

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PLANO DE ENSINO**

1. **Disciplina:** EEL5191 - Acionamentos elétricos para automação
2. **Nº de semanas:** 18
3. **Total de horas:** 54 (teoria e prática)
4. **Pré-requisitos:** EEL5328
5. **Curso:** Engenharia de Controle e Automação Industrial
6. **Turmas:** 01 turma teórica e 02 turmas de laboratório
7. **Ementa:**
  - Fundamentos de Conversão Eletromecânica de Energia;
  - Princípios de funcionamento, características principais (estática e dinâmica), noções de especificação e modelagem das máquinas elétricas (motor de corrente contínua, motor de indução, motor síncrono, máquinas especiais);
  - Princípios de funcionamento dos conversores estáticos (retificadores, pulsadores e inversores), métodos de comando e noções de especificação;
  - Princípios gerais de variadores de velocidade e de posição: estruturas, modelos, redutores, comportamento estático e dinâmico, desempenho.LABORATÓRIO (equivalente a 18h): Experiências sobre máquinas elétricas, conversores estáticos e variadores de velocidade e posição.
8. **Professores:** Jean Viane Leite (teoria) e Denizar Cruz Martins (prática)
9. **Objetivos**

Proporcionar o aprendizado de:

  - 8.1- princípios básicos de modelagem e de especificação das máquinas de corrente contínua e alternada;
  - 8.2- funções básicas dos conversores estáticos e máquinas elétricas;
  - 8.3- noções básicas de acionamento de máquinas elétricas associadas a conversores estáticos.
10. **Conteúdo Programático:**

**TEORIA:**

  - 10.1- Fundamentos de conversão eletromecânica de energia
    - 10.1.1- Análise do torque eletromagnético
    - 10.1.2- Tensão induzida
    - 10.1.3- Definição de máquinas elétricas do ponto de vista de sistemas elétricos
    - 10.1.4- Especificações das máquinas elétricas.
  - 10.2- Princípios básicos de acionamentos
    - 10.2.1- sistema básico de acionamento
    - 10.2.2- sistema mecânico (carga acionada)
    - 10.2.3- características exigidas de acionadores
    - 10.2.4- noções de conversores estáticos
    - 10.2.5- fontes de alimentação
  - 10.3- Acionamento da máquina de corrente contínua
    - 10.3.1- Métodos de variação de velocidade dos motores CC
      - a) motor CC em regime permanente: modelo geral
      - b) motor com excitação separada: corrente de armadura constante e tensão de armadura variável
      - c) motor com excitação separada: corrente de armadura constante e corrente de campo variável
      - d) motor com excitação separada: tensão de armadura constante e corrente de campo variável
      - e) motor com excitação série
    - 10.3.2- Estruturas tradicionais de variação de velocidade dos motores CC
      - a) resistência série
      - b) sistema Ward-Leonard
      - c) transformador variável + retificador
    - 10.3.3- Princípios de regulação de velocidade e corrente
    - 10.3.4- Introdução ao estudo das associações de motores CC e dos conversores estáticos

- 10.4- Acionamento da máquina de indução
  - 10.4.1- Acionamento do motor de indução com alimentação senoidal, frequência variável, em regime permanente
    - a) modelo para alimentação senoidal
    - b) princípio do controle de velocidade a frequência variável
    - c) características torque-velocidade
    - d) lei tensão-frequência
    - e) alimentação direta
  - 10.4.2- Controle de velocidade por meio de gradador
- 10.5- Acionamento do motor síncrono
  - 10.5.1- Expressão do torque
  - 10.5.2- Alimentação por conversor direto de frequência
  - 10.5.3- Alimentação por conversor de frequência com estágio intermediário
- 10.6- Máquinas especiais
  - 10.6.1- O motor de passo: características e tipos
  - 10.6.2- O motor a ímãs permanentes: características e tipos
  - 10.6.3- O motor a relutância: tipos e características
  - 10.6.4- Outros tipos de motores usados em acionamentos
- 10.7- Características adicionais no acionamento das máquinas elétricas
  - 10.7.1- Redutor de velocidade
  - 10.7.2- Gerador taquimétrico
  - 10.7.3- Síncrono resolver
  - 10.7.4- Aquecimento dos motores

#### **LABORATÓRIO:**

##### EXPERIÊNCIA 1: Retificador Monofásico de Onda Completa a Diodos

1. Apresentação da Estrutura de Potência
2. Aplicações da Estrutura
3. Resumo Teórico do Comportamento da Estrutura
4. Manuseio do Osciloscópio e dos Instrumentos de Ferro Móvel e Bobina Móvel
5. Montagem da Estrutura (Procedimento Experimental - Carga Resistiva e Indutiva)
6. Discussão sobre as Principais Formas de Onda

##### EXPERIÊNCIA 2: Retificador Trifásico de Onda Completa a Diodos (Ponte de Graetz)

1. Apresentação da Estrutura de Potência
2. Aplicações da Estrutura
3. Resumo Teórico do Comportamento da Estrutura
4. Montagem da Estrutura (Procedimento Experimental - Carga Resistiva e Indutiva)
5. Discussão sobre as Principais Formas de Onda

