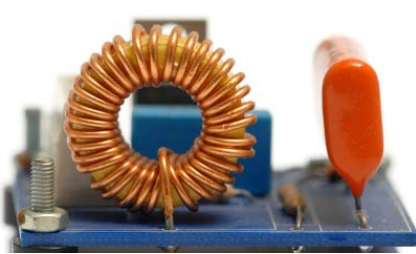




Grau: Enginyeria de l'Energia (EN)

Assignatura: Convertidors Estàtics d'Energia (COEE). Grup de Matí. **Codi de l'Assignatura:** 820327
Quadrimestre Q6. Curs 2016/2017. Quadrimestre de Primavera.

Coordinador: Herminio Martínez García (herminio.martinez@upc.edu)
Departament: Enginyeria Electrònica (UPC)



Molt Important:

- Durant les classes de teoria, problemes i laboratori de l'assignatura queda prohibit expressament l'ús de telèfons mòbils (si un estudiant hagués de fer servir el telèfon per causa de força major, haurà de sortir de l'aula).
- Qualsevol telèfon que es faci servir a l'aula o laboratori durant la classe, podrà ser requisat pel professor fins a la finalització de la mateixa.

1.- OBJECTIUS DE L'ASSIGNATURA.

L'assignatura 'Convertidors Estàtics d'Energia' (COEE – 820327), presentada a 6^è quadrimestre (Q6) de la titulació del Grau d'Enginyeria de l'Energia, de l'actual Pla d'Estudis de Grau dintre de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES), té com a objectiu principal el presentar a l'estudiant les modernes tècniques i el dimensionament emprats al processat, control i gestió (*power management*) d'energia elèctrica basats en circuits electrònics d'alt rendiment, convertidors estàtics d'energia i en l'Electrònica de Potència. En particular, a l'assignatura s'estudien les estructures conversores següents:

- ❑ Convertidors de corrent continu a corrent continu (DC/DC).
- ❑ Convertidors de corrent continu a corrent altern (DC/AC).
- ❑ Convertidors de corrent altern a corrent continu (AC/DC).
- ❑ Convertidors de corrent altern a corrent altern (AC/AC).

L'estudiant ha d'assolir una base tècnico-científica per poder no només analitzar, sinó també dissenyar, sintetitzar, simular i implementar físicament estructures electròniques de conversió d'energia elèctrica d'alt rendiment, dintre de l'àmbit de les energies renovables.

2.- DEDICACIÓ SETMANAL A L'ASSIGNATURA.

- ❑ **Hores setmanals de teoria i problemes:** 3,0 hores.
- ❑ **Hores setmanals de pràctiques:** 1,0 hora (agrupades en sessions quinzenals de 2,0 hores).

3.- HORARI DE L'ASSIGNATURA.

- ❑ **Teoria i Problemes:** Dimecres, de 10:00 a 11:00 hores, i divendres, de 12:00 a 14:00 hores.
- ❑ **Laboratori:** Les pràctiques de laboratori es faran en un dels següents grups: dimarts, de 8:00 h a 10:00 h (pràctiques en sessions quinzenals en SS o SP); dijous, de 8:00 h a 10:00 (pràctiques en sessions quinzenals però només en SS); i divendres, de 10:00 a 12:00 hores (pràctiques també en sessions quinzenals en SS o SP).

4.- PROFESSORS DE L'ASSIGNATURA.

- ❑ **Professor de Teoria i Problemes:** Herminio Martínez (herminio.martinez@upc.edu).
- ❑ **Professor de Laboratori:** Robert Calatayud (robert.calatayud@upc.edu).

5.- TEMARI COMPLET DE L'ASSIGNATURA.

A continuació es mostra en detall el temari detallat de l'assignatura. La temporització aproximada assignada a cada tema correspon només a les hores de teoria i problemes, a raó de 3,0 h/set. (=45 h/quad.). Aquests tòpics s'ampliaran a les corresponents classes de laboratori i activitats dirigides. El temari queda dividit en 10 capítols o temes, i tracta les estructures electròniques per a la conversió d'energia elèctrica, estudiant els convertidors commutats d'alt rendiment DC-DC, AC-DC, DC-AC i AC-AC, així com els reguladors de tensió lineals.

