



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES



Universidad
Nacional
de Córdoba

Asignatura: **Electrónica Industrial**

Código: 10-09712

RTF

10

Semestre: Noveno

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

24

Departamento: Electrónica

Correlativas:

- Sistemas de Control 1
- Electrónica Analógica 3

Contenido Sintético:

- Dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos de potencia.
- Rectificación no controlada y controlada.
- Circuitos y sistemas de disparo.
- Control de velocidad de motores de C.C. y C.A.
- Métodos de control.
- Aplicaciones: inversores, convertidores, fuentes conmutadas y sistemas de alimentación ininterrumpida.

Competencias Genéricas:

- CG2: Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.
- CG5: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Aprobado por HCD: 993-HCD-2023

RES: Fecha: 12/11/2023

Competencias Específicas:

CE1.1: Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión y/o procesamiento de campos y señales analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes, para brindar soluciones óptimas de acuerdo a las condiciones técnicas, legales, económicas, humanas y ambientales.

CE1.3.2: Conocer el funcionamiento, características, criterios de selección, modelos y utilización de los principales dispositivos electrónicos, activos y pasivos, a emplear en Ingeniería Electrónica.

CE1.6.1: Sintetizar, diseñar, simular, construir y analizar circuitos y sistemas de control en tiempo continuo y tiempo discreto, aplicables a cualquier área del alcance de la profesión.

CE1.6.4: Analizar, diseñar y construir sistemas electrónicos de potencia y mandos de máquinas eléctricas.

CE1.6.6: Conocer tecnologías empleadas en control y automatización.

Presentación

Electrónica Industrial es una actividad curricular que se dicta en el noveno semestre (quinto año) de la carrera Ingeniería Electrónica. A través del cursado de la asignatura el estudiante desarrollará competencias tales como analizar, diseñar y proyectar sistemas electrónicos de potencia en el rango de las frecuencias de uso industrial.

En amplios términos, la tarea de la Electrónica de Potencia es la de controlar el flujo de potencia, conformando las tensiones producidas por la usina generadora, a través de dispositivos semiconductores. Estos permiten construir convertidores electrónicos eficientes que mejoran las prestaciones estáticas y dinámicas de los procesos de conversión de energía eléctrica. Así, los procesos son más eficientes debido a la capacidad de conmutar grandes bloques de energía con mínimas pérdidas. Estos incrementos en las prestaciones y eficiencia se logran al combinar distintas áreas del conocimiento dentro de las aplicaciones de la electrónica de potencia.

En años recientes el campo de la Electrónica Industrial experimentó un gran crecimiento debido a la confluencia de varios factores. Por un lado, el avance revolucionario en la microelectrónica tanto en aplicaciones lineales como en el procesamiento digital de señales, con el consiguiente mejoramiento de los controles de los sistemas de potencia, y por otro lado el perfeccionamiento y desarrollo de nuevos dispositivos con capacidad de conmutar grandes cantidades de energía con alto rendimiento. En este sentido, en esta materia se desarrollan y se aplican conceptos dentro de las dos grandes líneas de trabajo existentes en la conversión de la energía: conversión de energía de alterna a continua (Rectificación) y conversión de energía de continua a alterna (inversión). Es de destacar que el segmento más difundido de la electrónica está en los sistemas electrónicos de alimentación de equipos (fuentes de alimentación conmutadas y conversores DC/DC), ya sean de aplicación doméstica, industrial, médica, aeroespacial, etc. El estudio de estos convertidores se extiende hacia algunas aplicaciones particulares como lo son los controles de velocidad de motores de Continua y de Alterna. También, en una aplicación particular como son las fuentes de alimentación ininterrumpida o UPS. Durante el semestre, se trabaja muy intensamente el análisis y diseño de sistemas de energía y la selección de las distintas tecnologías para los mismos.

