



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Electric power systems
Código	MEPI-512
Título	<a href="#">Máster Universitario en Sector Eléctrico / the Electric Power Industry por la Universidad Pontificia Comillas</a>
Impartido en	Master in the Electric Power Industry [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	6,0 ECTS
Carácter	Obligatoria
Responsable	Luis Rouco Rodríguez
Horario	Lunes de 19:10 a 21:00 y miércoles de 19:10 a 21:00
Horario de tutorías	Por cita concertada por correo electrónico

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Damien Laloux Dallemagne
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Alberto Aguilera 25 [D-513 bis]
Correo electrónico	dlaloux@iit.comillas.edu
<b>Profesor</b>	
Nombre	Luis Rouco Rodríguez
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Francisco de Ricci, 3 [D-122]
Correo electrónico	Luis.Rouco@iit.comillas.edu
Teléfono	6109
<b>Profesor</b>	
Nombre	Michel Luis Rivier Abbad
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Santa Cruz de Marcenado 26 [D-504]
Correo electrónico	Michel.Rivier@iit.comillas.edu
Teléfono	6111



## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

El objetivo general del curso es que el estudiante conozca la estructura física y funcional de los sistemas de energía eléctrica y los métodos para analizar y controlar los sistemas eléctricos. Los objetivos específicos del curso son:

- Comprender la estructura física y funcional de los sistemas eléctricos
- Ser capaz de analizar los circuitos en corriente continua y en corriente alterna (monofásicos y trifásicos)
- Comprender los controles principales de los sistemas eléctricos (control de frecuencia y de tensión) y ser capaz de analizarlos utilizando modelos matemáticos apropiados
- Comprender los modelos de régimen permanente de los sistemas eléctricos (flujos de cargas) y resolver problemas de flujos de cargas utilizando diferentes métodos y modelos

#### Prerequisitos

Los alumnos que tomen este curso deben haber tener nociones de álgebra lineal y cálculo.

### Competencias - Objetivos

#### Competencias

##### GENERALES

<b>CG01</b>	Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.
-------------	--

##### ESPECÍFICAS

<b>CE01</b>	Tener una visión general de la estructura y funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica, así como de cuáles son las tendencias futuras desde la perspectiva tecnológica en los sistemas de energía eléctrica.
<b>CE02</b>	Conocer los modelos de los componentes del sistema de energía eléctrica (generadores, transformadores y líneas) y de las técnicas apropiadas para el análisis de los sistemas eléctricos en régimen permanente y transitorio.

#### Resultados de Aprendizaje

<b>RA1</b>	Comprender la importancia de la estructura física de los sistemas de energía eléctrica
------------	--



<b>RA2</b>	Comprender la importancia de la estructura funcional de los sistemas de energía eléctrica
<b>RA3</b>	Ser capaz de analizar los circuitos de CA, monofásicos y trifásicos
<b>RA4</b>	Comprender los mecanismos de control de frecuencia de los sistemas de energía eléctrica y sus detalles de implementación
<b>RA5</b>	Comprender los mecanismos de control de tensión de los sistemas de energía eléctrica y sus detalles de implementación
<b>RA6</b>	Comprender la lógica de los flujos de energía en los sistemas de energía eléctrica
<b>RA7</b>	Ejecutar simulaciones de flujo de cargas

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Sesiones prácticas: bajo la supervisión del profesor, los alumnos aplicarán los conceptos y técnicas cubiertos en las clases. Las sesiones tendrán lugar en laboratorios.	Clases magistrales y discusiones en clase: Presentación de los principales conceptos y procedimientos por parte del profesor y, en muchas ocasiones, profesionales del sector eléctrico. Incluirán estudios de casos, presentaciones dinámicas, participación de los alumnos en discusiones de contenidos en clase e interacciones grupales.	
6.00	54.00	
HORAS NO PRESENCIALES		
Lectura de artículos: lecturas de artículos científicos que se asignarán a los alumnos y que se presentarán durante el curso, para lo cual se requerirá lectura individual y / o trabajo grupal y estudio fuera del aula.	Estudio personal: Estudio personal del contenido del curso. Dentro de esta actividad individual, los alumnos revisarán y analizarán los contenidos proporcionados como material básico con los que podrán prepararse para discutir con otros alumnos, profesores y conferenciantes en el aula.	Tutoría: Actividad realizada por el profesor con los alumnos fuera de clase de forma individual o en grupos previa solicitud por éstos.
20.00	90.00	10.00
<b>CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas)</b>		

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

Parte I: Introducción a los sistemas de energía

- Estructura física y funcional de los sistemas de energía eléctrica.