Com ja s'ha comentat, es pretén que l'estudiant assoleixi una base per saber dissenyar, analitzar, simular i fer servir en instal·lacions d'energia solar fotovoltaica molts d'aquests sistemes electrònics per al processament d'energia elèctrica. El temari detallat de l'assignatura es mostra a continuació:

1.- Introducció als Convertidors Estàtics d'Energia Elèctrica (2 hores).

- 1.1.- Processament del senyal i processament d'energia elèctrica: diferències.
- 1.2.- Introducció a l'Electrònica de Potència.
- 1.3.- Classificació de les estructures estàtiques de conversió i processament d'energia elèctrica.
- 1.4.- Aplicacions de les estructures estàtiques de conversió i processament d'energia elèctrica.
 - 1.4.1.- Instal·lacions d'energies renovables.
 - 1.4.2.- Fonts i sistemes d'alimentació.
 - 1.4.3.- Tracció elèctrica.
 - 1.4.4.- Il·luminació.
 - 1.4.5.- Altres aplicacions (automoció, aplicacions aeroespacials, comunicacions, etc.).
- 1.5.- Elements que formen part d'un convertidor estàtic d'energia elèctrica.
- 1.6.- Consideracions sobre els elements passius en convertidors estàtics d'energia elèctrica.
 - 1.6.1.- Condensadors.
 - 1.6.2.- Inductors.
 - 1.6.3.- Transformadors.
 - 1.6.4.- Disseny d'inductors i transformadors.
- 1.7.- Elements interruptors en convertidors estàtics d'energia elèctrica.
 - 1.7.1.- Diodes.
 - 1.7.2.- Transistors.
 - 1.7.3.- Tiristors (SCRs) i Triacs.
 - 1.7.4.- Altres dispositius interruptors (GTO, IGBT, etc.).
 - 1.7.5.- Selecció dels interruptors en convertidors estàtics d'energia.
- 1.8.- Recordatori de les sèries de Fourier.
 - 1.8.1.- Sèries de Fourier per a algunes formes d'ona comuns.
 - 1.8.2.- Càlcul de potències per a formes d'ona periòdiques no sinusoidals.
- 1.9.- *Software* de simulació de convertidors estàtics d'energia elèctrica: OrCAD-PSpice® i PSIM®.

2.- Conversió Estàtica DC/DC: Circuits Trossejadors (6 hores).

- 2.1.- Introducció.
- 2.2.- Convertidors DC/DC commutats d'energia elèctrica sense aïllament galvànic: topologies, anàlisi i disseny.
 - 2.2.1.- Convertidor *buck* (*step-down*).
 - 2.2.2.- Convertidor *boost* (*step-up*).
 - 2.2.3.- Convertidor *buck-boost*.
 - 2.2.4.- Convertidor de Ćuk.

- 2.2.5.- Altres convertidors commutats d'energia elèctrica sense aïllament galvànic: *single-ended primary inductance converter* (SEPIC), etc.
- 2.2.6.- Operacions del convertidor en mode de conducció contínua (MCC) i discontinua (MCD).
- 2.3.- Convertidors DC/DC commutats d'energia elèctrica amb aïllament galvànic: topologies, anàlisi i disseny.
 - 2.3.1.- Convertidor *flyback*.
 - 2.3.2.- Convertidor *forward*.
 - 2.3.3.- Convertidor *push-pull*.
 - 2.3.4.- Convertidor en pont complet i en semi-pont.
 - 2.3.5.- Altres convertidors commutats d'energia elèctrica amb aïllament galvànic.
- 2.4.- Anàlisi i disseny de circuits trossejadors. Exemples d'aplicació.
- 2.5.- Simulació de circuits trossejadors.

3.- Fonts d'Alimentació Commutades (2 hores).

- 3.1.- Introducció a les fonts d'alimentació lineals i commutades.
- 3.2.- Diagrama de blocs d'una font d'alimentació commutada.
- 3.3.- Obtenció de una tensió DC a partir de la xarxa elèctrica.
- 3.4.- Regulació de la tensió de sortida.
- 3.5.- Exemples d'anàlisi i disseny de fonts commutades.
- 3.6.- Anàlisi i disseny de fonts d'alimentació commutades. Exemples d'aplicació.
- 3.7.- Simulació de fonts d'alimentació commutades.