##### EXPERIÊNCIA 3: Retificador Monofásico de Onda Completa a Tiristor

1. Apresentação da Estrutura de Potência
2. Aplicações da Estrutura
3. Resumo Teórico do Comportamento da Estrutura
4. Montagem da Estrutura (Procedimento Experimental - Carga Resistiva e Indutiva)
5. Discussão sobre as Principais Formas de Onda

##### EXPERIÊNCIA 4: Gradador Monofásico a TRIAC e a Tiristor

1. Apresentação da Estrutura de Potência
2. Aplicações da Estrutura
3. Resumo Teórico do Comportamento da Estrutura
4. Montagem da Estrutura (Procedimento Experimental - Carga Resistiva e Indutiva)
5. Discussão sobre as Principais Formas de Onda
6. Proposta de um possível circuito de comando

##### EXPERIÊNCIA 5: Estudo do Motor de Corrente Contínua e do Gerador Síncrono Trifásico

1. Identificação em Laboratório do Motor de Corrente Contínua e do Gerador Síncrono
2. Interpretação dos Dados de Placa de ambas as Máquinas
3. Levantamento dos Principais Parâmetros do Motor CC e do Gerador Síncrono
4. Resumo Teórico do Princípio de Funcionamento de ambas as Máquinas
5. Montagem do Motor CC Acoplado Mecanicamente ao Gerador Síncrono
6. Montagem do Dispositivo de Proteção para Partida do Motor CC
7. Montagem do Dispositivo de Proteção Contra Falta de Excitação do Motor CC
8. Variação de Velocidade do Motor CC

9. Carregamento do Gerador Síncrono e Levantamento do Torque do Motor CC
10. Observação do Comportamento do Conjunto Gerador Síncrono e Motor CC Acoplados

EXPERIÊNCIA 6: Estudo do Motor de Indução Trifásico e do Gerador de Corrente Contínua

1. Identificação em Laboratório do Motor de Indução
2. Interpretação dos Dados de Placa
3. Levantamento dos Principais Parâmetros do Motor de Indução
4. Resumo Teórico do Princípio de Funcionamento do Motor de Indução
5. Montagem do Motor de Indução Acoplado Mecanicamente ao Gerador CC
6. Montagem do Dispositivo de Proteção para Partida do Motor de Indução (Reostato de Partida)
7. Variação de Velocidade do Motor de Indução
8. Carregamento do Gerador CC e Levantamento do Torque do Motor de Indução
9. Observação do Comportamento do Conjunto Gerador CC e Motor de Indução

Obs.: Após cada experiência o aluno deverá redigir um relatório técnico contendo todas as informações relevantes obtidas durante o experimento.

11. **Bibliografia complementar**

- 1 – T. Kenjo – Electric Motors and their controls: an introduction – Oxford University Press – Great Britain, 1999.
- 2 – R. M. Crowder – Electric Drives and their controls – Clarendon Press – Oxford - Great Britain, 1998.
- 3 - S.B. Dewan, G.R. Slemon, A. Straughen - *Power Semiconductor Drives*. John Wiley & Sons - USA, 1984.
- 4 - I. Barbi - *Eletrônica de Potência*. Editora da UFSC, Florianópolis-SC, 1986.
- 5 - B.K. Bose - *Power Electronics and Drives*. Prentice-Hall, USA, 1986.
- 6 - W. Leonhard - *Control of Electrical Drives*. Springer-Verlag, Germany, 1985.
- 7 - V. del Toro - *Electromechanical Devices for Energy Conversion and Control Systems*. Prentice-Hall, USA, 1968.
- 8 - J. Hindmarsh - *Electrical Machines and their Applications*. Pergamon Press, Great Britain, 1970.
- 9 - T.J.E. Miller - *Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives*. Oxford University Press, Great Britain, 1989.
- 10 - G.R. Slemon, A. Straughen - *Electric Machines*. Addison-Wesley, Canada, 1980.

12. **Sistema de avaliação:**

O sistema de avaliação será composto por no mínimo duas provas teóricas (**P1 e P2**), uma avaliação de laboratório **ML** e uma avaliação final (caso o aluno não atinja a média de aprovação inicial). **Avaliações esporádicas com peso de prova teórica poderão ser realizadas ao longo do semestre.**

A média do semestre será calculada pela expressão:  $M = 0,8*MP+0,2*ML$  , onde MP é a média das provas teóricas e ML é a nota de laboratório.

**Obs.:** Para ser aprovado o aluno deverá obter a média do semestre igual ou superior a 6,0 (seis). Caso não a obtenha, terá direito a fazer uma avaliação final, se tiver sua média compreendida entre 3,0 (três) e 5,5 (cinco vg cinco). Neste caso sua média final será calculada pela média aritmética entre a nota da avaliação final e a média do semestre, devendo também ser igual ou superior a 6,0 (seis). Em ambos os casos o aluno deverá ter frequência mínima à 75% das aulas.

O aluno que não se enquadrar nos casos acima será considerado reprovado.

**Avaliação das Atividades do Laboratório**

Conceito de Laboratório

A avaliação da parte experimental consiste na elaboração de 2 (duas) provas práticas e um relatório completo das atividades experimentais de laboratório, realizadas durante o curso. A média final de laboratório é obtida a partir da média aritmética considerando as 2 provas, somadas à nota do relatório.

ML ( Média laboratório) = ( P1 + P2 + REL ) / 3

P1, P2 ( Notas parciais das provas ); REL(Nota do Relatório).