La materia es la última del trayecto de control industrial, por lo que los estudiantes llegan a la misma habiendo desarrollado ya competencias en esta área. Aquí se integran habilidades y saberes para abordar el estudio de componentes, circuitos y sistemas de electrónica de potencia aplicables al control industrial y automatización de procesos. En la asignatura se terminan de desarrollar las competencias que permitirán al futuro graduado desempeñarse adecuadamente en el área de electrónica industrial.

Contenidos

1. DISPOSITIVOS, CIRCUITOS Y SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA.

Introducción. Clasificación de los Sistemas de Potencia. Campos de Aplicación. Diferentes visiones de la Electrónica de Potencia. Componentes de base en la Electrónica de Potencia. Sistemas trifásicos de potencia. Introducción. Sistemas polifásicos. Conexiones trifásicas. Potencia en sistemas trifásicos.

Características de los semiconductores de potencia:

Diodos, tiristores y triacs. Ratings y características, manejo de hojas de datos. Diodos rectificadores de potencia rápidos, ultrarápidos y diodos Schottky. Tiristores lentos y rápidos de alta potencia, montajes, cálculos. Transistores de potencia. Características y prestaciones. Transistores bipolares, IGBT y MOSFET. Manejo de las hojas de datos. Ratings y características. Áreas de operación segura. El transistor de potencia en conmutación. Importancia del mando de base o compuerta. Distintas configuraciones, montajes, cálculos. Conmutación de cargas inductivas. El diodo volante. Redes de ayuda a la conmutación y limitadoras de sobretensiones.

2. RECTIFICACIÓN NO CONTROLADA Y CONTROLADA.

- RECTIFICACIÓN NO CONTROLADA

Introducción. Rectificación no controlada. Montajes monofásicos y trifásicos. Distintas cargas. Métodos de cálculo. Formas de ondas típicas. Estudio de las tensiones y las corrientes. Caídas de tensión en conmutación. Rectificación controlada monofásica, trifásica y exafásica. FUP Y FUS. Parámetros de rendimiento. Transformadores para rectificadores. Relaciones básicas de un transformador monofásico y trifásico. Cálculo de Transformadores para rectificadores. Cálculo del factor de potencia en primario para los distintos tipos de rectificadores.

Conexión de varios rectificadores. Conexión Serie. Consideraciones generales. Ejemplos. Conexión en paralelo. Consideraciones generales.

- RECTIFICACIÓN CONTROLADA

Rectificadores tipo P o de media onda con tiristores. Rectificador P3 controlado. Estudio de tensión y corriente. Conmutaciones. Caída de tensión en funcionamiento normal. Alimentación de una carga R,L. Alimentación de una carga R,L,E. Efectos de añadir un diodo volante. Rectificadores tipo P.D.y P.D. mixtos. Caída de tensión en funcionamiento normal. Rectificadores tipo S y S mixtos. Característica de compuerta. Método de Puchlowsky. Métodos de apagado de tiristores.

3. CIRCUITOS Y SISTEMAS DE DISPARO.

Transistor Unijuntura. Curvas características. Oscilador de relajación. Circuitos típicos de disparo rampa, lineal, pedestal y cosinusoidal. Ecuaciones y curva de transferencia. Circuitos integrados específicos. Aplicaciones. Diac. Circuito típico.

4. CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE CC Y CA.

Introducción. Características básicas del motor DC. Modos de funcionamiento. Funcionamiento en los cuatro cuadrantes. Ecuaciones básicas del motor de C.C. Comportamiento dinámico y en régimen estacionario. Marcha a par constante y a potencia constante. Arranque. Frenados regenerativo y dinámico. Control con transistores. Configuración en puente y técnicas de modulación. Control con tiristores. Configuración reversible en puente y en cruz con y sin corriente circulante. Accionamientos monofásicos. Accionamientos trifásicos. Análisis, montajes y cálculos. Circuito chopper.

Características básicas del motor CA. Modos de funcionamiento. Ecuaciones básicas. Curva velocidad-cupla. Arranque: Circuitos de potencia y comando. Arrancadores suaves. Especificaciones y programación. Variadores de velocidad. Teoría de funcionamiento. Especificaciones y programación.