4.- Control de Convertidors DC/DC i de Fonts d'Alimentació Commutades (6 hores).

- 4.1.- Introducció. Diferència entre convertidor commutat i regulador commutat.
- 4.2.- Control de convertidors commutats DC/DC: control PWM (*pulse-width modulation*) i d'altres.
- 4.3.- *Review* de teoria de control lineal.
 - 4.3.1.- Estabilitat del bucle de control.
- 4.4.- Petit senyal i règim permanent.
- 4.5.- Anàlisi en petit senyal.
 - 4.5.1.- Funció de transferència de l'interruptor.
 - 4.5.2.- Funció de transferència del filtre.
 - 4.5.3.- Funció de transferència del circuit modulador PWM.
 - 4.5.4.- Amplificador d'error amb compensació.
- 4.6.- Equacions d'estat d'un convertidor.
- 4.7.- Funcions de transferència d'interès en convertidors de potència en MCC i en MCD.
- 4.8.- Disseny de l'amplificador d'error compensat (controlador) per al control en mode tensió.
- 4.9.- Disseny de l'amplificador d'error compensat (controlador) per al control en mode corrent.
- 4.10.- Circuits integrats per a implementar controls PWM.
- 4.11.- Anàlisi i disseny de controladors per a convertidors DC/DC i fonts d'alimentació commutades. Exemples d'aplicació.
- 4.12.- Simulació del sistema de control realimentat.

5.- Conversió Estàtica DC/AC: Circuits Inversors (Onduladors) (5 hores).

- 5.1.- Introducció.
- 5.2.- Topologies d'onduadors monofàsics de forma d'ona quadrada i quasi-quadrada.
- 5.3.- Anàlisi mitjançant sèries de Fourier.

- 5.4.- Mesura de la qualitat de la forma d'ona generada.
 5.4.1.- Distorsió harmònica total (THD o *total harmonic distortion*) de la forma d'ona generada.
 5.4.2.- Factor de distorsió i altres paràmetres de mesura de la distorsió.
- 5.5.- Topologies d'onduladors monofàsics de forma d'ona sinusoïdal.
- 5.6.- Control de sistemes onduladors: control PWM (*pulse-width modulation*) per a l'eliminació d'harmònics.
 5.6.1.- Definició dels índexs de modulació en amplitud i de modulació en freqüència.
 5.6.2.- Importància de la relació de modulació en freqüència.
 5.6.3.- Commutació bipolar.
 5.6.4.- Commutació unipolar.
 5.6.5.- Estudi d'harmònics a la modulació PWM.
- 5.7.- Control d'amplitud de la tensió generada en sistemes onduladors.
 5.7.1.- Importància de la relació de modulació en amplitud.
 5.7.2.- Estructura del llaç de control.
 5.7.3.- Control proporcional (P). Efecte del guany proporcional en el llaç de control.
 5.7.4.- Millora del control amb reguladors PID.
- 5.8.- Efectes de la sobre modulació en onduladors sinusoïdals.
- 5.9.- Inversors connectats a xarxa.
 5.9.1.- Importància del control en els inversors connectats a xarxa.
- 5.10.- Onduladors trifàsics.
 5.10.1.- Inversors de sis passos.
 5.10.2.- Inversors trifàsics PWM.
- 5.11.- Control de velocitat de motors d'inducció.
- 5.12.- Anàlisi i disseny de circuits inversors. Exemples d'aplicació.
- 5.13.- Simulació de circuits inversors.

6.- Conversió Estàtica AC/DC: Circuits Rectificadors i Fonts d'Alimentació Lineals (6 hores).

- 6.1.- Introducció.
- 6.2.- Convertidors AC/DC commutats d'energia elèctrica: classificació.
- 6.3.- Exemple de convertidor AC/DC bàsic: el díode com rectificador no controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega resistiva pura.
 6.3.1.- Anàlisi del rectificador de tensió monofàsic de mitja ona com a convertidor bàsic AC/DC.
 6.3.2.- Simulació de circuits rectificadors amb càrrega resistiva pura.
- 6.4.- Rectificador de mitja ona no controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega inductiva.
 6.4.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega RL. Diferències amb la càrrega resistiva pura.
 6.4.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.4.3.- Anàlisi i simulació amb càrrega generadora (RLE).
- 6.5.- Rectificador de mitja ona no controlat amb càrrega inductiva i amb díode de lliure circulació (*freewheeling diode*, FWD).
 6.5.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega resistiva pura i inductiva: diferències amb i sense el FWD.
 6.5.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.5.3.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).
- 6.6.- Rectificador de mitja ona controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega resistiva pura.
 6.6.1.- Anàlisi i simulació.
 6.6.2.- Diferències amb el rectificador no controlat.
- 6.7.- Rectificador de mitja ona controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega inductiva.
 6.7.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega RL. Diferències amb la càrrega resistiva pura.
 6.7.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.7.3.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).

