



## Course guides

# 820127 - ME1EE - Electrical Machines I

**Last modified:** 19/06/2020

**Unit in charge:** Barcelona East School of Engineering  
**Teaching unit:** 709 - DEE - Department of Electrical Engineering.

**Degree:** BACHELOR'S DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING (Syllabus 2009). (Compulsory subject).

**Academic year:** 2020    **ECTS Credits:** 6.0    **Languages:** Catalan

### LECTURER

---

**Coordinating lecturer:** Ramon Bargalló Perpiñà

**Others:** Primer quadrimestre:  
RAMON BARGALLO PERPIÑA - T11, T12, T13  
IVAN FLOTATS GIRALT - T11, T12, T13

Segon quadrimestre:  
RAMON BARGALLO PERPIÑA - M21, M22, M23

### PRIOR SKILLS

---

Differential and Integral calculus  
Matrix calculus  
ODE  
Complex number algebra  
Electromagnetics  
DC and AC circuit analysis  
Scientific calculator use (HP 50G and CFX-9950)

### REQUIREMENTS

---

SISTEMES ELÈCTRICS - Prerequisite

### DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

---

**Specific:**

1. Carry out calculations for the design of electrical machines.

**Transversal:**

3. TEAMWORK - Level 3. Managing and making work groups effective. Resolving possible conflicts, valuing working with others, assessing the effectiveness of a team and presenting the final results.

### TEACHING METHODOLOGY

---

Expositive methodology for theory classes.  
PBL for exercises classes.  
Normalized test on laboratory classes.



## LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

Electromagnetic laws application to electromechanical conversion and coupled circuit analysis applied to industrial power transformer and rotating electrical machines.

## STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	10.00
Hours large group	45,0	30.00
Self study	90,0	60.00

**Total learning time:** 150 h

## CONTENTS

### Electromagnetism principles. Electrical machines introduction

#### Description:

Context: Equacions de Maxwell.  
Inducció. Flux magnètic. Intensitat de camp magnètic.  
Teorema d'Ampere.  
Relació B(H)  
Teorema de Gauss.  
Reluctància Magnètica.  
FEM induïda. Llei de Faraday.  
Força de Laplace.  
Generador Elemental. Motor Elemental.  
Pèrdues. Pèrdues per histèresis i per corrents paràsits de Foucault  
Placa de característiques d'una màquina.  
Classes d'aïllament. Temperatura màxima admissible.  
Normalització. Ventilació. Muntatge.  
Classes de servei normalitzades.  
Funcions periòdiques i Series de Fourier.  
Aplicació: Càlcul de potències en sistemes amb harmònics.

#### Specific objectives:

Entender los límites de las máquinas eléctricas.

#### Related activities:

Pràctica 1. Caracterització d'un material magnètic.

#### Full-or-part-time: 14h

Theory classes: 5h

Laboratory classes: 2h

Self study : 7h

## Heating of electrical machines

### Description:

Context: pèrdues i escalfament.

Conducció: Llei de Fourier.

Convecció: Llei de Newton.

Radiació.

Escalfament d'un cos homogeni.

Refredament d'un cos homogeni

Cicles de treball variable i escalfament.

Efecte dels harmònics en l'escalfament.

### Specific objectives:

Tema 2: Estudiar l'escalfament, de que depen

### Related activities:

Pràctiques de laboratori:

2. Assaig d'escalfament d'una màquina elèctrica o d'un transformador.

### Full-or-part-time: 23h

Theory classes: 7h

Laboratory classes: 5h

Guided activities: 11h

## Transformers

### Description:

Context. Utilitat del transformador.

Constitució del transformador.

Relació de transformació.

Potència i corrent.

Conversió d'impedàncies.

Transformador trifàsic. Connexions Y, D, z.

Índex horari.

Autotransformador. Potència pròpia i de pas. Variac.

Transformadors de mesura.

Transformador real. Treball en buit. Treball en càrrega.

Assaig del transformador. Assaig en buit. Assaig en curtcircuit.

Eficiència. Rendiment energètic en un període

Caiguda de tensió.

Acoblament en paral·lel.

Corrent de curtcircuit.

Els harmònics i el factor K.

### Related activities:

Pràctica 3: Assaig del transformador monofàsic.

Pràctica 4: Assaig del transformador Trifàsic

Pràctica 5: Grups horaris. Connexió en paral·lel del transformador

Pràctica 6: Connexió en buit del transformador.

