

Guía docente

295323 - 295SE013 - Conversión Electrónica Avanzada de Energía Eléctrica

Última modificación: 07/07/2025

Unidad responsable: Escuela de Ingeniería de Barcelona Este
Unidad que imparte: 710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS (Plan 2025).
(Asignatura obligatoria).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: Martínez García, Herminio (Departamento de Ingeniería Electrónica).

Otros: Martínez García, Herminio (Departamento de Ingeniería Electrónica).

CAPACIDADES PREVIAS

- Primer curso de Electrónica Básica o Fundamental similar a "Sistemas Electrónicos" (STI - 820017) impartida como asignatura común del ámbito industrial en los estudios de Grado de la Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Primer curso de Electrónica de Potencia, similar a la asignatura "Electrónica de Potencia" (EPEIA - 820223), impartida en el Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la EEBE - UPC; "Electrónica de Potencia" (EPEE - 820124), impartida en el Grado de Ingeniería Eléctrica de la EEBE - UPC; o Convertidores Estáticos de Energía (COEE - 820327), impartida en el Grado de Ingeniería de la energía de la EEBE - UPC.

REQUISITOS

- Primer curso de Electrónica Básica o Fundamental similar a "Sistemas Electrónicos" (STI - 820017) impartida como asignatura común del ámbito industrial en los estudios de Grado de la Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Primer curso de Electrónica de Potencia, similar a la asignatura "Electrónica de Potencia" (EPEIA - 820223), impartida en el Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la EEBE - UPC; "Electrónica de Potencia" (EPEE - 820124), impartida en el Grado de Ingeniería Eléctrica de la EEBE - UPC; o Convertidores Estáticos de Energía (COEE - 820327), impartida en el Grado de Ingeniería de la energía de la EEBE - UPC.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conocimientos:

- K1. Identificar los diferentes recursos renovables como fuentes de energía eléctrica.
- K2. Identificar las particularidades estructurales y funcionales, y la normativa aplicable, de los sistemas eléctricos descentralizados.
- K3. Reconocer y comparar los subsistemas electrónicos utilizados en el procesado y en la gestión de energía eléctrica en sistemas eléctricos distribuidos.

Habilidades:

S1. Analizar, diseñar y evaluar la fiabilidad y el ciclo de vida de los sistemas eléctricos descentralizados basados en fuentes energéticas renovables. Evaluar la fiabilidad y el ciclo de vida de un sistema distribuido de generación de energía a partir de recursos renovables.

S3. Estimar el impacto y las necesidades de nuevos modelos de consumo eléctrico, relacionándolo con el cambio de modelo energético derivado de la descarbonización de las fuentes de energía.

S2. Analizar los subsistemas electrónicos necesarios en una central energética renovable y evaluar las tecnologías de automatización y control para la gestión energética de redes y microrredes eléctricas inteligentes de un sistema energético descentralizado.

Competencias:

C4. Aplicar los conocimientos adquiridos y las metodologías apropiadas al análisis y diseño en el ámbito de los sistemas eléctricos descentralizados con fuentes renovables.

C2. Identificar y analizar problemas que requieran tomar decisiones autónomas, informadas y argumentadas, para actuar con responsabilidad social, siguiendo valores y principios éticos.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Se imparten dos clases por semana con un total de 4 h/set., que engloban la materia de teoría, problemas y prácticas de laboratorio.

Adicionalmente, a lo largo del cuatrimestre, se realizarán diferentes clases (el horario se hará público a comienzo de cuatrimestre) con todo el grupo o parte del mismo para poder explicar, desarrollar y evaluar la/s competencia/s transversal/es (genérica/s) asignada/s a la asignatura.

La asignatura utiliza:

- La metodología expositiva en un 40%.
- El trabajo individual en un 30%.
- El trabajo en grupos (cooperativos y de laboratorio) en un 30%.

El estudiante deberá desarrollar, en grupo de, como máximo, 2 alumnos, un proyecto de la asignatura de diseño, dimensionado y/o simulación relacionado con el contenido de la asignatura.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

-

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	28,0	18.67
Horas grupo pequeño	28,0	18.67
Horas aprendizaje autónomo	94,0	62.67

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

1.- Introducción a la Electrónica de Potencia en el Contexto de los Sistemas Energéticos Distribuidos (2 horas).