- 6.7.4.- Utilització de l'àbac de Puschlowski.
- 6.8.- Rectificador de mitja ona controlat amb càrrega inductiva i amb díode de lliure circulació.
 6.8.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega resistiva pura i inductiva: diferències amb i sense *freewheeling diode* (FWD).
 6.8.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.8.3.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).
- 6.9.- Rectificador d'ona completa no controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega resistiva pura.
 6.9.1.- Rectificadors de tensió monofàsic d'ona completa en pont de Graetz.
 6.9.2.- Rectificadors de tensió monofàsic d'ona completa amb transformador amb presa intermèdia.
- 6.10.- Rectificador d'ona completa no controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega inductiva.
 6.10.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega RL. Diferències amb la càrrega resistiva pura.
 6.10.2.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).
- 6.11.- Rectificador d'ona completa controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega resistiva pura.
 6.11.1.- Rectificadors de tensió monofàsic d'ona completa en pont de Graetz. Diferències amb el rectificador no controlat.
 6.11.2.- Rectificadors de tensió monofàsic d'ona completa amb transformador amb presa intermèdia. Diferències amb el rectificador no controlat.
- 6.12.- Rectificador d'ona completa controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega inductiva.
 6.12.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega RL. Diferències amb la càrrega resistiva pura.
 6.12.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.12.3.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).
- 6.13.- Rectificador d'ona completa controlat commutat a freqüència de la xarxa treballant com a inversor.
- 6.14.- Rectificador d'ona completa semi-controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega resistiva pura.
 6.14.1.- Rectificadors de tensió monofàsic d'ona completa en pont de Graetz. Diferències amb el rectificador controlat.
- 6.15.- Rectificador d'ona completa semi-controlat commutat a freqüència de la xarxa amb càrrega inductiva.
 6.15.1.- Anàlisi i simulació amb càrrega RL. Diferències amb la càrrega resistiva pura.
 6.15.2.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
 6.15.3.- Anàlisi i simulació amb generadora (RLE).
 6.15.4.- Diferències amb el rectificador totalment controlat: comparativa i simulació.
- 6.16.- Rectificadors trifàsics no controlats.
 6.16.1.- Rectificadors de mitja ona amb càrregues resistives pures (R), inductives (RL) i càrrega generadora (RLE).
 6.16.2.- Rectificadors d'ona completa amb càrregues resistives pures (R), inductives (RL) i càrrega generadora (RLE).
- 6.17.- Rectificadors trifàsics controlats.
 6.17.1.- Rectificadors de mitja ona amb càrregues resistives pures (R), inductives (RL) i càrrega generadora (RLE).
 6.17.2.- Rectificadors d'ona completa amb càrregues resistives pures (R), inductives (RL) i càrrega generadora (RLE).
 6.17.3.- Utilització de l'àbac de Puschlowski en rectificador trifàsics.
- 6.18.- Rectificadors trifàsics treballant com a inversors.
- 6.19.- Rectificadors de més de tres fases.
 6.19.1.- Rectificadors hexafàsics.