### Full-or-part-time: 8h

Theory classes: 3h

Self study : 5h



## General principles of electrical machines

### Description:

Bobinats. Conceptes generals.

Camp magnètic en la màquina elèctrica ideal.

Anàlisi dels bobinats. Funció espires. Funció Bobinat.

Flux encadellat per un bobinat

Inductància pròpia. Inductància Mútua.

FEM induïda

Desenvolupament en sèries de Fourier de la funció bobinat.

Factors d'escurçament, distribució, inclinació i de bobinat. Factor complex de bobinat.

Bobinat "sinusoidal": Aproximació de primer harmònic. Efecte dels harmònics.

Bobinat amb distribució sinusoidal del nombre de conductors.

Extensió del concepte de funció bobinat a màquines amb entreferro variable.

Camp magnètic creat per un corrent sinusoidal que circula per un bobinat

Camp magnètic creat per un sistema trifàsic, simètric i equilibrat de corrents sinusoidals que circulen per un bobinat trifàsic

Altres casos: motor bifàsic

Convertidor electromecànic elemental.

Energia. Parell desenvolupat. Expressió general quan hi ha més d'una bobina i imants permanents

Energia magnètica per cicle. Parell mitjà per cicle.

Parell en la màquina rotativa ideal

Camp magnètic de les màquines més habituals: Síncrona, Asíncrona, Corrent continu.

Exemples d'aplicació

### Specific objectives:

Entendre els principis de transformació d'energia elèctrica en mecànica i a l'inversa. entendre els fonaments dels camps creats pels bobinats recorreguts per corrents i les seves aplicacions pràctiques.

### Related activities:

Pràctica. Determinació de la matriu d'acoblements d'una màquina elèctrica.

### Full-or-part-time: 10h

Theory classes: 4h

Self study : 6h



## Asynchronous machine.

### Description:

Context. Característiques generals.

Principi de funcionament del motor asíncron. Lliscament.

Avantatges i desavantatges dels motors asíncrons.

Esquema equivalent.

Balanç de potències. Eficiència.

Característica mecànica  $M(N)$  Modus de funcionament.

Característica Corrent-Velocitat.  $I(N)$

Resistència/Reactància del rotor.

Esquemes més complexos: doble gàbia.

Tipus de característica: A, B, C, D, E.

Efectes dels harmònics (temporals) d'alimentació. Efecte dels harmònics espacials.

Aproximació de Kloos.

Temps d'engegada. Adaptació del parell motor al resistent.

Modificació de velocitat en el motor asíncron. Modificació discreta del nombre de pols. Modificació de tensió. Modificació de tensió i freqüència. Modificacions en el rotor. Cascada subsíncrona.

Engedada Y/D

Treball com a generador de la màquina asíncrona. Generador NO autònom. Generador autònom.

Màquina asíncrona doblement alimentada. Treball com a motor i generador.

Frenat de la màquina asíncrona.

La màquina asíncrona en règim desequilibrat. Components simètriques.

Motor bifàsic.

Motor monofàsic. Motor amb condensador d'engegada i permanent.

Motor amb espira d'ombra.

### Related activities:

Normalized test for losses segregation. Equivalent circuit determination.

Normalized test for mechanical characteristic determination.

### Full-or-part-time: 42h

Theory classes: 13h

Laboratory classes: 4h

Self study : 25h

## GRADING SYSTEM

Final test: 40%

Laboratory: 25%

middle term exam: 30%

Homework exercises: 5%

## EXAMINATION RULES.

Scientific calculator

Open book exams (personal documentation, not shared!)

Continuous evaluation, no final reexam.

## BIBLIOGRAPHY

### Basic:

- Fitzgerald, A. E. (Arthur Eugene); Umans, Stephen D. Electric machinery. 7th ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, 2014. ISBN 9780071326469.

- Fraile Mora, Jesús. Máquinas eléctricas. 7a ed. Madrid [etc.]: Garceta, 2015. ISBN 8416228132.



**Complementary:**

- Boldea, I. Electric machines : steady state, transients and design with MATLAB. Boca Raton [etc.]: CRC Press, 2010. ISBN 9781420055726.
- Gross, Charles A. Electric machines. Boca Raton: Taylor & Francis, 2007. ISBN 0849385814.
- Sen, P. C. Principles of electric machines and power electronics. Third edition. Hoboken: Wiley, 2014. ISBN 9781118078877.