



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP
38400-902

Telefone: (34) 3239-4707 - www.posgrad.feelt.ufu.br - cobel@ufu.br



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	Acionamentos					
Unidade Ofertante:	Faculdade de Engenharia Elétrica					
Código:	EL103	Período/Série:	Não se aplica	Turma:	Prof. Luciano Coutinho	
	Carga Horária:					
Teórica:	45h	Prática: 0h	Total: 45h	Obrigatória	Natureza: Optativa(X)	
Professor(A):	Prof. Luciano Coutinho Gomes			Ano/Semestre:	2026/1	
Observações:	1- Cursos: Mestrado / Doutorado 2- Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica 3- Linha de Pesquisa: Sistemas Elétricos de Potência 4- Segunda-feira, das 09h50 ao 12h20 5- Bloco 7A, Sala Vermelha 6- Contato: lcgomes@ufu.br					

2. EMENTA

Modelagem matemática e acionamentos de máquinas AC.

Mathematical modeling and drives of AC machines.

3. JUSTIFICATIVA

A ampla utilização de motores de indução e motores síncronos a ímã permanente em sistemas de acionamento modernos demanda o domínio de técnicas avançadas de modelagem, análise dinâmica e controle. O entendimento do comportamento dessas máquinas em diferentes sistemas de referência é essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle de alto desempenho, como o controle vetorial.

Dessa forma, a disciplina se justifica por fornecer aos alunos fundamentos teóricos e práticos para a modelagem, simulação e controle de máquinas de corrente alternada, capacitando-os a projetar e avaliar sistemas de acionamento elétrico aplicados a contextos industriais e de pesquisa.

The widespread use of induction motors and permanent magnet synchronous motors in modern drive systems requires mastery of advanced modeling, dynamic analysis, and control techniques. Understanding the behavior of these machines in different reference frames is essential for the development of high-performance control strategies, such as vector control.

Therefore, this course is justified by providing students with theoretical and practical foundations for the modeling, simulation, and control of alternating current machines, enabling them to design and evaluate electric drive systems applied to industrial and research contexts.

4. **OBJETIVO**

Ao final do curso o aluno será capaz de:

1. Modelar as máquinas elétricas de corrente alternada convencionais, tais como máquinas de indução e máquinas síncronas a imã permanente.
2. Distinguir e classificar as diversas técnicas de acionamento atuais empregadas em acionamentos com máquinas de corrente alternada.
3. Selecionar as técnicas mais adequadas para determinadas aplicações, e conhecer as tendências de desenvolvimento futuro dessas técnicas.

The study goals are:

1. Develop mathematical modeling for AC electrical machines, covering induction machines and permanent magnet synchronous machines.
2. Distinguish and classify the different techniques used in AC machines and drives.
3. Select the most suitable techniques for specific applications and gain knowledge about future trends in the development of these techniques.

5. **PROGRAMA**

1. Modelagem matemática de máquina de corrente alternada convencionais e a imã permanente.
 - 1.1. A modelagem em dois eixos ortogonais d-q-0.
 - 1.2. Modelagem generalizada em sistema de referência arbitrário.
 - 1.3. Conjugado eletromagnético.
 - 1.4. Derivação de modelos comumente usados.
 - 1.5. Fluxos enlaçados como variáveis de estado.
 - 1.6. Simulação dinâmica.
 - 1.7. Equações de pequenos sinais para motores de indução.
 - 1.8. Avaliação das características de controle da máquina de indução.
 - 1.9. Modelagem no domínio de vetores espaciais.
2. Controle Vetorial de Motores de Indução.
 - 2.1. Introdução.
 - 2.2. Princípio do controle vetorial.
 - 2.3. Controle vetorial direto.
 - 2.4. Derivação do esquema para controle vetorial indireto.

- 2.5. Implementação do controle vetorial indireto.
- 2.6. Fluxograma para computação dinâmica.
- 2.7. Sensibilidade paramétrica.
- 2.8. Compensação paramétrica.
- 2.9. Desempenho e aplicações.

3. Controle de velocidade de Motores Síncronos a imã permanente.

- 3.2. Introdução.
- 3.3. Características de imãs permanentes.
- 3.4. Máquinas síncronas com imãs permanentes.
- 3.5. Controle vetorial do motor síncrono a imã permanente.
- 3.6. Estratégias de controle.
- 3.7. Operação com enfraquecimento de fluxo.
- 3.8. Projeto do controlador de velocidade.
- 3.9. Aplicações.

