

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA****CENTRO TECNOLÓGICO**

Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica

Campus Trindade - CEP 88040-900 - Florianópolis SC

Tel: 48 3721-2260

**PLANO DE ENSINO 2020.2 <sup>1</sup>****I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:**

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	HORAS-AULA SEMANAIS		HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EEL 7862	Projeto Nível II em Eletrônica de Potência e Acionamentos III		4	72 horas

**II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)**

Prof. Nelson Jhoe Batistela

Participação em Estágio de Docência do aluno de doutorado Luis Otavio Steffenmunsberg Grillo

**III. PRÉ-REQUISITO(S) (Código(s) e nome da(s) disciplina(s))**

Estar matriculado em EEL7064

**IV. CURSOS PARA OS QUAIS A DISCIPLINA É OFERECIDA**

(202) Engenharia Elétrica

**V. EMENTA**

Acionamentos elétricos, motores de indução trifásicos, geradores síncronos trifásicos, máquinas elétricas assíncronas, máquinas elétricas síncronas, paralelismo de geradores, compensadores síncronos, transformadores elétricos, máquinas de corrente contínua, motor universal, medidas elétricas, aplicações de máquinas elétricas, aplicações em eletrotécnica.

**VI. OBJETIVOS**

Proporcionar aos discentes se envolverem com conhecimentos fundamentais e/ou aplicações de acionamentos elétricos e de máquinas elétricas, abordando estudos, compreensão ou elaboração de pré-projetos, realização de acionamentos elétricos, e conhecimentos de componentes e montagens.

**VII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO****1 - Motor de indução trifásico com inversor de frequência**

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia B; e de

Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de motores de indução e levantamento das características nominais do dispositivo de Lorenzo – Motor de indução com rotor gaiola de esquilo.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Levantamento das características do inversor de frequência modular.
- Elaborar uma metodologia de aplicação versátil do inversor tanto para motor com carga como para o sistema sem rotor (demonstração de campo girante variável através de ímãs permanentes).
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

**2 – Ensaios normatizados para motores de indução trifásicos**

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia B e de

Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de motores de indução e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Motor de indução com rotor gaiola de esquilo.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Estudo dos métodos de ensaios normatizados e levantamento dos parâmetros do motor de indução trifásico em questão.
- Aplicação das metodologias de ensaios com o módulo transdutor de torque em comparação com o sistema manual por alavanca.
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

**3 – Ensaios em transformadores trifásicos.**

<sup>1</sup> Plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Resolução Normativa 140/2020/CUn.

Competências necessárias: Estar cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia A e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de transformadores elétricos e levantamento das características nominais do dispositivo que será o objeto de análise.
- Avaliar as condições de isolamento do transformador realizando ensaios conforme a norma.
- Levantamento das características de circuito equivalente do transformador.
- Realização de ensaios de rendimento e regulação.
- Comparação dos resultados com valores de placa do dispositivo.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 4 – Motor de indução com rotor bobinado

Competências necessárias: Estar cursado a cadeira de Conversão Eletromecânica de Energia B e ter cursado a de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de motores de indução e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Motor de indução com rotor bobinado.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Estudo dos métodos de partida do motor de indução com rotor bobinado.
- Estudo dos métodos de ensaios normatizados e levantamento dos parâmetros do motor de indução trifásico em questão.
- Aplicação das metodologias de ensaios com o módulo transdutor de torque em comparação com o sistema manual por alavanca.
- Análise prática das correntes de rotor (Ensaio podem ser feitos com o osciloscópio de canais isolados mais transformador isolador).
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 5 – Gerador síncrono isolado

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia A e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de geradores síncronos e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Gerador síncrono.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Análise da aplicação prática do módulo comutador de polos para análise de frequência de saída.
- Análise com carga (isolado), controle de excitação e máquina primária (Motor CC).
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 6 – Gerador síncrono com operação em paralelismo

