



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Programa de ELECTRÓNICA DE POTENCIA

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Electrónica de Potencia

2. CRÉDITOS

10 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Objetivo general del curso: Al aprobar el curso el estudiante habrá adquirido conocimientos básicos y fundamentales sobre convertidores estáticos de energía que se basan en la utilización de semiconductores.

Objetivos específicos: Al aprobar el curso, el estudiante deberá estar capacitado para:

- a) Comprender el funcionamiento de los circuitos de potencia y los principios básicos de comando de convertidores que permitan transferir energía y potencia entre sistemas de corriente continua y alterna.
- b) Comprender la estructura, funcionamiento, ratings, características y requerimientos de ~~comando de dispositivos semiconductores para conmutación de potencia, con énfasis en~~ Tiristores, MOSFETs de potencia e IGBTs.
- c) Evaluar la disipación térmica de los distintos dispositivos semiconductores en distintas aplicaciones utilizando modelos térmicos básicos, y dimensionar disipadores a nivel preliminar.
- d) Describir el funcionamiento de convertidores conmutados por la red de AC, realizar el dimensionado básico de los componentes pasivos, determinar los ratings y características de los tiristores a utilizar y evaluar los efectos de los convertidores sobre la red.
- e) Describir el funcionamiento de las topologías básicas de implementación de convertidores DC -DC sin y con aislación galvánica, seleccionar la topología adecuada a cada aplicación, realizar el dimensionado básico de los componentes pasivos, determinar los ratings y características de los MOSFETs e IGBTs a utilizar, dimensionar filtros de salida utilizando modelos básicos de los de los componentes pasivos.

- f) Describir la estructura y funcionamiento de convertidores DC/AC con conmutación forzada, determinar requerimientos de topología y de comando para control de tensión de salida y eliminación o atenuación de armónicos, comprender el manejo de potencia activa y reactiva. Describir su comando para control de máquinas de AC. Describir convertidores multinivel y sus campos de aplicación.
- g) Explicar el funcionamiento de convertidores AC/AC para control de potencia activa y reactiva, realizar el dimensionado básico de compensadores estáticos de potencia reactiva.
- h) Comprender el funcionamiento llaves apagables con carga inductiva limitada en tensión, dimensionar circuitos de ayuda a la conmutación para dispositivos semiconductores en convertidores DC-DC.
- i) Seleccionar y dimensionar circuitos básicos de manejo de electrodo de comando de tiristores y MOSFETs

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El curso comprende un total de 70 horas de clase, en un régimen de 6 horas semanales aproximadamente. Los temas se tratan en forma teórico práctica, combinando el tratamiento de aspectos teóricos con el análisis de problemas prácticos, directamente vinculados con la actividad profesional.

5. TEMARIO

1. Introducción. Características de convertidores. Campos de aplicación.
2. Convertidores AC/DC y DC/AC conmutados por la red de energía eléctrica. Rectificadores.
3. Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia I: Componentes para convertidores conmutados por la red. Diodos y tiristores.
4. Convertidores DC/DC. Fuentes conmutadas.
5. Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia II: llaves apagables.
6. Convertidores AC/DC y DC/AC con conmutación forzada. Inversores.
7. Convertidores AC/AC. Compensación de potencia reactiva.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Introducción	(1), (2)	(4)
Convertidores AC/DC y DC/AC conmutados por la red de energía eléctrica. Rectificadores.	(1)	(4)
Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia I: Componentes para convertidores conmutados por la red. Diodos y tiristores.	(3)	(4)
Convertidores DC/DC. Fuentes conmutadas.	(2)	(4)
Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia II: llaves apagables.	(3)	(4)
Convertidores AC/DC y DC/AC con conmutación forzada. Inversores.	(1), (2)	(4)
Convertidores AC/AC. Compensación de potencia reactiva.	(1), (2)	(4)