5. MÉTODOS DE CONTROL

Control de motores de inducción. Control por variación del deslizamiento y de la velocidad síncrona. Control escalar. Principios del control vectorial. Distintas configuraciones. Control de motores síncronos. Modulación PWM y 6 pasos.

6. CONTROL DE SISTEMAS DE ENERGÍA.

Inversores. Conversores CC/CC, Diversas topologías de uso industrial. Fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS). Fuentes conmutadas. Cargadores de batería. Cálculos. Diseño y cálculo. Acondicionamiento del factor de potencia.

Metodología

Las clases impartidas son teóricas-prácticas. El objetivo es que el alumno descubra qué necesita aprender para resolver un determinado problema que se propone desde el control de los sistemas. Para ello deberán comprender e integrar los contenidos que efectivamente plantea el problema. El docente no les explica cómo resolverlo, sino que los acompaña mientras ellos descubren qué conocimientos necesitan para aprenderlo. De esta forma, por una parte el alumno descubre que los problemas son reales, que son situaciones de los sistemas de control cotidianos que requieren conocimientos concretos, mientras que se fomenta el trabajo en equipo, ya que el escuchar las propuestas del otro constituye un elemento fundamental con este método de aprendizaje.

Se desarrollan prácticas de laboratorio de implementación a nivel de prototipo, que les permiten a cada estudiante poner en práctica los conceptos y verificar los criterios desarrollados en clase mediante la realización de actividades de diseño y proyecto.

El empleo de programas de computación y herramientas de cálculo (disponibles en la red) ayuda al alumno a resolver problemas y obtener soluciones de planteos matemáticos. Los alumnos tienen disponible el material de estudio, clases grabadas, las consignas de los trabajos de laboratorio, foros para realizar comentarios y consultas a docentes y compañeros, y ejercicios de autoaprendizaje en el aula virtual de la asignatura, dentro del Campus Virtual de la FCEFyN

Evaluación

Se desarrollan diferentes actividades teóricas y prácticas para evaluar el desarrollo de las competencias correspondientes a la materia. Estas actividades deberán ser aprobadas por los estudiantes, contando con instancias de recuperación en caso de no lograrlo. Estas evaluaciones son principalmente sumativas, pero también conllevan un carácter formativo, puesto que luego de las evaluaciones se brinda a los estudiantes las respuestas y soluciones correctas, a la vez que se explican los corolarios y conclusiones de algunos temas.

A su vez, se realiza un Trabajo Final de Integración (TFI), en el cual los estudiantes que cuenten con la asistencia y hayan aprobado todas las instancias evaluativas son evaluados mediante el desarrollo de una monografía integral, basada sobre el estudio de un convertidor de potencia. Aquí los estudiantes deben aplicar todas las habilidades

desarrolladas en la asignatura, incluyendo simulaciones en alguna herramienta de libre acceso. Una vez finalizado el trabajo, deben enviar una copia en formato digital y/o papel y/o exponerlo oralmente, más un video explicativo del proyecto. Se permite la integración de un equipo de dos alumnos como máximo para realizar el trabajo.

En el caso de los exámenes finales, se toma individualmente en las fechas establecidas a cada alumno que se presenta. Comprende la prueba de integración de conocimientos y en caso de aprobar ésta, una evaluación sobre resolución de problemas de aplicación.

