

Ficha de Unidade Curricular (FUC)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. Designação da unidade curricular

Projeto de Máquinas Elétricas

1.2. Sigla da área científica em que se insere

EE

1.3. Duração

Semestral

1.4. Horas de trabalho

162

1.5. Horas de contacto

T-22.5; TP-22.5; PL-22.5

1.6. ECTS

6

1.7. Observações

-

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular

Ricardo Jorge Ferreira Luís

4,5h

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

-

-

4. Objetivos da aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes)

Objetivos e Competências Específicas:

- Dimensionamento e projeto de máquinas elétricas assistida por PC através do Método dos elementos finitos;
- Possibilitar a análise detalhada do campo magnético, permitindo uma nova abordagem didática à teoria das máquinas elétricas;
- Fornecer aos alunos um vasto conjunto de problemas para obtenção visual do campo magnético.

Conhecimentos ministrados no processo de aprendizagem em Projeto de Máquinas Elétricas:

- Elementos básicos das equações de Maxwell; elementos básicos sobre o método dos elementos finitos (MEF);
- Modelização através do MEF de alguns exemplos: transformador, máquina DC, máquina síncrona, máquina de indução e outros dispositivos eletromagnéticos;
- Teoria e aplicação da análise dos elementos finitos, estáticos e dinâmicos às máquinas elétricas como sistemas eletromecânicos e eletromagnéticos;

- Utilização de ferramentas computacionais de suporte, tais como o FEMM e o ANSYS.

5. Conteúdos programáticos

- Técnicas de projeto assistido por computador (CAD/CAE) em Engenharia. Sistemas de Produção; Tecnologia CIM – Fabrico Integrado por Computador; CAD/CAM – Projeto e Fabrico Assistido por Computador.

- Equações Fundamentais. Equações de Maxwell. Equações de Laplace, Poisson e Helmholtz. Campos Térmicos.

- Princípios Básicos dos Métodos de Elementos Finitos (MEF). Problemas com Condições de fronteira.

- Método Clássico dos resíduos (Método de Galerkin). Método clássico variacional (Método de Rayleigh-Ritz).

- Breve introdução matemática à teoria dos elementos finitos. Discretização por elementos finitos conformes. Exemplos de elementos finitos conformes. Erro de aproximação. Referência a elementos finitos não conformes. Problemas de evolução: discretização no tempo e no espaço.

- Aplicação do MEF na análise e projeto de máquinas elétricas: Transformadores. Geradores síncronos. Máquinas com magnetos permanentes e síncronas de relutância. Motores de relutância e de indução trifásicas.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular

Em Projeto de Máquinas Elétricas são apresentadas técnicas de projeto assistido por computador em Engenharia. São abordados os aspetos necessários ao projeto eletromagnético assistido por computador e é dada uma introdução a programas de utilização do método dos elementos finitos (MEF).

É dada uma visão geral sobre o MEF, bem como a sua formulação apoiada nas equações de Maxwell. São introduzidas as principais fases de projeto através de ferramentas computacionais baseadas no MEF: Pré-processamento, processamento e pós-processamento.

Estas ferramentas computacionais possibilitam a análise detalhada do campo magnético, permitindo estudar e melhorar os processos de conversão eletromecânica e/ou eletromagnética de energia.

Através do MEF são estudadas algumas modelizações de dispositivos eletromagnéticos e diversas máquinas elétricas. A análise de elementos finitos permite assim obter uma melhor visão sobre os parâmetros críticos de projeto no desenvolvimento de um protótipo virtual.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)

Projeto de Máquinas Elétricas é composta pelas componentes: teórica, teórico-prática e prática laboratorial. Cada componente tem a duração de 1,5 horas de contacto semanais.

Nas aulas teóricas (T) são lecionados os conteúdos da UC. Nas aulas TP são apresentados e resolvidos problemas de casos práticos, em linha com os conteúdos lecionados na componente teórica. Nas aulas laboratoriais (PL) são aplicadas as competências adquiridas com a realização de trabalhos práticos laboratoriais em grupo.