- Descripción Funcional de Sistemas de Energía Eléctrica.
- Futuras tendencias.
- Herramientas básicas de análisis del sistemas de energía.

## Parte II: Análisis Técnico de Sistemas de Energía

- Control de Frecuencia.
- Control de tensión.
- Modelado de flujo de potencia.

## Parte I: Introducción a los sistemas eléctricos

### Capítulo 1. Estructura física y funcional de los sistemas eléctricos

1. Demanda
2. Generación
3. Transporte y distribución
4. Operación del mercado y del sistema eléctrico
5. Comercialización

### Capítulo 2. Descripción funcional de los sistemas eléctricos

1. Escalas de tiempo
2. Planificación de la expansión
3. Planificación de la explotación
4. Explotación
5. Supervisión y control
6. Protección

### Capítulo 3. Tendencias futuras

1. Nuevas tecnologías de transporte y distribución
2. Integración de fuentes de energía renovable
3. Redes inteligentes

### Capítulo 4. Herramientas básicas de análisis de circuitos eléctricos

1. Circuitos en corriente continua
2. Circuitos monofásicos en corriente alterna
3. Circuitos trifásicos en corriente alterna
4. Magnitudes unitarias

## Parte II: Análisis técnico de los sistemas eléctricos

### Capítulo 5. Control de frecuencia



1. Principios de sistemas de control
2. Principios de control de frecuencia
3. Regulación primaria
4. Regulación secundaria

## Capítulo 6. Control de tensión

1. Principios de control de tensión
2. Control de tensión y compensación de potencia reactiva de cargas
3. Control de tensión de líneas de transporte
4. Control de tensión por control de la excitación de generadores
5. Control de tensión por control de cambiadores de tomas de transformadores

## Capítulo 7. Flujo de cargas

1. Modelos de los componentes del sistema eléctrico
2. Modelo de la red
3. Formulación del problema de flujo de cargas
4. Solución por el método de Newton
5. Solución del flujo de cargas con elementos de control
6. Flujo de cargas desacoplado
7. Flujo de cargas en corriente continua
8. Análisis de contingencias por el flujo de cargas en corriente continua
9. Flujo de cargas óptimo

## Laboratorio

### Sesión de laboratorio # 1. Control de frecuencia

Regulación de la carga. Regulación primaria. Regulación secundaria.

### Sesión de laboratorio # 2. Control de tensión

Control de tensión de un generador síncrono en vacío. Control de tensión de un generador síncrono conectado a una red de potencia infinita por control de la excitación y por control del cambiador de tomas en carga.

### Sesión de la laboratorio # 3. Flujo de cargas

Estructura de datos de entrada y solución de un flujo de cargas en corriente alterna. Control de la tensión del los generadores. Análisis de contingencias. Flujo de cargas óptimo.

## METODOLOGÍA DOCENTE



## Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Este curso proporcionará a los alumnos los conceptos y herramientas que necesitarán en otros cursos. Para alcanzar una buena comprensión de los diferentes conceptos es preciso combinar teoría con práctica. Los alumnos tendrán que asimilar muchos conceptos complicados en un corto espacio de tiempo. Por tanto, el compromiso de los alumnos es esencial.

## Metodología Presencial: Actividades

**Clases magistrales y discusiones en clase (54 horas):** Presentación de los principales conceptos y procedimientos por parte del profesor y, en muchas ocasiones, profesionales del sector eléctrico. Incluirán estudios de casos, presentaciones dinámicas, participación de los alumnos en discusiones de contenidos en clase e interacciones grupales.

CG01, CE01, CE02

**Sesiones prácticas (6 horas):** bajo la supervisión del profesor, los alumnos aplicarán los conceptos y técnicas cubiertos en las clases. Las sesiones tendrán lugar en laboratorios

CG01, CE01, CE02

## Metodología No presencial: Actividades

**Estudio personal (90 horas):** Estudio personal del contenido del curso. Dentro de esta actividad individual, los alumnos revisarán y analizarán los contenidos proporcionados como material básico con los que podrán prepararse para discutir con otros alumnos, profesores y conferenciantes en el aula

CG01, CE01, CE02

**Lectura de artículos (20 horas):** lecturas de artículos científicos que se asignarán a los alumnos y que se presentarán durante el curso, para lo cual se requerirá lectura individual y / o trabajo grupal y estudio fuera del aula.