6.1 Básica

1. Thorborg, Kjeld (1993). Power Electronics in Theory and Practice. Sweden, Chartwell Bratt Ltd. ISBN: 0-86238-341-2
2. Mohan, Ned (2003) Power Electronics, Converters, Applications and Design. USA, Wiley ISBN-0-471-58408-8.
3. Briozzo, César y Echinope, Virginia (2011) Dispositivos Semiconductores para Electrónica de Potencia. Montevideo, Uruguay. Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. ISBN 978-9974-0-0728-4

6.2 Complementaria

4. Williams, Barry W. Power Electronics: Devices, Drivers, Applications and Passive Components. University of Strathclyde, Glasgow (libro disponible en Internet en forma abierta)

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos: Electromagnetismo, teoría de circuitos, sistemas trifásicos, análisis armónico.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados: Nociones de física de los semiconductores de estado sólido.

ANEXO A

Para todas las Carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Eléctrica

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Objetivos de la Electrónica de Potencia. Métodos generales. Clasificación de convertidores. Conceptos básicos de potencia eléctrica utilizados en Electrónica de Potencia. Convertidor ideal de 6 pulsos, 2 vías. Funcionamiento, tensión de salida. Formas de onda. Métodos de comando. Funcionamiento del tiristor ideal.
Semana 2	Potencia aparente. Funcionamiento como rectificador y como inversor. Comportamiento con distintos tipos de cargas. Conducción continua y discontinua.
Semana 3	Conmutación en el convertidor de 6 pulsos, 2 vías. Caída de tensión. Influencia en el funcionamiento como inversor. Distintas conexiones trifásicas. Conexiones monofásicas.
Semana 4	Influencia del convertidor en la red de alimentación. Potencia reactiva, generación de armónicos de corriente, distorsión por conmutación. Atenuación de consumo de reactiva. Convertidor de 12 pulsos. Aplicaciones: Accionamiento de motores de C.C., fuentes de alimentación, cargadores de baterías, transmisión de corriente continua y alta tensión (HVDC).
Semana 5	Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia en convertidores conmutados por la red de energía eléctrica. Diodos y tiristores. Estructura del tiristor, funcionamiento, modelo de dos transistores, curvas características, caída de tensión en conducción. Encendido, característica de gate y de disparo de gate. Manejo de Gate. Apagado. Modelo térmico. Disipación térmica, dimensionado de disipadores.
Semana 6	Conversión DC-DC. Convertidores DC -DC básicos: Chopper reductor (buck), chopper elevador (boost), chopper elevador-reductor (buck-boost): funcionamiento, transferencia, dimensionado de componentes pasivos. Fundamentos y cálculo de filtros. Conducción discontinua. Otros circuitos básicos.
Semana 7	Convertidores DC/DC con aislación galvánica: Convertidores flyback y forward simples y tipo puente asimétrico. Convertidores tipo puente simétrico: push pull, medio puente, puente completo. Fuentes conmutadas. Funcionamiento de un rectificador directo desde AC sin aislación galvánica. Corrección de factor de potencia. Nociones de convertidores con conmutación a corriente cero y a tensión cero.

