



## Guia docent

# 320162 - IXESER - Integració en la Xarxa Elèctrica de Sistemes d'Energia Renovable

Última modificació: 22/04/2021

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

**Unitat que imparteix:** 709 - DEE - Departament d'Enginyeria Elèctrica.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2021

**Crèdits ECTS:** 6.0

**Idiomes:** Català, Castellà

## PROFESSORAT

**Professorat responsable:** J. IGNACIO CANDELA

**Altres:**

## CAPACITATS PRÈVIES

Es considera molt convenient haver aprovat amb anterioritat l'assignatura de Sistemes Elèctrics.

## COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

### Específiques:

1. ELE: Coneixement aplicat sobre energies renovables

CE29. ELE: Coneixements i capacitats per aprofundir en tecnologies específiques de l'àmbit. (OBSOLETA)

## METODOLOGIES DOCENTS

- Sessions presencials en què el professor exposarà els conceptes, proposarà treballs i guiarà al grup.
- Treball de grup en què els estudiants, en grups de 2 persones, prepararan les pràctiques i realitzaran els informes. També, en grups de 2 persones, es desenvoluparan projectes que hauran de ser defensats de forma presencial.
- Treball autònom en el qual l'estudiant assimilarà els conceptes plantejats, realitzarà els treballs proposats i prepararà les classes.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu de l'assignatura és estudiar els sistemes de generació distribuïda, per identificar els nous problemes que sorgeixen amb ella i així comprendre els requisits necessaris per a la correcta integració de les energies renovables a la xarxa elèctrica.

L'assignatura està dividida en 5 temes. En el primer tema s'estudia la dinàmica de sistemes de potència que inclou generació distribuïda. Primer es descriu el sistema elèctric clàssic, després es descriuen les tecnologies més habituals de generació distribuïda i finalment com interaccions entre ells en funció de la seva forma de connexió.

El segon tema abasta la inclusió de sistema d'emmagatzematge d'energia a la xarxa. Primer des del punt de vista de les tecnologies i després des del punt de vista de les prestacions que els sistemes d'emmagatzematge poden donar a la xarxa.

El tercer tema estudia els sistemes fotovoltaics, els seus requeriments tècnics per a la connexió a xarxa, les estructures específiques d'inversors i el seu control, els sistemes de detecció d'illa i de seguiment del punt de màxima potència.

El quart tema estudia els sistemes eòlics, els seus requeriments tècnics per a la connexió a xarxa, les configuracions dels parcs, les estructures dels inversors eòlics i el seu control.

També es pretén que l'estudiant es familiaritzi amb el modelatge i la simulació de sistemes elèctrics de potència amb generació distribuïda basats en energies renovables, focalitzant l'estudi sobre sistemes eòlics i fotovoltaics, però estenent els conceptes cap a un altre tipus de fonts d'energia primària.

L'assignatura planteja un alt contingut de treball en el laboratori, on l'estudiant podrà posar en pràctica els coneixements adquirits mitjançant la simulació de sistemes de processament electrònic de potència per a energia renovable.



## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	20.00
Hores grup petit	30,0	20.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### TEMA 1. - Dinàmica de sistemes de potència amb generació distribuïda

#### Descripció:

- # Introducció
  - Presentació
  - Objectius de l'assignatura
- # Funcionament del sistema elèctric clàssic
  - Evolució històrica del sistema elèctric
  - Control del sistema
  - Resposta dinàmica del sistema elèctric
- # Generació distribuïda
  - Generació eòlica
  - Generació fotovoltaica
  - Altres tecnologies
  - Efectes en la xarxa
- # Interconnexió generació-xarxa
  - Connexió amb generador síncron
  - Connexió amb generador asíncron
  - Connexió electrònica VSC
  - Control de l'inversor
  - Sincronització
  - Suport a xarxa dels inversors

#### Objectius específics:

- Introduir el comportament dinàmic de les plantes FV i eòliques davant transitoris de xarxa.
- Entendre la capacitat dels sistemes de generació FV i eòlica en la regulació de la tensió i la freqüència
- Limitar la capacitat de millora en l'estabilitat de xarxa que ofereixen les plantes FV i eòliques.
- Dominar la simulació de circuits senzills que permetin realitzar anàlisis d'estabilitat.

#### Activitats vinculades:

- Pràctica P0. - Introducció al modelatge de sistemes elèctrics.
- Pràctica P1. - Modelatge d'una planta de generació clàssica.

#### Dedicació: 50h

- Grup gran/Teoria: 10h
- Grup petit/Laboratori: 10h
- Aprenentatge autònom: 30h

## TEMA 2. - Emmagatzematge d'energia

### Descripció:

# Tecnologies

- Sistemes mecànics
- Sistemes electroquímics
- Sistemes elèctrics
- Sistemes tèrmics

# Aplicacions de l'emmagatzematge en el sistema elèctric de potència

- Costat de xarxa
- Energies renovables
- Costat demanda
- Altres factors

### Objectius específics:

- Entendre les necessitats d'emmagatzematge d'energia en plantes de generació distribuïda.
- Analitzar la incidència de les plantes FV i eòlica al control de tensió i freqüència.
- Dimensionar el sistema d'emmagatzematge en funció dels serveis a xarxa.