1. Mathematical modeling of AC machines (induction machines and permanent magnet synchronous machines).

- 1.1. Modeling in two orthogonal axes d-q-0.
- 1.2. Modeling in arbitrary reference system.
- 1.3. Electromagnetic conjugate.
- 1.4. Derivation of commonly used models.
- 1.5. Linked flows as state variables.
- 1.6. Dynamic simulation.
- 1.7. Small signal equations for induction motors.
- 1.8. Evaluation of induction machine control characteristics.
- 1.9. Modeling in the space vector domain.

2. Vector Control of Induction Motors.

- 2.1. Introduction.
 - 2.2. Vector control principle.
 - 2.3. Direct vector control.
 - 2.4. Derivation of the scheme for indirect vector control.
 - 2.5. Implementation of indirect vector control.
 - 2.6. Flowchart for Dynamic Computing.
 - 2.7. Parametric sensitivity.
 - 2.8. Parametric compensation.
 - 2.9. Performance and applications.
- ### 3. Speed control of permanent magnet synchronous motors.

- 3.1. Introduction.
- 3.2. Characteristics of permanent magnets.
- 3.3. Synchronous machines with permanent magnets.
- 3.4. Vector control of permanent magnet synchronous motor.
- 3.5. Control strategies.
- 3.6. Operation with flow weakening.
- 3.7. Speed controller design.
- 3.8. Applications.

6. METODOLOGIA

Técnicas de Ensino:

Aulas dialogadas e expositivas, utilizando recursos audiovisuais e materiais didáticos da disciplina.

Aulas práticas serão realizadas no laboratório de acionamentos;

Teaching Methods:

Dialogued and expository lectures, using audiovisual resources and course instructional materials.

Practical classes will be conducted in the drives laboratory.

7. AVALIAÇÃO

Para serem aprovados na disciplina os alunos deverão cumprir os seguintes requisitos:

1. Frequência mínima de 75% nas aulas ministradas (aulas teóricas + aulas práticas) que será verificada através de chamada oral em sala de aula.

2. Obter 60 pontos de um total de 100, que serão distribuídos da seguinte forma:

- Uma avaliação da parte teórica da disciplina, em datas marcadas nos primeiros dias de aulas, sendo atribuído o valor de 50 pontos;
- As avaliações das atividades práticas serão realizadas através de simulações dinâmicas de acionamentos de máquinas elétricas. Os relatórios serão avaliados quanto à utilização da norma técnica para escrita de documentos científicos, clareza e desenvolvimento do tema em questão. Valor: 25,0 pontos;
- Apresentação de artigos. Valor: 25,0 pontos;

Datas das avaliações:

As avaliações serão agendadas com estudantes de acordo com o andamento da disciplina.

Assessment and Approval Criteria

To pass the course, students must meet the following requirements:

A minimum attendance of 75% of the classes taught (theoretical classes and

practical classes), which will be verified through oral roll call in the classroom.

Achieve at least 60 points out of a total of 100, distributed as follows:

- One assessment covering the theoretical content of the course, scheduled in the first days of classes, worth 50 points;
- Assessments of the practical activities will be conducted through dynamic simulations of electric machine drive systems. Reports will be evaluated based on compliance with technical standards for scientific writing, clarity, and development of the proposed topic. Value: 25.0 points;
- Presentation of scientific papers. Value: 25.0 points.

Assessment Schedule:

The assessments will be scheduled with the students according to the progress of the course.

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

1. FILIZADEH, S. Electric Machines And Drives: Principles, Control, Modeling, and Simulation. 1. ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. 237 p. ISBN 978-1-4665-9942-0. (eBook).
2. BIM, Edson. Máquinas Elétricas e Acionamento. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. ISBN 978-85-352-5923-0. (Em Português).

Complementar

1. KRISHNAN, R. Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control. 1. ed [S.I.]: Prentice Hall, 2001. ISBN: 0-13-0910147.
2. KRAUSE, Paul; WASYNCZUK, O.; SUDHOFF, Scott; PEKAREK, Steven. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. 3. ed. [S.I.]: John Wiley & Sons, 2013. ISBN: 978-1-118-02429-4.
3. BOLDEA, Ion; TUTELEA, Lucian. Electric Machines: Transients, Control Principles, Finite Element Analysis, and Optimal Design with MATLAB®. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2021. 454 p. ISBN 9781003216018. (eBook).
4. VAS, P. Vector Control of AC Machines. 1. ed. Oxford: Clarendon Press, 1996.
5. SLEMON, G. R. Electric Machines and Drives. 1. ed. [S.I.]: Addison Wesley, 1992. 575 p. ISBN:0-201-57885-9.



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Coutinho Gomes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/12/2025, às 14:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6951414** e o código CRC **FFF0EBAC**.