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia A e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de geradores síncronos e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Gerador síncrono.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Estudo dos métodos de paralelismo de gerador com a rede elétrica.
- Aplicação prática do módulo sincronoscópio.
- Análise e operação do gerador em sincronismo.
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 7 – Motor e compensador síncrono

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia A e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de geradores síncronos e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Gerador síncrono.
- Análise de campo girante para as ligações da máquina em 2 e 4 polos.
- Estudo dos métodos de partida de motores síncronos e a aplicação de compensadores síncronos.
- Operação com o compensador síncrono e análise de fluxo de potência.
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 8 – Gerador síncrono duplamente alimentado

Competências necessárias: Ter cursado a cadeira de Conversão Eletromecânica de Energia B. Resumo das atividades:

---

- Estudo dos aspectos fundamentais de geradores síncronos e as peculiaridades do gerador síncrono duplamente alimentado. Investigação acerca da viabilidade de montagem prática utilizando o dispositivo De Lorenzo – Motor de indução com rotor bobinado com o módulo de inversor de frequência.
- Investigação do comportamento do campo girante resultante em máquinas de 2 e 4 polos para uma excitação de frequência variável.
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 9 – Motor e gerador de corrente contínua

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia B e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de máquinas de corrente contínua e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Motor DC.
- Análise e operação da máquina com carga tanto como gerador, quanto como motor.
- Simulações do sistema em software.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 10 – Motor DC e motor universal

Competências necessárias: Ter cursado as cadeiras de Conversão Eletromecânica de Energia B e de Circuitos Elétricos B. Resumo das atividades:

- Estudo dos aspectos construtivos de máquinas de corrente contínua e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Motor DC.
- Análise da configuração campo série para motor universal e operação da máquina com carga.
- Estudo dos aspectos construtivos de máquinas de corrente contínua e levantamento das características nominais do dispositivo De Lorenzo – Motor DC.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

#### 11– Aquisição de dados

Competências necessárias:

Resumo das atividades: Ter cursado a cadeira de Conversão Eletromecânica de Energia A.

- Estudo do módulo de aquisição de dados DL1893, bem como seu software. Resumo das atividades:
- Desenvolvimento de um panorama geral quando à aplicação do dispositivo nos experimentos práticos com os equipamentos da De Lorenzo.
- Aplicação prática de ao menos um exemplo encontrado durante o percurso do item anterior.
- Elaboração de uma aula expositiva do tema abordado.

### **VIII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA**

#### **Atualização para este Plano de Ensino sem a possibilidade de atividades práticas no laboratório:**

O conteúdo a ser trabalhado é escolhido e definido pelos alunos na primeira aula síncrona realizada na disciplina, formando as equipes. Caso haja necessidade, alterações nas equipes e nos assuntos escolhidos podem ser realizadas. Devido à situação complexa deste período de segurança sanitária, o professor poderá sugerir aos alunos outros assuntos pertinentes aos objetivos da disciplina (tais como estudos de parques eólicos, estudos de PCHs, projetos de aterramentos de usinas ou subestações, sistemas de monitoramento de condição de máquinas, sistema de monitoramento e/ou de proteção de instalações etc.) que envolvam máquinas elétricas e componentes/equipamentos periféricos.

Tendo visto que enquanto perdurar as restrições de utilização e realização de atividades práticas no laboratório, a disciplina será conduzida por meio de trabalhos dirigidos e elaborados pelos alunos, conforme o tema escolhido, em forma de relatórios de suas atividades, finalizando com um trabalho escrito e apresentação por vídeo conferência. Os alunos continuarão inicialmente com os temas definidos em aula presencial no início do semestre, mas com possibilidade de solicitar troca da temática ou de realizar o trabalho individualmente. Aliás, aconselha-se que os trabalhos sejam desenvolvidos individualmente, se estes não puderem ser realizados em equipe de maneira virtual.