Os alunos são organizados em grupos de 2 ou 3 elementos e desenvolvem um projeto de sua escolha/pesquisa no âmbito de máquinas elétricas ou outros dispositivos eletromagnéticos.

Elementos de avaliação:

- Projeto desenvolvido;
- Apresentação e discussão do projeto;
- Artigo sobre o projeto.

Classificação quantitativa final:

A classificação quantitativa final é obtida através da avaliação do desempenho do aluno ao longo das aulas práticas na realização do projeto (70%), da apresentação e discussão do trabalho realizado (15%) e da avaliação do artigo produzido (15%).

Os elementos de avaliação “Projeto desenvolvido” e “Apresentação e discussão do trabalho realizado” são considerados pedagogicamente fundamentais para a obtenção da classificação quantitativa final.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

As metodologias de ensino/aprendizagem em Projeto de Máquinas Elétricas assentam principalmente no desenvolvimento de um projeto na área de máquinas elétricas, estimulando assim o trabalho independente e cooperativo dos alunos.

A turma é organizada em grupos de trabalho constituídos por 2 ou 3 alunos. O tema específico do projeto a desenvolver é escolhido pelos grupos de trabalho durante as duas primeiras semanas de aulas. Nessa escolha os grupos de trabalho efetuam uma pesquisa bibliográfica baseada em artigos científicos, livros e trabalhos realizados anteriormente.

Desta forma é desenvolvida uma ideia de projeto e são definidos as metas e objetivos a atingir.

O trabalho de projeto desenvolve-se essencialmente no decorrer das aulas práticas laboratoriais, onde existe uma avaliação contínua de todos os passos de desenvolvimento do projeto.

Semanalmente existem também as aulas teóricas e teórico-práticas onde são ensinadas as técnicas e ferramentas de desenvolvimento de projeto baseado no método dos elementos finitos.

A componente de apresentação do projeto desenvolvido permite uma partilha de conhecimento entre todos os grupos de alunos ao apresentarem os resultados do seu trabalho. A apresentação do trabalho permite também uma melhoria das competências globais dos alunos na comunicação de informação, ideias, problemas e soluções, tanto a públicos constituídos por especialistas como por não especialistas.

A componente de redação de um artigo científico sobre o trabalho de projeto permite efetuar uma ligação dos resultados obtidos no desenvolvimento do projeto com os conteúdos programáticos discutidos nas aulas teóricas.

9. Bibliografia principal

Nicola Bianchi, *Electrical Machine Analysis Using Finite Elements*, CRC Press, 2005.

Sheppard J. Salon, *Finite Element Analysis of Electrical Machines*, Kluwer Academic Publishers, 1995.

K. Hameyer, R. Belmans, *Numerical Modelling and Design of Electrical Machines and Devices*, WIT Press, 1999.

L. Canto de Loura, *Breve Introdução Matemática ao Método dos Elementos Finitos*, folhas de apoio de PME, ISEL/ADESPA/SES, 2008.

Mamid A. Toliyat, Gerald B. Kliman, *Handbook of Electric Motors*, Marcel Dekker, 2004.

Essam S. Hamdi, *Design of Small Electrical Machines*, John Wiley & Sons, Lda., 1994.

João Bastos, Nelson Sadowski, Electromagnetic modeling by finite element methods, Marcel Dekker, 2003.

O.C. Zienkiewicz, Finite Element Methods in Engineering Science, McGraw-Hill, 1990.

Peter Silvester, Finite Element for Electrical Engineer, Cambridge University Press, 1996.

R.T. Fenner, Finite Element Methods for Engineers, Imperial College Press, 1996.

Carl T. F. Ross, Advanced Applied Finite Element Methods, Horwood Publishing Limited, 1998.

Saeed Moaveni, Theory and Application with ANSYS, Prentice Hall Inc, 1999.

A.B.J. Reece, T.W. Preston, Finite Element Methods in Electrical Power Engineering, Oxford University Press Inc., 2000.

R. Bargallo, Finite Elements for Electrical Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, 2006.

J.K. Sykulski, Computational Magnetism, Chapman & Hall, 1995.