- 6.19.2.- Rectificadors dodecafàsics.
- 6.19.3.- Utilització de l'àbac de Puschlowski en rectificador de més de tres fases.
- 6.20.- Control de sistemes rectificadors.
- 6.21.- Potències en un rectificador. Millora del factor de potència.
- 6.22.- Connexions en sèrie i en paral·lel de circuits rectificadors.
- 6.23.- Transmissió d'energia elèctrica en DC.
 - 6.23.1.- Avantatges de la transmissió d'energia elèctrica en DC.
- 6.24.- Diagrama de blocs d'una font d'alimentació lineal.
- 6.25.- Obtenció de una tensió DC a partir de la xarxa elèctrica.
 - 6.25.1.- Eliminació de l'arissada de sortida: filtrat de sortida.
 - 6.25.2.- Filtrat de sortida amb condensador.
 - 6.25.3.- Filtrat de sortida amb inductància i condensadors (filtres en 'L' i en 'π').
 - 6.25.4.- Operació en mode de conducció discontinua (MCD) i contínua (MCC).
- 6.26.- Dobladors i multiplicadors de tensió.
- 6.27.- Anàlisi i disseny de circuits rectificadors i fonts d'alimentació lineals. Exemples d'aplicació.
- 6.28.- Simulació de circuits rectificadors i fonts d'alimentació lineals.

7.- Reguladors de Tensió Lineals (5 hores).

- 7.1.- Introducció. El díode Zener com element bàsic d'estabilització de tensió.
- 7.2.- Fonts lineals amb transistor en sèrie i díode Zener.
- 7.3.- Reguladors lineals amb realimentació.
- 7.4.- Reguladors lineals sèrie comercialitzats en forma de circuits integrats monolítics.
 - 7.4.1.- Reguladors lineals sèrie estàndards.
 - 7.4.2.- Reguladors LDO (*low-dropout regulators*).
- 7.5.- Reguladors lineals sèrie estàndards i LDO (*low-dropout regulators*) comercialitzats en forma de circuit integrat monolític.
- 7.6.- Reguladors lineals paral·lels.
- 7.7.- Limitació del corrent màxim per la càrrega.
- 7.8.- Proteccions contra curt-circuits.
- 7.9.- Convertidors DC-DC i reguladors de tensió commutats.
 - 7.9.1.- Reguladors de tensió commutats comercialitzats en forma de circuit integrat monolític.
- 7.10.- Circuits de supervisió de l'alimentació.
 - 7.10.1.- El circuit integrat MC3425 de Motorola com exemple.
- 7.11.- Fonts de tensió monolítiques.
- 7.12.- Inversors de tensió de capacitats commutades ('*charge pumps*' o 'bombes de càrrega').
 - 7.12.1.- Els circuits integrats SI7660, SI7661 i MAX660 com exemples.
- 7.13.- Fonts de corrent.
- 7.14.- Exemples d'anàlisi i disseny de circuits reguladors de tensió lineals.
- 7.15.- Simulació de reguladors de tensió lineals.

8.- Conversió Estàtica AC/AC: Variadors o Reguladors d'AC (4 hores).

- 8.1.- Introducció.
- 8.2.- Variadors o reguladors d'AC monofàsics.
 - 8.2.1.- Operació amb càrrega resistiva pura.
 - 8.2.2.- Operació amb càrrega inductiva.
- 8.3.- Variadors o reguladors d'AC trifàsics.
 - 8.3.1.- Càrregues resistives connectades en estrella i en triangle.
 - 8.3.2.- Càrregues inductives connectades en estrella i en triangle.

- 8.4.- Cicloconvertidors.
 - 8.4.1.- Monofàsics.
 - 8.4.2.- Trifàsics.
- 8.5.- Convertidors matricials.
- 8.6.- Control de convertidors commutats AC/AC.
- 8.7.- Control de velocitat de motors d'inducció.
- 8.8.- Control de VAR estàtic (compensador estàtic de reactiva).
- 8.9.- Anàlisi i disseny de circuits de conversió AC/AC. Exemples d'aplicació.
- 8.10.- Simulació de circuits de conversió AC/AC.

9.- Convertidors Ressonants (5 hores).

- 9.1.- Introducció. Necessitat dels convertidors ressonants.
- 9.2.- Convertidor ressonant amb commutació a corrent zero.
- 9.3.- Convertidor ressonant amb commutació a tensió zero.
- 9.4.- L'inversor ressonant sèrie.
 - 9.4.1.- Pèrdues de commutació.
 - 9.4.2.- Control d'amplitud.
- 9.5.- Convertidor DC/DC ressonant sèrie.
- 9.6.- Convertidor DC/DC ressonant paral·lel.
- 9.7.- Convertidor DC/DC sèrie-paral·lel.
- 9.8.- Comparació de convertidors ressonants.
- 9.9.- El convertidor ressonant amb pas intermediari per DC.
- 9.10.- Anàlisi i disseny de convertidors ressonants. Exemples d'aplicació.
- 9.11.- Simulació de circuits de convertidors ressonants.