CG01, CE01, CE02

**Tutoría (10 horas):** Actividad realizada por el profesor con los alumnos fuera de clase de forma individual o en grupos previa solicitud por éstos.

CG01, CE01, CE02

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Exámenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> </ul>	90 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de conceptos a la</li> </ul>	



Informes	resolución de problemas prácticos. <ul style="list-style-type: none"><li>Análisis e interpretación crítica de los resultados obtenidos en los trabajos.</li><li>Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	10 %
----------	--	------

## Calificaciones

Los exámenes representan el 90% de la calificación:

- Primer examen: estructura del sistema eléctrico y descripción funcional hasta decisiones de medio plazo (13/60)
- Segundo examen: descripción funcional y circuitos en corriente continua y corriente alterna monofásicos y trifásicos (13/60)
- Tercer examen: control de frecuencia (10/60)
- Cuarto examen: control de tensión (14/60)
- Quinto examen: flujo de cargas(10/60)

Los exámenes será combinación de tests de varias opciones y problemas.

Los informes de los trabajos representan el 10% restante de la calificación. Hay tres trabajos que se realizarán individualmente: control de frecuencia, control de tensión y flujo de cargas,

El examen de recuperación representará el 90% de la calificación. Los informes de los trabajos representan el 10% de la calificación de recuperación.

La asistencia a clase es obligatoria de acuerdo con el artículo 93 del Reglamento General de la Universidad.

Las Normas Académicas de las ETS de Ingeniería ICAI establecen que el incumplimiento de la norma de asistencia a clase tendrá las siguientes consecuencias:

- Los alumnos que faltaren al más del 15% de las clases podrán no ser admitidos al examen de la convocatoria ordinaria.
- Los alumnos que faltaren al más del 15% de las sesiones de laboratorio podrán no ser admitidos al examen de la convocatoria ordinaria.

Los alumnos que cometan algún fraude en un examen o trabajo suspenderán la convocatoria ordinaria con cero y perderán la convocatoria extraordinaria (Artículo 168 del Reglamento General de la Universidad).

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- D. Laloux & M. Rivier, "Technology and Operation of Electric Power Systems", in Regulation of the Power Sector, J.I. Pérez Arriaga, Ed. (p. 1-46), Springer, 2013.



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**GUÍA DOCENTE  
2020 - 2021**

- A. Gómez Expósito, A. J. Conejo, C. Cañizares, Electric Energy Systems: Analysis and Operation, CRC Press, 2009.

## Bibliografía Complementaria

- A.J. Wood & B.F. Wollenberg, Power Generation, Operation and Control (2nd ed.). John Wiley & Sons, 1996.
- O. I. Elgerd, Electric Energy Systems Theory: An Introduction, 2nd ed., Mc Graw Hill, 1982.
- A. R. Bergen & V. Vittal, Power System Analysis, 2nd ed., Prentice Hall, 2000.
- J. J. Grainger & W. D. Stevenson, Power System Analysis, Mc Graw Hill, 1994.
- P. Kundur, Power System Stability and Control, Mc Graw Hill, 1994.

En cumplimiento de la normativa vigente en materia de **protección de datos de carácter personal**, le informamos y recordamos que puede consultar los aspectos relativos a privacidad y protección de datos [que ha aceptado en su matrícula](#) entrando en esta web y pulsando "descargar"

[https://servicios.upcomillas.es/sedelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792](https://servicios.upcomillas.es/sedeelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792)



## GENERAL INFORMATION

Course information	
Name	Electric Power Systems
Code	MEPI-512
Degree	Official Master's Degree in the Electric Power Industry (MEPI)
Year	1 <sup>st</sup>
Semester	Fall
ECTS credits	6 ECTS
Type	Compulsory
Department	Electrical Engineering
Area	Power Systems
Coordinator	Luis Rouco Rodríguez

Instructor	
Name	Damián Laloux Dallemagne
Department	Electrical Engineering
Office	D-513 bis (Alberto Aguilera, 25)
e-mail	dlaloux@comillas.edu
Phone	91 5422800 (Ext. 2405)
Office hours	Arrange an appointment by email

Instructor	
Name	Michel Rivier Abbad
Department	Electrical Engineering
Office	D-504 (Sta. Cruz de Marcenado, 26)
e-mail	michel@comillas.edu
Phone	91 5406111
Office hours	Arrange an appointment by email

