



CURSO: Instalações Eléctricas e Automação Industrial

MÓDULO: Máquinas Eléctricas

Ano Lectivo: 2009/2010

ESTTIEAI-TMR3

Carga Horária: 90 horas

ECTS: 5

Docentes: *Filipe José Martins Carracinha*


Objectivos

- A disciplina pretende contribuir para a formação científica do aluno na área da conversão electromecânica de energia nomeadamente, no estudo em regime permanente de transformadores monofásicos e trifásicos, das máquinas assíncronas e das máquinas síncronas.

Programa

TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.

- Constituição: Enrolamentos e núcleo ferromagnético. Princípio de funcionamento.
- Funcionamento em vazio.
 - a. Transformador ideal. Forças electromotrizes. Relação de transformação.
 - b. Transformador real. Fluxo de fugas. Resistências dos enrolamentos. Corrente em vazio. Componente de magnetização e componente de perdas no ferro. Esquema equivalente e respectivo diagrama vectorial. Perdas no ferro e perdas no cobre.
- Funcionamento em carga.
 - a. Transformador ideal. Relações aproximadas entre correntes e tensões.
 - b. Transformador real. Esquema equivalente de Steinmetz. Diagrama vectorial. Redução de grandezas do secundário para o primário. Quedas de tensão em carga.
- Ensaio económicos do transformador.
 - Ensaio em vazio.

- 
- Ensaio em curto-circuito.
 - Diagrama energético. Perdas constantes e variáveis. Curva do rendimento. Rendimento máximo.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

- Constituição. Fluxos. Princípio de funcionamento.
- Grupos de ligações. Índices horários. Relação global de transformação.
- Paralelo de transformadores trifásicos. Requisitos para a ligação.

MOTORES ASSÍNCRONAS

- Constituição. Tipos: gaiola de esquilo e rotor bobinado. Princípio de funcionamento de motores de gaiola de esquilo.
- Velocidade síncrona. Escorregamento.
- Relação Binário vs velocidade mecânica.
- Circuito equivalente por fase. Resistência e reactância de dispersão do estator e no rotor. Corrente de magnetização do núcleo e de perdas no ferro.
- Diagrama de fluxo de potência. Potência mecânica e respectivo binário.
- Eficiência.
- Regulação de velocidade.
- Ensaio económico
 - Ensaio em vazio
 - Ensaio em curto-circuito
- Princípio de funcionamento de motores de rotor bobinado. Características do binário.

MÁQUINAS SÍNCRONAS

- Constituição: Estator, rotor e velocidade síncrona. Máquinas de pólos salientes (turbinas hidráulicas) e de rotor liso (turboalternadores).
- Princípio de funcionamento de geradores síncronos. Sistema Indutor. Excitação independente e auto-excitação. Enrolamentos do estator. F.e.m. induzida.
- Funcionamento do gerador síncrono:
 - Em vazio ou circuito aberto. F.m.m. e de fluxo de excitação. Característica de circuito aberto (OCC). Ensaio de vazio. Linha de tensão no entreferro.
 - Em carga. Reacção magnética do induzido em carga. Característica de curto-circuito (SCC). Ensaio de curto-circuito.
 - Reactância síncrona não saturada e saturada.

- Regime Permanente. Diagrama Vectorial. Circuito Equivalente (rotor cilíndrico).
- Características externas do gerador: Potência e binário electromagnético. Perdas e rendimento. Regulação do alternador. Ângulo de carga.
- Paralelo de Máquinas Síncronas: condições para a ligação e manobra. Detecção do sincronismo (fogos girantes, simultâneos e sincronoscópio). Ligação do alternador à rede de potência infinita.

PARTE LABORATORIAL

- **ENSAIOS COM TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS**
 - Ensaio em vazio e em curto-circuito para determinação de parâmetros do esquema equivalente.
 - Características externas de um transformador monofásico.
- **ENSAIOS COM MÁQUINAS ASSÍNCRONAS**
 - Arranque directo e por autotransformador de um motor em gaiola de esquilo e sua variação de velocidade.
 - Arranque por resistências estatóricas de um motor de rotor bobinado sua variação de velocidade.
 - Ensaio em carga em ambos os tipos de máquinas.
 - Curvas características binário-velocidade em ambas as máquinas

Bibliografia

- A.E.Fitzgerald; D.C. Kingsley; Alexander Kusko;"Máquinas Eléctricas", McGraw-Hill do Brasil, 1975. ISBN: 0-07-090132-5.
- CARDOSO, A.J.M.; "Diagnóstico de avarias em motores de indução trifásicos", Coimbra Editora, 1991, ISBN: 972-32-0452-5.
- FERREIRA, C.; Máquinas Eléctricas – cópias das apresentações das aulas teóricas. IPT.
- RODRIGUES, J. e MATIAS, J.;"Máquinas Eléctricas - Transformadores", Didáctica Editora, 1984.

Métodos de Ensino

A componente teórico-prática da disciplina pretende que, de forma integrada, o professor promova a aprendizagem através da introdução de conteúdos que aluno deve pesquisar, aprofundar e relacionar. A estratégia assentará na apresentação de tarefas e/ou problemas cuja

resolução pode implicar a realização de ensaios laboratoriais. Esta componente laboratorial é geralmente desenvolvida em grupo. O Professor acompanha a resolução de problemas retirando gradualmente as dúvidas que vão surgindo. Numa parte importante dos casos a resolução completa do problema deve no final ficar disponível para todos os alunos (no quadro, por exemplo). Devem ser reservados alguns casos que possibilitem ao aluno a resolução individual favorecendo um desenvolvimento independente, e outros casos para a resolução por pequenos grupos de alunos promovendo as relações pessoais.

Cálculo da Classificação Final

Ao longo do semestre o aluno executará trabalhos laboratoriais obrigatórios dos quais elaborará os respectivos relatórios que serão apresentados e discutidos. Da sua actividade e participação nas aulas de laboratório ser-lhe-á atribuída uma classificação L que é a média ponderada arredondada às unidades dos trabalhos realizados: $L = 0,5 \times L1 + 0,5 \times L2$, onde $L1$ representa o resultado obtido em transformadores e $L2$ o resultado em máquinas assíncronas.

Das aulas teórico-práticas resulta uma classificação T obtida através da realização de 3 testes facultativos $T1$, $T2$ e $T3$ ou através de Exame (TE). A classificação T é obtida pela expressão seguinte arredondada às décimas, $T = \frac{T1+T2+T3}{3}$ ou o resultado do exame (TE) de natureza teórico-prática.

A classificação final obtida por frequência da disciplina deriva da seguinte expressão: $CF = 0,7 \times T + 0,3 \times L$. Os alunos que tenham obtido uma $CF > 9,5$ valores ficarão aprovados e dispensados de exame com a classificação CF , arredondada às unidades. A classificação final obtida por exame será a atingida no mesmo, arredondada às unidades. Os alunos que tenham obtido $TE > 9,5$ valores ficarão aprovados com a classificação final TE .