Para o desenvolvimento dos temas, os alunos deverão fazer análises críticas e/ou buscar as soluções e possibilidades disponíveis tecnicamente, tais como i) análise e síntese em estudos críticos de artigos técnicos e/ou científicos; ii) pesquisas na literatura e na internet sobre partes construtivas, componentes, projetos, soluções, exemplos etc.; iii) escolha e definição de aplicações práticas, como se fosse um engenheiro contratado para fazer pré-projetos (projeto base) da aplicação; iv) escolha de uma aplicação e realização do seu projeto base com definição de equipamentos comerciais pesquisando catálogos e conteúdos na internet e/ou livros.

A metodologia empregada busca estimular a participação efetiva dos alunos no desenvolvimento da disciplina, em específico de seu tema a ser desenvolvido, sendo que o professor e o aluno doutorando em Estágio de Docência Luis Otavio S. Grillo estarão acompanhando o desenvolvimento da disciplina de maneira virtual enquanto perdurarem as restrições sanitárias.

Esta é uma disciplina de horário livre, pois os desenvolvimentos dos alunos são acompanhados e orientados pelo professor, onde o aluno deverá mostrar motivação, disciplina e capacidade de aplicação de conhecimentos de engenharia elétrica adquiridos no transcorrer do curso. Haverá aulas e/ou encontros síncronos, com toda a turma e/ou com alguns grupos e/ou grupos individualmente, nas quartas-feiras, no período vespertino. Os alunos deverão solicitar com antecedência de cinco dias

úteis que tipo e quando deseja atendimento. O professor também marcará aulas e encontros síncronos para dirigir o desenvolvimento das atividades.

Os sistemas de comunicação utilizados com os alunos são o Moodle, web conferência e/ou Skype e/ou Microsoft Teams e/ou ZOOM (nas versões gratuitas), e-mail e chat, procurando atender as características da disciplina, dos alunos e do professor. Esta é uma disciplina que é desenvolvida pelo aluno, com acompanhamento e assistência do professor.

Caso ocorra mudança ao longo do semestre para atividades presenciais, este plano de ensino será readaptado às novas condições sanitárias e às novas exigências didáticas.

#### **IX. ATIVIDADES PRÁTICAS**

Enquanto perdurarem as restrições sanitárias, não haverá atividades práticas. Os alunos poderão acrescentar aos seus trabalhos simulações numéricas empregando softwares disponibilizados pela UFSC ou de uso livre.

#### **X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE FREQUÊNCIA**

A disciplina é desenvolvida sem um horário definido. Entretanto, a frequência será computada através de relatórios parciais entregues conforme a solicitação e prazo dado pelo professor, de participação em encontros síncronos, de participação de encontros solicitados pelos próprios alunos.

A avaliação leva em conta participação (realização de atividades), relatórios parciais, relatório final e uma apresentação virtual do trabalho final. As apresentações serão feitas para toda a turma e/ou apresentadas para o professor e/ou para o aluno de docência.

#### **XI. LEGISLAÇÃO**

Não será permitido gravar, fotografar ou copiar as aulas disponibilizadas no Moodle. O uso não autorizado de material original retirado das aulas constitui contrafação – violação de direitos autorais – conforme a Lei nº 9.610/98 –Lei de Direitos Autorais.