Descripción:

- 1.1.- Introducción al procesado y gestión de energía eléctrica.
- 1.2.- Procesado de señal y procesado de energía: diferencias.
- 1.3.- Introducción a la Electrónica de Potencia.
- 1.4.- Topologías de conversión estática de energía eléctrica.
- 1.5.- El rectificador monofásico como convertidor básico AC/DC.
- 1.6.- Aplicaciones de los convertidores estáticos de energía eléctrica.
 - 1.6.1.- Sistemas de energías renovables.
 - 1.6.2.- Sistemas energéticos distribuidos.
 - 1.6.3.- Sistemas de alimentación.
 - 1.6.4.- Actuadores eléctricos en tracción: trenes y vehículos eléctricos.
 - 1.6.5.- Iluminación.
 - 1.6.6.- Otras aplicaciones (aplicaciones aeroespaciales, comunicaciones, etc.).
- 1.7.- Sub-bloques en sistemas de conversión estática de energía eléctrica.
- 1.8.- Componentes pasivos utilizados en sistemas de conversión estática de energía eléctrica.
 - 1.8.1.- Condensadores.
 - 1.8.2.- Inductores.
 - 1.8.3.- Transformadores.
 - 1.8.4.- Diseño de inductores y transformadores.
- 1.9.- Componentes de conmutación en sistemas de conversión estática de energía eléctrica.
 - 1.9.1.- Diodos.
 - 1.9.2.- Transistores.
 - 1.9.3.- Tiristores (SCRs) y Triacs.
 - 1.9.4.- Otros dispositivos conmutados (GTOs, IGBTs, etc.).
 - 1.9.5.- Selección de interruptores para sistemas de conversión estática de energía eléctrica.
- 1.10.- Software de simulación para sistemas de conversión estática de energía eléctrica: OrCAD-PSpice® and PSIM®.

Dedicación: 12h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

2.- Revisión de Conversión DC/DC en el Contexto de los Sistemas Energéticos Distribuidos y Renovables: Circuitos Troceadores (4 horas).

Descripción:

- 2.1.- Introducción.
- 2.2.- Conversión conmutada DC/DC sin aislamiento galvánico: topologías, análisis y diseño.
 - 2.2.1.- Convertidor reductor, buck o step-down.
 - 2.2.2.- Convertidor elevador, boost o step-up.
 - 2.2.3.- Convertidor reductor-elevador o buck-boost.
 - 2.2.4.- Convertidor de Δ uk.
 - 2.2.5.- Otros convertidores conmutados para energía eléctrica sin aislamiento galvánico: single-ended primary inductance converter (SEPIC), etc.
 - 2.2.6.- Modos de trabajo u operación de un convertidor en modo de conducción continua (MCC) y discontinua (MCD).
- 2.3.- Convertidores conmutados DC/DC con aislamiento galvánico: topologías, análisis y diseño.
 - 2.3.1.- Convertidor de retroceso o flyback converter.
 - 2.3.2.- Convertidor directo o forward converter.
 - 2.3.3.- Convertidor push-pull converter.
 - 2.3.4.- Convertidores en semipunto (half-bridge) y puente completo (full bridge).
 - 2.3.5.- Otros convertidores conmutados para energía eléctrica con aislamiento galvánico.
- 2.4.- Análisis y diseño de convertidores DC/DC. Ejemplos de aplicación.
- 2.5.- Simulación de circuitos convertidores DC/DC.

Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

3.- Sistemas Conmutados de Alimentación (5 horas).

Descripción:

- 3.1.- Introducción a los sistemas de alimentación lineales y conmutados.
- 3.2.- Diagrama de bloques de un sistema conmutado de alimentación.
- 3.3.- Obtención de tensiones en DC a partir de la red eléctrica monofásica y trifásica.
- 3.4.- Regulación de las tensiones de salida.
- 3.5.- Análisis y diseño de sistemas conmutados de alimentación: ejemplos de aplicación.
- 3.6.- Simulación de sistemas conmutados de alimentación.
- 3.7.- Circuitos electrónicos para corrección del factor de potencia o PFC (power factor correction) en fuentes y sistemas de alimentación.
 - 3.7.1.- Tipos de cargas: lineales, no-lineales, resistivas, y reactivas.
 - 3.7.2.- Necesidad de la corrección del factor de potencia (PF) en líneas con cargas lineales y no-lineales.
 - 3.7.3.- Clasificación de los circuitos para la corrección del factor de potencia (PFC): pasivos (rectificadores conmutados por línea o line-commutated rectifiers) y activos (rectificadores modulados por ancho de pulso o pulse-width modulated rectifiers).
 - 3.7.4.- Principio de operación de circuitos pasivos para corrección del PF en sistemas monofásicos.
 - 3.7.5.- Circuitos activos para corrección del PF en sistemas monofásicos.
 - 3.7.6.- Control of circuitos para corrección del PF en sistemas monofásicos.
 - 3.7.7.- Ejemplos comerciales de circuitos de PFC monofásicos.
- 3.8.- Filtros EMI en líneas de entrada de alimentación.
 - 3.8.1.- Necesidad de los filtros EMI en líneas de entrada de alimentación.
 - 3.8.2.- Estructura interna y operación.
 - 3.8.3.- Núcleos de ferrita en cables de alimentación: estructura interna y operación.

Dedicación: 18h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

4.- Control de Convertidores DC/DC y de Sistemas de Alimentación en Modo Conmutado (10 horas).

Descripción:

- 4.1.- Introducción. Diferencias entre convertidor en modo conmutado (switched-mode converter) y regulador en modo conmutado (switched-mode regulator).
- 4.2.- Control de convertidores conmutados DC/DC: control PWM (pulse-width modulation) y otros.
- 4.3.- Revisión de teoría de control lineal.
 - 4.3.1.- Estabilidad del lazo de control.
- 4.4.- Pequeña señal y estado estacionario de sistemas realimentados.
- 4.5.- Análisis en pequeña señal.
 - 4.5.1.- Función de transferencia de dispositivos en conmutación.
 - 4.5.2.- Función de transferencia del filtro.
 - 4.5.3.- Función de transferencia del circuito de modulación PWM.
 - 4.5.4.- Amplificador de error con compensación.
- 4.6.- Ecuaciones de estado de un convertidor conmutado.
- 4.7.- Funciones de transferencia de interés en convertidores de potencia trabajando en modo de conducción continua (MCC) y discontinua (MCD).
- 4.8.- Diseño del amplificador de error compensado (controlador) para control en modo de tensión.
- 4.9.- Diseño del amplificador de error compensado (controlador) para control en modo de corriente.
- 4.10.- Circuitos integrados para implementar controles PWM.
- 4.11.- Análisis y diseño de drivers para convertidores DC/DC y sistemas conmutados de alimentación. Ejemplos de aplicación.
- 4.12.- Simulación de los sistemas de control realimentados.

Dedicación: 24h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

5.- Conversión DC/AC en el Contexto de los Sistemas Energéticos Distribuidos y Renovables: Circuitos Inversores (5 horas).

Descripción:

- 5.1.- Introducción.
- 5.2.- Repaso de las topologías inversoras monofásicas con control por onda cuadrada.
- 5.3.- Análisis mediante series de Fourier.
- 5.4.- Medidas de la calidad de las formas de onda generadas.
 - 5.4.1.- Distorsión armónica total (THD o total harmonic distortion) de las formas de onda generadas.
 - 5.4.2.- Factor de distorsión y otros parámetros de medida de la distorsión.
- 5.5.- Control de inversores: control PWM (pulse-width modulation) para eliminación de armónicos.
 - 5.5.1.- Definición de índice de modulación en amplitud e índice de modulación en frecuencia.
 - 5.5.2.- Importancia del índice de modulación en frecuencia.
 - 5.5.3.- Conmutación PWM bipolar.
 - 5.5.4.- Conmutación PWM unipolar.
 - 5.5.5.- Estudio de los armónicos en las modulaciones PWM.
- 5.6.- Control de amplitud de las formas de onda generadas en sistemas inversores.
 - 5.6.1.- Importancia del índice de modulación en amplitud.
 - 5.6.2.- Estructura del lazo de control.
 - 5.6.3.- Control proporcional (P). Efectos de la ganancia proporcional del lazo de control.
 - 5.6.4.- Mejora del control con reguladores PID.
- 5.7.- Efectos de la sobremodulación en inversores sinusoidales.
- 5.8.- Inversores trifásicos.
- 5.9.- Inversores conectados a la red eléctrica (grid-connected inverters).
 - 5.9.1.- Importancia del control en inversores conectados a la red eléctrica.
- 5.10.- Análisis y diseño de circuitos inversores. Ejemplos de aplicación.
- 5.11.- Simulación de circuitos inversores.