Instructor	
Name	Luis Rouco Rodriguez
Department	Electrical Engineering
Office	D-103 (Francisco de Ricci, 3)
e-mail	rouco@comillas.edu
Phone	91 5406109
Office hours	Arrange an appointment by email

## DETAILED INFORMATION

<b>Contextualization of the course</b>
<b>Contribution to the professional profile of the degree</b>
<p>The objective of the course is for the student to become knowledgeable about physical and functional structure of electric power systems and to be familiar with the methods to analyze and control electric power systems. In particular, the specific objectives are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To understand the physical and functional structure of electric power systems</li> <li>• To be able to analyze DC, single phase and three-phase AC circuits</li> <li>• To understand the main control systems (load-frequency and voltage) of electric power systems and to analyze using appropriate mathematical models the performance of these control systems</li> <li>• To understand the steady-state models of electric power systems (power flow problem) and to solve power flow problems using different approaches and models</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>
Students willing to take this course should have taken courses in linear algebra and calculus

## CONTENTS

<b>Contents</b>
<b>Part I: Introduction to Power Systems</b>
<b>Chapter 1. Physical and Functional Structure of Electric Power Systems</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Demand</li> <li>1.2 Generation</li> <li>1.3 Transmission and Distribution</li> <li>1.4 Market Operation and System Operation</li> <li>1.5 Retailing</li> </ul>
<b>Chapter 2. Functional Description of Electric Power Systems</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Time Scales</li> <li>2.2 Expansion Planning</li> <li>2.3 Operation Planning</li> <li>2.4 Operation</li> <li>2.5 Supervision and Control</li> <li>2.6 Protection</li> </ul>
<b>Chapter 3. Future Trends</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 New Transmission and Distribution Technologies</li> <li>3.2 Integration of Renewable Energy Sources</li> <li>3.3 Smart Grids</li> </ul>
<b>Chapter 4. Power System Basic Analysis Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 DC Circuits Review</li> <li>4.2 Single-phase AC Circuits Review</li> <li>4.3 Three-phase AC Systems</li> <li>4.4 Per unit magnitudes</li> </ul>

<b>Part II: Technical Analysis of Power Systems</b>
<b>Chapter 5. Frequency Control</b>
5.1 Principles of Control Systems 5.2 Principles of Frequency Control 5.3 Primary Regulation 5.4 Secondary and Tertiary Regulation
<b>Chapter 6. Voltage Control</b>
6.1 Principles of Voltage Control 6.2 Voltage Control of Transmission Lines 6.3 Voltage control by generator excitation 6.4 Voltage control by ULTC transformers
<b>Chapter 7. Power Flow</b>
7.1 Models of power system components 7.2 Network model 7.3 Formulation of the power flow problem 7.4 Solution by Newton's method 7.5 Power flow solution with control means 7.6 Fast decoupled load flow 7.7 DC load flow 7.8 Contingency analysis by DC load flow 7.9 Optimal load flow
<b>Laboratory</b>
<b>Laboratory session # 1. Frequency control</b>
Load regulation. Primary regulation. Secondary regulation. Computer laboratory
<b>Laboratory session # 2. Voltage control</b>
Voltage control of a synchronous generator at open circuit. Voltage control of a synchronous generator connected to an infinite grid by excitation control and by transformer tap control. Electric machines laboratory
<b>Laboratory session # 3. Power flow</b>
AC power flow data structure and solution. Generator voltage control. Contingency analysis. Optimal power flow. Computer laboratory

**Competences and Learning Outcomes**

**Competences**

**General Competences / Basic Competences**

CG01. Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

**Specific Competences**

- CE01. Tener una visión general de la estructura y funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica, así como de cuáles son las tendencias futuras desde la perspectiva tecnológica en los sistemas de energía eléctrica.
- CE02. Conocer los modelos de los componentes del sistema de energía eléctrica (generadores, transformadores y líneas) y de las técnicas apropiadas para el análisis de los sistemas eléctricos en régimen permanente y transitorio.