#### **XI. REFERÊNCIAS**

##### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

- a) Electrical Energy Conversion and Transport: An Interactive Computer-Based Approach. George G. Karady e Keith E. Holbert. Copyright Year: 2013, Book Type: Wiley-IEEE Press, Pages: 854 / Chapters 1-20, Topics: Power, Energy and Industry Applications; Transportation. ISBN Information: Online ISBN: 9781118498057; Electronic ISBN: 9781118498033; Electronic ISBN: 9781118498064; Print ISBN: 9780470936993. Livro pode ser baixado dentro do sistema da BU/UFSC, disponível em 04 de agosto de 2020: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6558546>.
- b) Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications. Mohamed E. El-Hawar. View less. Copyright Year: 2002. Book Type: Wiley-IEEE Press. Content Type: Books. Pages: 496 / Chapters 1-11. Topics: Power, Energy and Industry Applications. ISBN Information: Online ISBN: 9780470545645, Print ISBN: 9780471208129. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=5264263>.
- c) Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Paul C. Krause; Oleg Wasynczuk; Scott D. Sudhoff. Copyright Year: 2002. Book Type: Wiley-IEEE Press. Content Type: Books. Pages: 632 / Chapters 1-18. Topics: Power, Energy and Industry Applications. ISBN Information: Online ISBN: 9780470544167, Print ISBN: 9780471143260 <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=5265638>. Para a disciplina, o livro aborda com ênfase as máquinas sob seu aspecto dinâmico, mais apropriado para as cadeiras subsequentes à EEL 7073, a qual trata as máquinas nos seus aspectos de regime permanente.
- d) Control of Electric Machine Drive Systems. Seung-Ki Sul. Copyright Year: 2011. Book Type: Wiley-IEEE Press. Content Type: Books. Pages: 424 / Chapters 1-12. Topics: Robotics and Control Systems. ISBN Information: Online ISBN: 9780470876541, Electronic ISBN: 9781118099568, Electronic ISBN: 9780470876558, Print ISBN: 9780470590799. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=5675908>.
- e) Electromechanical Motion Devices. Paul Krause; Oleg Wasynczuk; Steven Pekarek. Wiley-IEEE Press. Second Edition. <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6266783>.
- f) Power Conversion and Control of Wind Energy Systems. Bin Wu; Yongqiang Lang; Navid Zargari; Samir Kouro. Copyright 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. <https://ieeexplore.ieee.org/book/6047595>.
- g) Disponível em 06/08/2020: <https://www.delorenzogloball.com/>

##### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

Uma das tarefas dos alunos é buscar bibliografia apropriada para o desenvolvimento das tarefas. Recomenda-se buscar por obras livres (openbooks), sites, catálogos, slides, vídeos, mas que não contenham proibições de uso. Haverá parte do material (geral) disponibilizado no Moodle, apenas para consulta, principalmente de material sobre as bancadas De Lorenzo pertencentes ao Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos (LabMaq) do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

### **- Cronograma**

<b>Aula</b>	<b>Data</b>	<b>CH</b>	
<b>1</b>	03/02	4h	<b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b> Introdução à disciplina

			Aula de apresentação do planejamento didático, plano de ensino e princípios teóricos que fazem a base dos estudos, distribuição e definição das equipes
<b>2</b>	10/02	4h	<b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b> Moodle da disciplina. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula de apresentação do planejamento didático e plano de ensino adaptado.</li> <li>• Apresentação do AVA</li> <li>• Redefinição e/ou confirmação das equipes e assuntos</li> </ul> Entrega de material e conhecimento das bancadas
<b>3</b>	17/02	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>4</b>	24/02	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>5</b>	03/03	4h	- <b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b> - <b>Entrega de relatório parcial</b>
<b>6</b>	10/03	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>7</b>	17/03	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>8</b>	24/03	4h	- <b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b> - <b>Entrega de relatório parcial</b>
<b>9</b>	31/03	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>10</b>	07/04	4h	- <b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b> - <b>Entrega de relatório parcial</b>
<b>11</b>	14/04	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>12</b>	28/04	4h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes - Atendimento virtual de acompanhamento e/ou orientação do professor e/ou do aluno de estágio de docência sob solicitação/marcação de horário
<b>13</b>	Livre adicional	6h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes (ao longo do semestre)
<b>14</b>	Livre adicional	6h	- Desenvolvimento do conteúdo pelos alunos/equipes (ao longo do semestre)
<b>15</b>	05/05	4h	- <b>Encontro síncrono com todos os alunos da disciplina</b>
<b>16</b>	12/05	4h	- <b>Apresentação dos Trabalhos e entrega do relatório final</b>
<b>17</b>	19/05	4h	- Recuperação