Dedicación: 17h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

6.- Conversión AC/AC en el Contexto de los Sistemas Energéticos Distribuidos y Renovables (3 horas).

Descripción:

- 6.1.- Introducción.
- 6.2.- Reguladores de AC monofásicos (single phase AC drives o AC regulators).
 - 6.2.1.- Operación con carga puramente resistiva.
 - 6.2.2.- Operación con carga inductiva.
- 6.3.- Reguladores de AC monofásicos (three-phase AC drives o AC regulators).
 - 6.3.1.- Carga resistiva conectada en estrella y en triángulo.
 - 6.3.1.- Carga inductiva conectada en estrella y en triángulo.
- 6.4.- Cicloconvertidores.
 - 6.4.1.- Circuitos monofásicos y trifásicos.
- 6.5.- Convertidores matriciales.
- 6.6.- Control de convertidores AC/AC.
- 6.7.- Análisis y diseño de circuitos convertidores AC/AC. Ejemplos de aplicación.
- 6.8.- Simulación de circuitos de conversión AC/AC.

Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

7.- Convertidores de Potencia Resonantes (6 horas).

Descripción:

- 7.1.- Introducción. Necesidad de los convertidores resonantes.
- 7.2.- Convertidor resonante con conmutación por cero de corriente (zero-current switch).
- 7.3.- Convertidor resonante con conmutación por cero de tensión (zero-voltage switch).
- 7.4.- El inversor resonante serie.
 - 7.4.1.- Pérdidas por conmutación.
 - 7.4.2.- Control de amplitud.
- 7.5.- Convertidores DC/DC resonantes serie.
- 7.6.- Convertidores DC/DC resonantes paralelo.
- 7.7.- Convertidores DC/DC resonantes serie-paralelo.
- 7.8.- Comparación de convertidores resonantes.
- 7.9.- Convertidores resonantes con paso en DC intermedio.
- 7.10.- Análisis y diseño de convertidores resonantes. Ejemplos de aplicación.
- 7.11.- Simulación de circuitos convertidores resonantes.

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 10h

8.- Integración de los Subsistemas de Conversión de Energía Eléctrica en Sistemas Energéticos Distribuidos y Renovables, y Nuevas Tendencias en Procesado de Energía Eléctrica (10 horas).

Descripción:

- 8.1.- Introducción.
- 8.2.- Implementación de estructuras estáticas para la conversión y procesado de energía eléctrica en sistemas energéticos distribuidos y renovables.
 - 8.2.1.- Sub-bloques de electrónica de potencia utilizados.
- 8.3.- Cargadores de batería y reguladores de carga.
 - 8.3.1.- Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.
 - 8.3.2.- Principio de operación de cargadores de batería. Carga a tensión constante y corriente constante.
 - 8.3.3.- Proceso de carga de baterías.
 - 8.3.4.- Ejemplos comerciales de cargadores de baterías.
- 8.4.- Convertidores estáticos con seguimiento del punto de máxima potencia o MPPT (maximum power point tracking).
 - 8.4.1.- Necesidad de circuitos de procesado de energía con MPPT en sistemas de energías renovables.
 - 8.4.2.- Algoritmos para conseguir el punto de máxima potencia de un sistema solar fotovoltaico.
 - 8.4.3.- Estructura de un sistema de generación de energía renovable con MPPT.
 - 8.4.4.- Ejemplos comerciales de convertidores estáticos con MPPT.
- 8.5.- Inversores fotovoltaicos.
 - 8.5.1.- Inversores monofásicos y trifásicos para instalaciones aisladas de la red eléctrica.
 - 8.5.2.- Inversores monofásicos y trifásicos para instalaciones conectadas a la red eléctrica.
 - 8.5.3.- Inversores con MPPT.
 - 8.5.4.- Inversores híbridos.
 - 8.5.5.- Ejemplos comerciales de inversores.
- 8.6.- Convertidores en aplicaciones de energía eólica.
 - 8.6.1.- Convertidores "back-to-back".
- 8.7.- Circuitos para drivers en sistemas de iluminación basados en LEDs.
 - 8.7.1.- Principio de operación de drivers para LEDs. Sistemas de alimentación en tensión o corriente.
 - 8.7.2.- Control of drivers para sistemas de iluminación basados en LEDs.
 - 8.7.3.- Control de iluminación.
 - 8.7.4.- Ejemplos comerciales de drivers para sistemas de iluminación basados en LEDs.
- 8.8.- Sistemas de recolección de energía (energy-harvesting systems).
 - 8.8.1.- Principio de operación.
 - 8.8.2.- Clasificación.
 - 8.8.3.- Ejemplos de aplicación.
 - 8.8.4.- Estudio de casos prácticos.
- 8.9.- Sistemas de transferencia de energía inalámbrica o WPT (wireless power transfer) y carga inalámbrica en RF de baterías (RF