**Learning outcomes**

By the end of the course students should be able to:

- LO1. Understand the importance of the physical structure of electric power systems
- LO2. Understand the importance of the functional structure of electric power systems
- LO3. Be able to analyze DC, single-phase and three-phase AC circuits
- LO4. Understand the mechanisms of frequency control of electric power systems and its implementation details
- LO5. Understand the mechanisms of voltage control of electric power systems and its implementation details
- LO6. Understand the rationale of power flows in electric power systems
- LO7. Run power flow simulations

## TEACHING METHODOLOGY

<b>General methodological aspects</b>	
<p>This course will provide the students with basic concepts and tools they will require in the following courses. To obtain a good understanding of the different concepts, it is necessary to combine theory and practice. As the students will have to assimilate a wide range of knowledge in a short period of time, their commitment will be essential as well.</p>	
<b>In-class activities</b>	<b>Competences</b>
<p><b>Lectures (54 hours):</b> Presentation of the theoretical concepts by the instructors with proven experience in the power sector. These lectures will include dynamic presentations, case studies, and the participation and interaction with students.</p>	CG01, CE01, CE02
<p><b>Laboratory sessions (6 hours):</b> Under the instructor's supervision, students will apply the concepts and techniques covered in the lectures. The sessions will take place in a computer laboratory.</p>	CG01, CE01, CE02
<b>Out-of-class activities</b>	<b>Competences</b>
<p><b>Personal study of the material (90 hours):</b> This is an individual activity by the students, in which they will read, analyze and question the readings provided as background material, and that will be discussed with other students and lecturers in the classroom.</p>	CG01, CE01, CE02
<p><b>Individual term papers (20 hours):</b> Learning activities that will be carried out individually, outside of the classroom.</p>	CG01, CE01, CE02
<p><b>Tutoring (10 hours):</b> for groups or individual students, will be organized upon request.</p>	CG01, CE01, CE02

## ASSESSMENT AND GRADING CRITERIA

Assessment activities	Grading criteria	Weight
Exams	<ul style="list-style-type: none"> <li>Understanding of the theoretical concepts.</li> <li>Application of these concepts to problem-solving.</li> </ul>	90%
Reports	<ul style="list-style-type: none"> <li>Application of theoretical concepts to real problem-solving.</li> <li>Interpretation and critical analysis of numerical results.</li> <li>Written communication skills.</li> </ul>	10%

## GRADING AND COURSE RULES

The student has two periods of final evaluation during one academic year. The first one (regular assessment) will be carried out throughout the course. In case that this was not passed obtaining 5 or more points, the student has another opportunity of final evaluation (Retake) at the end of the academic year. The dates of retake evaluation period will be announced in the web page.

Grading
<p><b>Regular assessment</b></p> <p>Theory will account for 90% of the grade, of which:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1<sup>st</sup> Exam: Power system structure &amp; functional description up to medium term decisions (13/60)</li> <li>2<sup>nd</sup> Exam: Functional description &amp; DC-AC circuits &amp; Three Phase Systems (13/60)</li> <li>3<sup>rd</sup> Exam : Frequency control (10/60)</li> <li>4<sup>th</sup> Exam: Voltage control (14/60)</li> <li>5<sup>th</sup> Exam: Power flow (10/60)</li> </ul> <p>The exams are a combination of a multi-option test and problems. Assignment reports will account for the remaining 10%. There are 3 assignments that the students must do individually following the instructions of the professor: frequency control, voltage control and power flow.</p>
<p><b>Retake</b></p> <p>A single retake final exam that will account for 90% of the grade. Assignment reports will account for the remaining 10%. There are 3 assignments that the students must do individually following the instructions of the professor: frequency control, voltage control and power flow.</p>
<p><b>Course rules</b></p> <p>Class attendance is mandatory according to Article 93 of the General Regulations (<i>Reglamento General</i>) of Comillas Pontifical University and Article 6 of the Academic Rules (<i>Normas Académicas</i>) of the ICAI School of Engineering. Not complying with this requirement may have the following consequences:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Students who fail to attend more than 15% of the lectures may be denied the right to take the final exam during the regular assessment period.</li> <li>Regarding laboratory, absence to more than 15% of the sessions can result in losing the right to take the final exam of the regular assessment period and the retake. Missed sessions must be made up for credit.</li> </ul>

Students who commit an irregularity in any graded activity will receive a mark of zero in the activity and disciplinary procedure will follow (cf. Article 168 of the General Regulations (*Reglamento General*) of Comillas Pontifical University).