Semana 8	Funcionamiento de un rectificador directo desde AC sin aislación galvánica y con carga capacitiva. Corrección de factor de potencia. Cálculo de filtros, Condensador real , ESR. Nociones de convertidores con conmutación a corriente cero y a tensión cero. Convertidor DC- DC de cuatro cuadrantes.
Semana 9	Dispositivos semiconductores para conmutación de potencia en convertidores con conmutación forzada. Llaves apagables ideales y reales. Conmutación con carga inductiva limitada en tensión (Clamped inductive load). Formas de onda, disipación de potencia. Circuitos de ayuda a la conmutación, "dampers", "clamps" y "snubbers". Implementaciones de llaves apagables: GTO-IGCT, BJT, MOSFET, IGBT.
Semana 10	MOSFETs y MOSFETs de potencia, estructura, funcionamiento, conducción y bloqueo, componentes parásitos, Encendido y apagado, formas de onda. Circuitos de manejo de gate: circuitos con aislación galvánica y con desplazadores de nivel. Potencia disipada.
Semana 11	IGBT: estructura y funcionamiento, circuito equivalente, manejo de gate, aplicaciones Aplicaciones de MOSFETs de potencia a convertidores DC-DC. Dimensionado en tensión y corriente, cálculo de disipadores, dimensionado de circuitos de ayuda a la conmutación.
Semana 12	Convertidores DC -AC y AC - DC con conmutación forzada. Propósito de un inversor. Tipos de cargas en AC, resistivas, máquinas eléctricas, cargas no lineales. Modelo de carga inductiva con FEM sinusoidal. Aproximación a corriente sinusoidal. Inversor VSI (inversor desde fuente de tensión). Inversor VSI de dos estados no controlado, configuración push pull y medio puente. Formas de onda. Convertidores de dos estados y tres estados. Control de tensión de salida por desfasaje.
Semana 13	Contenido de armónicos, Control de tensión fundamental y eliminación de armónicos mediante modulación de ancho de pulso (PWM). PWM precalculado y PWM sinusoidal. Control de potencia activa y reactiva. Inversor trifásico con tres ramas medio puente no controlado. Diagramas de potencial.
Semana 14	Inversores para potencias altas. Inversores de 5 estados. Inversores NPC y multinivel modulares MMC. Eliminación de armónicos. Nociones de filtros de salida. Eliminación de armónicos por desfasaje de salidas de inversores. Conexión Fork. Aplicaciones de VSI. Convertidores VVVF para máquinas de corriente alterna.
Semana 15	Conversión directa AC – AC. Conversión matricial (matrix converters). Cicloconvertidores. Llaves electrónicas. Aplicaciones de convertidores serie con tiristores en antiparalelo: control de potencia activa con carga resistiva, arrancadores de motores de inducción, dimmer con carga inductiva para control de potencia reactiva. Compensación estática de potencia reactiva: convertidores SVC y STATCOM.

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Clases teórico prácticas de asistencia libre con los siguientes procedimientos de evaluación:

1.- Existirán dos pruebas parciales durante el semestre, en cada una de las cuales el estudiante podrá obtener un máximo de 50 puntos.

2.- De acuerdo a los resultados obtenidos en dichas pruebas, el estudiante deberá:

- Obtener un mínimo de 10 puntos (20%) en la primer prueba para pasar a la segunda, de lo contrario perderá el curso.
- Obtener un mínimo de 10 puntos (20%) en la segunda prueba, independientemente del resultado de la primera, de lo contrario perderá el curso.
- Obtener un mínimo de 30 puntos al sumar los resultados de las dos pruebas, de lo contrario perderá el curso.

Si obtiene entre 30 y 54 puntos deberá rendir Examen Total (Práctico más Oral).

Si obtiene 55 o más puntos sólo rendirá Examen Parcial (Oral).

Nota:

Cada parcial tiene un mínimo, que si no es alcanzado se pierde el curso pues entendemos que es muy difícil una comprensión razonable de la segunda parte del curso si no se tienen claras las ideas básicas de la primera parte, la que se evalúa en el primer parcial. La exigencia de un 20% en el primer parcial nos da una medida de ese aprovechamiento mínimo. Consideramos esenciales para el éxito del plan de estudios sistemas de evaluación que promuevan una actividad de aprendizaje distribuida en forma razonablemente uniforme a lo largo del desarrollo de las clases presenciales.

A4) CALIDAD DE LIBRE

Los estudiantes pueden acceder a la Calidad de Libre. En esa condición deberán rendir examen total (escrito y oral)

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Esta unidad curricular no presenta cupos.

ANEXO B para la carrera Ingeniería Eléctrica

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Convertidores electromagnéticos de energía

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso:

- Examen aprobado de:
 - Funciones de Variable Compleja
 - Ecuaciones Diferenciales
 - Teoría de Circuitos
- Curso aprobado de:
 - Señales y sistemas
 - Electrónica Fundamental

Alternativamente, podrán cursar quienes tengan aprobado el examen de Sistemas Lineales 1 y el examen de Electrónica 1 o Electrónica Fundamental

APROB. DEL CONSEJO DE FAC. ING.

Fecha: 27/02/2020

060180-00015502/060180-000396-01