Se utilizan distintas rúbricas para evaluar las distintas competencias que se desarrollan en la asignatura. A continuación se muestra un ejemplo:

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Mínimo	Valoración
CG1, CG4 CE1.1	Conoce los diferentes componentes de potencia en aplicaciones de convertidores.[1] .	2	
CG1, CG4 CE1.3.7	Comprende los rangos de aplicación de cada uno de los dispositivos electrónicos.[2]	2	
CG1, CG4 CE1.3.7	Analiza las diferentes configuraciones de convertidores de potencia.	2	
CG1, CG4 CE1.6.2	Conoce los dispositivos de disparo controlado, y los dispositivos auxiliares de disparo de los mismos.	2	
CG1, CG4 CE1.6.1	Evalúa las condiciones de diseño y funcionamiento de diferentes aplicaciones de la electrónica de potencia.	2	
CG1, CG4	Conoce los sistemas de electrónica de potencia aplicados a la gestión de energía	2	

CE1.3.1			
CG1, CG4 CE1.6.1	Define sus partes componentes, configuración y parámetros eléctricos característicos.[3]	2	
CG1, CG4 CE1.6.1	Utiliza herramientas computacionales que le permitan solucionar los problemas planteados, con una orientación hacia la simulación de los modelos obtenidos, con el fin de visualizar y comprender los resultados.	2	
CG1, CG4 CE1.6.1	Aplica los conceptos de selección de arrancadores suaves y variadores de velocidad.	2	
CG2, CG5	Define adecuadamente los aspectos más importantes de un proyecto de ingeniería.	2	

El rango de valoración de la rúbrica es de 1 a 3 y se corresponde a:

1. Insuficiente: No se evidencia el nivel de desarrollo de las competencias esperado a través de los resultado de aprendizaje
2. Suficiente: En la mayoría de las situaciones se evidencia el nivel de desarrollo deseado.
3. Alto: Se evidencia un claro desarrollo de las competencias esperado a través de los resultados de aprendizaje.

Condiciones de aprobación

A- Condiciones para la promoción de la materia

- 1.- Tener aprobadas las materias correlativas.
- 2.- Asistir al 80% de las clases teóricas, prácticas y de laboratorio.
- 3.- Evaluaciones parciales:

Teórico: realiza un seguimiento de cada alumno con trabajos semanales que deben presentar durante un tiempo prefijado y bajo un formato de documento preestablecido. Los

mismos son evaluados y calificados. Se realiza una devolución por alumno y es general para todos. Se los llama TPT (Trabajo Práctico Teórico). Son un total de 10 TPT. Se califican en escala de 0 a 10.

Práctico: se toman dos trabajos de diseño de convertidores AC-DC y DC-DC para evaluar los conocimientos conceptuales y aplicativos adquiridos por los alumnos, las que se califican en escala de 0 a 10. Cada nota se la denominará TPP (Trabajo Práctico de Práctico)

Laboratorio: se realizan trabajos de laboratorio denominados TPL (Trabajo Práctico de Laboratorio), de asistencia obligatoria. Su evaluación se realiza de manera continua, para lo cual se consideran los siguientes criterios:

- Diseño realizado.
- Destreza e interés en la realización práctica.
- Informe elaborado referente a los resultados experimentales obtenidos. Deberá ser presentado al final de la sesión de laboratorio donde se finalice la práctica correspondiente.

Recuperación de TPP: cada alumno puede recuperar una de los dos trabajos dados, en caso de haber sido reprobado. Ello se realiza en fecha fijada al finalizar el dictado cuatrimestral. A su vez si alguno de los TPT no se aprobó, se debe volver a realizar.

4.- Trabajo Final de Integración (TFI): los alumnos que hayan aprobado los TPT, TPP y TPL, podrán desarrollar un TFI. Consiste en el desarrollo, cálculo y simulación de un convertidor de potencia aplicando todo el contenido de la materia y evaluando el conocimiento conceptual y aplicativo del alumno. Su aprobación dentro del período lectivo de la materia implica la promoción del alumno. Consiste en la realización de un video de 5 minutos con la idea, objetivos y finalidad del proyecto para poder ser vendido. Presentación en formato digital y presentación en forma personal. La nota deberá ser superior a 7 (siete).

B- Condiciones para la regularización de la materia

Se debe tener los puntos 1, 2. Aprobar al menos un parcial de TPP o TPT.