10.- Estructures Estàtiques de Conversió i Processament d'Energia Elèctrica en Instal·lacions d'Energies Renovables i en Altres Aplicacions (4 hores).

- 10.1.- Introducció.
- 10.2.- Implementació d'estructures estàtiques de conversió i processament d'energia elèctrica en instal·lacions d'energies renovables.
 - 10.2.1.- Sistemes electrònics de potència utilitzats.
- 10.3.- Carregadors de bateries i reguladors de càrrega.
 - 10.3.1.- Procés de càrrega de bateries.
- 10.4.- Convertidors estàtics amb seguiment del màxim punt de potència (MPPT o *maximum power point tracking*).
 - 10.4.1.- Necessitat dels circuits amb MPPT en sistemes d'energies renovables.
 - 10.4.2.- Algorismes per aconseguir el punt de màxima potència d'un sistema de panells solars fotovoltaics.
 - 10.4.3.- Estructura d'un sistema de generació d'energia renovable amb MPPT.
- 10.5.- Inversors fotovoltaics.
 - 10.5.1.- Inversors monofàsics i trifàsics per a instal·lacions aïllades.
 - 10.5.2.- Inversors monofàsics i trifàsics per a connexió a xarxa.
- 10.6.- Convertidors en aplicacions d'energia eòlica.
- 10.7.- Correcció del factor de potència (PFC).
 - 10.7.1.- Principi d'operació de circuits de PFC monofàsics.
 - 10.7.2.- Control de circuits PFC monofàsics.
 - 10.7.3.- Exemple de circuits de PFC monofàsics.
- 10.8.- Circuits per a *drivers* en sistemes d'il·luminació basada en LEDs.
 - 10.8.1.- Principi d'operació de *drivers* per a LEDs.

10.8.2.- Control de *drivers* per a LEDs.

10.8.3.- Exemple de *drivers* per a LEDs.

6.- PRÀCTIQUES DE LABORATORI DE L'ASSIGNATURA.

El primer dia de classe es donarà explicació sobre el funcionament del laboratori i el seu mecanisme d'avaluació (examen final de laboratori, presentació d'informes, etc.). De qualsevol forma, les pràctiques a realitzar seran les següents:

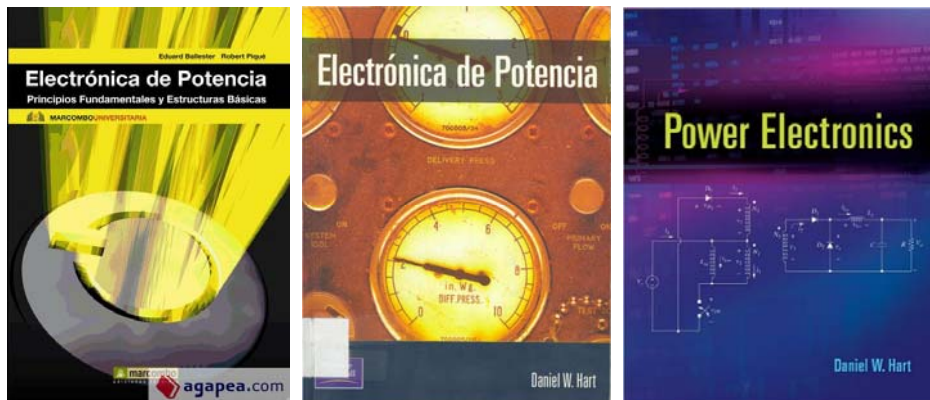
- 1.- *Software* per al disseny, anàlisi i simulació de circuits i sistemes electrònics de potència: introducció a PSIM® (2 h).
- 2.- Reguladors commutats de tensió (4 h).
- 3.- Fons d'alimentació (2 h).
- 4.- Reguladors lineals de tensió (2 h).
- 5.- Inversors o onduladors (2 h).

7.- BIBLIOGRAFIA BÀSICA.

7.1.- Bibliografia Bàsica Sobre Processat d'Energia Elèctrica, Convertidors Estàtics d'Energia Elèctrica i Electrònica de Potència.