wireless battery charging).

8.10.- Microrredes eléctricas o MGs (electrical microgrids) y redes inteligentes o SG (smart grids).

8.10.1.- Principio de operación de microrredes eléctricas.

8.10.2.- Elementos de una microrred eléctrica: generación renovable, almacenamiento de energía eléctrica, cargas, consumidores y 'prosumidores' (prosumers).

8.10.3.- Modelizado de microrredes eléctricas.

8.10.4.- Procesado y gestión de energía eléctrica en microrredes eléctricas.

8.10.5.- Control de microrredes eléctricas.

8.10.6.- Simulación de microrredes eléctricas.

8.10.7.- Microrredes colaborativas (cooperative MGs) y microrredes con intercambio de energía eléctrica entre pares (peer-to-peer or P2P energy sharing microgrids).

8.10.8.- Procesado y gestión de energía en MGs con intercambio de energía eléctrica entre pares.

8.11.- Transporte de energía eléctrica en DC de alta tensión o HVDC (high-voltage DC transmission).

8.11.1.- Ventajas y desventajas de los sistemas de transporte de energía eléctrica HVDC.

8.11.2.- Principio de operación de los sistemas de transporte de energía eléctrica HVDC.

8.12.- Control de velocidad y par de motores de inducción.

8.12.1.- modelizado de los motores de inducción y curvas características.

8.12.2.- Control de velocidad por ajuste de frecuencia de la tensión de alimentación.

8.12.3.- Control de par y velocidad por ajuste del valor eficaz (RMS) de la tensión de alimentación.

8.12.4.- Aplicación en tracción eléctrica.

8.13.- Compensadores estáticos de energía reactiva (static VAR control o reactive static compensator).

Dedicación: 34h

Grupo grande/Teoría: 10h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 20h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación de la asignatura se ponderará de la siguiente manera:

- Examen escrito parcial: 20 %.
- Examen escrito final: 40 %.
- Proyecto de la asignatura (proyecto de diseño, simulación e/o implementación de prototipos electrónicos dentro del ámbito de la asignatura): 20 %.
- Actividades, pruebas y prácticas de laboratorio: 20 %.

Todas estas pruebas servirán también para la evaluación de la/s competencia/s transversal/es genérica/s asignada/s a la asignatura.

Esta asignatura no tiene prueba de reevaluación.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

La realización de las diferentes pruebas escritas consistirá en:

- Control/es parcial/es: Pruebas escritas, teóricas o problemas de análisis y/o síntesis (diseño) de sistemas electrónicos de conversión estática de energía eléctrica.
- Prueba final: Prueba escrita, teórica o problemas de análisis y/o síntesis (diseño) de sistemas electrónicos de conversión estática de energía eléctrica.
- Proyecto de la asignatura: El proyecto de la asignatura comportará la realización de un trabajo de diseño, dimensionado y/o simulación relacionado con los contenidos de la asignatura.
- Actividades, pruebas y prácticas de laboratorio: Actividades propias de prácticas de laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Gracias a todas estas pruebas, se evaluarán también la/s competencia/s transversal/es (genérica/s) asignada/s a la asignatura.



BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Erickson, Robert W.; Maksimovic, Dragan. Fundamentals of power electronics [en línea]. 3rd ed. Cham: Springer, 2020 [Consulta: 12/09/2025]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-030-43881-4>. ISBN 3030438813.

Complementaria:

- Mohan, Ned; Undeland, Tore M.; Robbins, William P. Power electronics : converters, applications , and design. 3rd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons Inc., cop. 2003. ISBN 9780471226932.