### Activitats vinculades:

Pràctica P2. - Generació amb màquines asíncrones.

**Dedicació:** 25h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 5h

Aprenentatge autònom: 15h

## TEMA 3. - Integració en xarxa de sistemes fotovoltaics

### Descripció:

# Requeriments per a sistemes fotovoltaics

- Requeriments d'interconnexió
- Qualitat de potència
- Anti-illa
- Estructura d'inversors fotovoltaics
- Detecció d'illa

# Estructura d'inversors fotovoltaics

- Estructura
- Inversors i modulació
- Control

# Detecció d'illa i MPPT

- Introducció
- Mètodes passius
- Mètodes actius
- MPPT

### Objectius específics:

- Entendre els requisits de connexió a xarxa i regulació que imposen els codis de xarxa en plantes FV.
- Aprofundir en la regulació de la planta FV en condicions transitòries.
- Aprofundir en la regulació de la planta FV en règim permanent.

### Activitats vinculades:

Pràctica P3. - Connexió a xarxa a través de convertidors electrònics

Treball 1. - Serveis complementaris amb convertidors

**Dedicació:** 25h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup petit/Laboratori: 5h

Aprenentatge autònom: 15h



#### TEMA 4. - Integració en xarxa de sistemes eòlics

##### Descripció:

# Requeriments per a sistemes eòlics

- Codis de xarxa per turbines
- Control de la potència activa
- Control de la reactiva
- Control de la freqüència
- Rang d'operació
- LVRT
- Tendències futures

# Estructura d'inversors eòlics

- Configuració de turbines
- Topologia de convertidors

# Control de turbines

##### Objectius específics:

- Entendre els requisits de connexió a xarxa i regulació que imposen els codis de xarxa en plantes eòliques
- Estudi del comportament dinàmic de plantes eòliques.
- Aprofundir en la regulació de generadors eòlics en condicions transitòries.
- Aprofundir en la regulació de generadors eòlics en règim permanent.
- Comprendre la influència de la injecció de potència activa i reactiva en un planta eòlica en funció de les impedàncies del sistema.

##### Activitats vinculades:

Pràctica P4. - Estudi de viabilitat d'una instal·lació renovable aïllada

Treball 2. - Dimensionament i disseny d'equips

**Dedicació:** 30h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 18h

#### TEMA 5. - Temes avançats d'integració en xarxa

##### Descripció:

- El Vehicle elèctric a la Xarxa
- Gestió de la Demanda
- Interconnexions HVDC
- STATCOM i Filtres Actius
- FATS i UPFC

##### Objectius específics:

- Conèixer altres elements de la xarxa que poden afectar la integració
- Conèixer els nous elements electrònics que faciliten la gestió de la xarxa

**Dedicació:** 20h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 12h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Proves escrites 50 % (1er examen: 25%; 2on examen: 25%)

Trabajos presentados: 30%

Laboratorio: 20%

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

---

Els exàmens són sobre els coneixements teòrics de l'assignatura i es permet portar la informació que es consideri oportuna.

Les pràctiques s'han de lliurar en format informe i s'ha de defensar el seu contingut davant el professor. En el seu cas també valorà el treball previ a la realització de la pràctica.

Els projectes es defensaran i puntuaran en una sessió pública, són sobre la part d'aplicació de l'assignatura.

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Teodorescu, R.; Liserre, M.; Rodríguez, P. Grid converters for photovoltaic and wind power systems [en línia]. Wiley, 2011 [Consulta: 06/05/2020]. Disponible a: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470667057>. ISBN 9780470057513.

### Complementària:

- Machowski, J.; Bumby, J.R.; Bialek, J.W. Power system dynamics: stability and control. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2008. ISBN 9780470725580.

- Bollen, M.H.J.; Hassan, F. Integration of distributed generation in the power system. Hoboken, New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2011. ISBN 9780470643372.

- Farret, F. A.; Simões, M. G. Integration of alternative sources of energy [en línia]. Hoboken: John Wiley and Sons, 2006 [Consulta: 06/05/2020]. Disponible a: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471755621>. ISBN 9780471712329.

- Keyhani, A.; Marwali, M.N.; Dai, M. Integration of green and renewable energy in electric power systems. Hoboken: Wiley, 2010. ISBN 9780470187760.

- Kundur, P. Power system stability and control. New York: McGraw-Hill, 1994. ISBN 9780070359581.

## RECURSOS

---

### Altres recursos:

International Electrotechnical Commission, White Paper, Grid integration of large-capacity Renewable Energy sources and use of large-capacity electrical Energy Storage, <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-gridintegrationlargecapacity-LR-en.pdf>