## WORK PLAN AND SCHEDULE<sup>1</sup>

In and out-of-class activities	Date/Periodicity	Deadline
First exam	7/10	
Second exam	28/10	
Third exam	18/11	
Fourth exam	16/12	
Fifth exam	20/01	
Lab sessions	Weeks 9, 12 and 15	
Review and self-study of the concepts covered in the lectures	After each lesson	–
Lab preparation	Before every session	–
Assignments		Between one and three weeks after the publication of the assignments (3)

STUDENT WORK-TIME SUMMARY			
IN-CLASS HOURS			
Lectures	Problem-solving	Lab sessions	Assessment
35	11	6	8
OUT-OF-CLASS HOURS			
Self-study	Problem-solving	Assignments	Tutoring
65	35	20	10
ECTS credits:			<b>6 (180 hours + up to 10 hours for tutoring)</b>

## BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ D. Laloux &amp; M. Rivier, "Technology and Operation of Electric Power Systems", in Regulation of the Power Sector, J.I. Pérez Arriaga, Ed. (p. 1-46), Springer, 2013.</li> <li>▪ A. Gómez Expósito, A. J. Conejo, C. Cañizares, Electric Energy Systems: Analysis and Operation, CRC Press, 2009.</li> </ul>
Complementary bibliography
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A.J. Wood &amp; B.F. Wollenberg, <i>Power Generation, Operation and Control (2<sup>nd</sup> ed.)</i>. John Wiley &amp; Sons, 1996.</li> <li>▪ O. I. Elgerd, <i>Electric Energy Systems Theory: An Introduction, 2<sup>nd</sup> ed.</i>, Mc Graw Hill, 1982.</li> <li>▪ A. R. Bergen &amp; V. Vittal, <i>Power System Analysis, 2<sup>nd</sup> ed.</i>, Prentice Hall, 2000.</li> <li>▪ J. J. Grainger &amp; W. D. Stevenson, <i>Power System Analysis</i>, Mc Graw Hill, 1994.</li> <li>▪ P. Kundur, <i>Power System Stability and Control</i>, Mc Graw Hill, 1994.</li> </ul>

<sup>1</sup> A detailed work plan of the subject can be found in the course summary sheet (see following page). Nevertheless, this schedule is tentative and may vary to accommodate the rhythm of the class.





		IN-CLASS ACTIVITIES			OUT-OF-CLASS ACTIVITIES				LEARNING OUTCOMES
Week	h	LECTURE & PROBLEM SOLVING	LAB	ASSESSMENT	h	SELF-STUDY	LAB PREPARATION AND REPORTING	OTHER ACTIVITIES	Learning Outcomes
1	2	Intro to electric power systems			2	Review and self-study			LO1
1	2	Power Systems Structure: Demand			2	Review and self-study			LO1
2	2	Power Systems Structure: Generation			2	Review and self-study			LO1
2	2	Power Systems Structure: Transmission and Distribution,			2	Review and self-study			LO1
3	2	Functional description of power systems: two main organisational paradigms			2	Review and self-study			LO2
3	2	Functional description of power systems: long term decisions			2	Review and self-study			LO2
4	2	Functional description of power systems: medium term decisions			2	Review and self-study			LO2
4	1	Functional description of power systems: short term decisions			1	Review and self-study			LO2
4	1			Power System Structure & Functional description up to					LO1, LO2
5	1	Functional description of power systems: Future trends			1	Review and self-study			LO2
5	1	DC Circuits			1	Review, self-study and problem-solving			LO3
5	2	AC Circuits			2	Review, self-study and problem-solving			LO4
6	2	Three Phase Systems (part 1)			2	Review, self-study and problem-solving			LO4
6	2	Three Phase Systems (part 2)			2	Review, self-study and problem-solving			LO4
7	2	Frequency control: Principles of control systems			2	Review, self-study and problem-solving			LO5
7	2	Frequency control: Principles of frequency control			2	Review, self-study and problem-solving			LO5
8	2	Frequency control: Primary, secondary and tertiary regulation			2	Review, self-study and problem-solving			LO5
8	1	Functional description of power systems: Future trends			1	Review and self-study			LO2
8	1			Functional Description & DC-AC circuits & Three Phase Systems:					LO2, LO3,LO4
9	2		Frequency control: Computer laboratory session		5		Review, self-study and numerical simulation	Assignment on frequency control	LO5
9	2			Frequency control: Third exam					LO5
10	2	Voltage control: Principles of voltage control			2	Review, self-study and problem-solving			LO6
10	2	Voltage control: Principles of voltage control			2	Review, self-study and problem-solving			LO6
11	2	Voltage control: Voltage control of transmission lines			2	Review, self-study and problem-solving			LO6
11	2	Voltage control: Voltage control with generators			2	Review, self-study and problem-solving			LO6