li>3. SATO, Fujito; FREITAS, Walmir. <b>Análise de Curto-Circuito e Princípios de Proteção em Sistemas de Energia Elétrica</b>. Elsevier, Editora Ltda. 2014.</li> <li>4. COURY, Denis Vinícius. <b>Proteção Digital de Sistemas Elétricos de Potência. Dos Relés Eletromecânicos aos Microprocessados Inteligentes</b>. EDUSP, 1ª Edição. 2007.</li> <li>5. ARAÚJO, Carlos. <b>Proteção de Sistemas Elétricos</b>. Interciência, 2011.</li> </ol> <p>4) Bibliografia Complementar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CAMINHA, Amadeu. <b>Introdução à proteção dos sistemas elétricos</b>. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1977.</li> <li>▪ GONEN, T. <b>Electric Power Distribution System Engineering</b>, CRC Press, 2nd Edition, 2007.</li> </ul>
--	--

Plano de Ensino aprovado pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica em **XX/XX/2020**, conforme processo **SEI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**.