El llibre dos llibres de referència bàsica són els següents (a la seva versió castellana o anglesa):

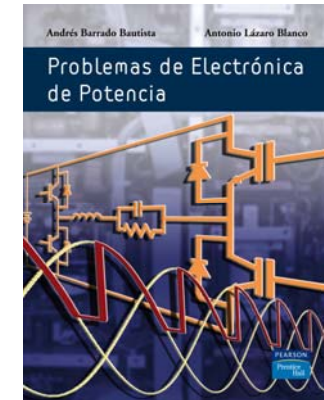
- **Ballester Portillo, Eduard; Robert Piqué López.** *‘Electrónica de Potencia. Principios Fundamentales y Estructuras Básicas’*. Barcelona: Ed. Marcombo Universitaria. 2011.
- **Hart, Daniel W.** *‘Electrónica de Potencia’*. Madrid: Ed. Pearson Educación, S.A. Prentice Hall. 2001.



Es recomana a l'estudiant l'adquisició o consulta periòdica al llarg del curs d'aquestes dues referències bibliogràfiques. Altres llibres que s'adapten bé al temari de l'assignatura són:

- **Barrado Bautista, Andrés; Antonio Lázaro Blanco.** *‘Problemas de Electrónica de Potencia’*. Madrid: Ed. Pearson Educación, S.A. Prentice Hall. 2007.

- **Erickson, Robert W.; Dragan Maksimović.** *‘Fundamentals of Power Electronics’*. Ed. Springer, 2nd Edition. 2001.
- **Mohan, Ned.** *‘Power Electronics: A First Course’*. Hoboken, N.J., USA: Ed. John Wiley & Sons Inc. 2012.
- **Pozo Ruz, Ana.** *‘Convertidores Conmutados de Potencia. Test de Autoevaluación’*. Barcelona: Ed. Marcombo Universitaria. 2012.



7.2.- Bibliografia Complementària Sobre Processat d'Energia Elèctrica, Convertidors Estàtics d'Energia Elèctrica i Electrònica de Potència.

- **Kassakian, John G.; Martin F. Schlecht; George C. Verghese.** *‘Principles of Power Electronics’*. Ed. Addison–Wesley. 1991.
- **Mohan, Ned; Tore M. Undeland, William P. Robbins.** *‘Power Electronics. Converters, Applications and Design’*. Hoboken, N.J., USA: Ed. John Wiley & Sons Inc. 3rd Edition. 2003.
- **Rashid, Muhammad H.** *‘Electrónica de Potencia. Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones’*. Ed. Pearson Educación. Prentice Hall. 3^a Edición. 2004.
- **Rashid, Muhammad, H. (Ed.).** *‘Power Electronics Handbook’*. Ed. Academic Press. 2001.

8.- CD-ROM DE L'ASSIGNATURA.

Les primeres setmanes del curs es facilitarà a l'estudiant un CD-ROM o DVD que tindrà pràcticament tota la documentació en format electrònic imprescindible per seguir l'assignatura (pràctiques, transparències del curs, apunts, *datasheets* de fabricants, etc.), així com el possible *software* d'interès per a l'assignatura. Els estudiants hauran de fer-se la seva còpia, per disposar sense problemes de tota la informació al llarg del curs. També es farà servir puntualment la Intranet Docent de l'assignatura a Atenea.

9.- PREREQUISITS.

Com a pre-requisit, l'estudiant ha de tenir aprovada l'assignatura *‘Sistemes Electrònics’* (STI – 820017) de 4th quadrimestre (Q4) de l'actual Pla d'Estudis de Grau dintre de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES). A més, com a co-requisits, l'estudiant ha d'estar fent les següents assignatures: *‘Control de Sistemes Energètics’* (CSE-EN - 820321) i *‘Transport i Distribució d'Energia Elèctrica’*

(TDEE – 820331). També és aconsellable estar matriculat de l'assignatura 'Emmagatzematge d'Energia' (EE-EN – 820322).

En concret, per poder seguir sense problemes la part de aquesta assignatura corresponent a estructures de conversió i processament d'energia elèctrica en instal·lacions d'energies renovables, ha de tenir assolits els coneixements relatius a:

- **Teoria i eines d'anàlisi de circuits.**
Anàlisi de circuits bàsics amb components passius (resistors, condensadors i inductàncies). Divisors de tensió i corrent. Lleis de Kirchhoff. Teoremes de Thévenin i de Norton. Resposta temporal, freqüencial i anàlisi en el domini de Laplace. Corbes de Bode.
- **La unió PN i el díode.**
Funcionament del díode. Recta de càrrega. Models del díode. Circuits amb díodes (rectificadors, retalladors, limitadors, multiplicadors de tensió, etc.). Díodes especials: Zener, LEDs, fotodíode, optoacoblador, varicap o varactor, díode Schottky, díode túnel o Esaki, varistor, etc.
- **El Transistor Bipolar d'Unió (BJT).**
Funcionament del BJT. Recta de càrrega i zones de funcionament (tall, saturació i lineal). Polarització. El BJT com amplificador i com commutador.
- **Els Transistors d'Efecte de Camp (JFET i MOSFET).**
Funcionament dels FETs (JFET i MOSFET). Recta de càrrega i zones de funcionament (tall, òhmica i saturació). Polarització. Els FETs com amplificadors i com commutadors electrònics.
- **Introducció als Amplificadors Operacionals Retroalimentats en Tensió (VFOA).**
Modelització del VFOA: el VFOA com a font de tensió controlada per tensió. Característiques ideals del VFOA. VFOA en llaç tancat: reatralimentació negativa i positiva. Guany de llaç del circuit retroalimentat. Processat analògic bàsic amb amplificadors operacionals i xarxes resistives: amplificadors no inversor, seguidor de tensió (*buffer*) i inversor, amplificadors sumadors, convertidors corrent–tensió (I/V) i tensió–corrent (V/I), amplificadors de corrent, etc. Processat analògic bàsic amb amplificadors operacionals i xarxes reactives: circuits derivadors i integradors analògics.

Si l'alumne/a necessita recordar, refrescar o estudiar alguns dels coneixements dels anteriors temes, una possible bibliografia recomanada, entre d'altres, pot ser la següent:

- **Ghausi, M. S.** 'Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados'. México D.F.: Ed. Interamericana. 1987.
- **Malik, Norbert R.** 'Circuitos Electrónicos. Análisis, Simulación y Diseño'. Madrid: Ed. Prentice Hall, 1998.
- **Malvino, Albert Paul; David J. Bates.** 'Principios de Electrónica'. México D.F.: Ed. McGraw-Hill/Interamericana. 7ª Edición. 2007.
- **Rashid, Muhammad H.** 'Circuitos Microelectrónicos. Análisis y Diseño'. Madrid: Ed. Thomson Editores Spain / Paraninfo S.A. 2002.
- **Sedra, Adel S.; Kenneth C. Smith.** 'Circuitos Microelectrónicos'. México, D.F.: Ed. Oxford University Press. 4ª Edición. 1999 (traducido de la conocida versión original inglesa 'Microelectronic Circuits'. Ed. Oxford University Press. 4th Edition. 1998).
- **Storey, Neil.** 'Electrónica. De los Sistemas a los Componentes'. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, S. A. 1995.

10.- SISTEMA D'AVALUACIÓ DE L'ASSIGNATURA.

L'assignatura s'avaluarà amb la següent ponderació:

Examen Final:	30 %
Examen de Mig Quadrimestre:	30 %
Pràctiques de Laboratori:	20 %
Competència d'Aprenentatge Autònom de l'Estudiant:	20 %

NOTA: L'Examen de Mig Quadrimestre es farà, previsiblement, el **divendres, 5 de maig, de 12:00 h a 14:00 h** (la data i hora exactes seran confirmades durant el quadrimestre pel professor de teoria). L'Examen Final es farà el dia i hora indicats al llarg del quadrimestre per la secretaria de l'Escola.

Molt Important:

- Cap estudiant podrà superar l'assignatura COEE si no aconsegueix, al menys, una **qualificació final a TEORIA de 3,5** (la ponderació dels exàmens teòrics serà explicada pel corresponent professor de teoria el primer dia de classe).
- Cap estudiant podrà superar l'assignatura COEE si no aconsegueix, al menys, una **qualificació de 3,5 al LABORATORI**.

Professor: **Herminio Martínez García**
Departament d'Enginyeria Electrònica
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE) / UPC

Barcelona, febrer de 2017