C- Examen final

Se toma individualmente en las fechas establecidas a cada alumno regular y libre que se presenta. Comprende la prueba de integración de conocimientos y en caso de aprobar ésta, una prueba de resolución de problemas de aplicación.

D- Nota Final

Para la nota final se promedian las notas de los TPT, TPP, el Proyecto Final de Integrador y la Rúbrica. Es decir que quedará compuesta por la siguiente polinómica:

Nota = $1/5$ (Nota TPT) + $1/5$ (Nota TPP) + $1/5$ (Nota TPL) + $1/5$ (Nota Proyecto Final de Integrador) + $1/5$ (Rúbrica)

Actividades prácticas y de laboratorio

Se proponen tres actividades prácticas y ocho laboratorios

Actividades Prácticas

1.- Rectificación Polifásica

Resolución de Problemas y realización de Actividades de Proyecto y Diseño, sobre distintas configuraciones rectificadoras, que involucran: Análisis de funcionamiento, Diseño del transformador. Cálculo de ripple y rendimiento. Selección de diodos rectificadores. Cálculo de disipadores. Coordinación de protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. Ecuilibración de diodos en conexiones serie y paralelo. Análisis de costos y Simulación con Pspice.

2.- Rectificación Controlada

Resolución de Problemas y realización de Actividades de Proyecto y Diseño aplicados al control de fase en la regulación y control de corriente en cargadores de baterías y velocidad en motores de continua realizando:

Análisis de funcionamiento. Selección de SCRs y diseño de disipador asociado. Diseño del circuito de disparo con y sin acoplamiento galvánico. Simulación de funcionamiento con Pspice y Análisis de costos.

3.- Control de motores de corriente continua y cargadores de batería.

Realización de un diseño completo de un convertidor de acuerdo a especificaciones técnicas particulares.

Actividades de Laboratorio

1.- Rectificación Polifásica: determinación del tiempo de respuesta inversa en diferentes diodos de potencia.

2.- Rectificación Controlada: Rectificador de Onda Completa Semicontrolado.

3.- Mosfet: circuito de encendido del transistor MOSFET

4.- Control de motores de corriente continua: Medio Puente H

5.- Análisis y simulación de Convertidor Buck

6.- Análisis y simulación de Convertidor Boost

7. Control de Motor Brushless: teoría y funcionamiento.

8.- Control de motores de corriente alterna: programación de un variador de velocidad.

Calificación: para que cada actividad esté completa, deben resolverse correctamente los ítems propuestos. Si alguno de los ítems está incompleto, la actividad no será considerada como realizada.

Trabajo Final de Integración (TFI)

Se propone la resolución de un convertor de aplicación industrial. El enunciado se presenta en las últimas clases del cursado, y se va desarrollando en simultáneo con los temas de la materia. Como resultado, los estudiantes desarrollan una propuesta a nivel prototipo y escriben un Informe técnico pudiendo hacerlo de a dos estudiantes, que lo entregan a la Cátedra en tiempo prefijado. En el Informe, deben estar bien determinados los siguientes ítems.

I - Definición del problema a resolver

II - Objetivos del proyecto

III - Metodología

IV - Resultados del Proyecto

Evaluación TFI

Se evalúa mediante una rúbrica especialmente dedicada al TFI. Para éste caso, se propone establecer un determinado problema práctico a nivel industrial y a partir de éste problema se analizan los aspectos necesarios que los resuelve.

Título del TFI: _____					
					Pun- taje
Categorías	2,5	2	1,5	0,5	

I - Definición del problema	El problema está bien identificado, atiende una necesidad primaria bien conocida, tiene alto impacto social, novedoso, difícil de resolver.	El problema está bien identificado, atiende una necesidad primaria emergente, tiene alto impacto social, novedoso, difícil de resolver.	El problema está bien identificado, atiende una necesidad secundaria bien conocida, tiene potencial impacto social, novedoso, no tan difícil de resolver.	El problema está bien identificado, atiende una necesidad secundaria emergente, posible impacto social en el futuro o en alguna región, simple de resolver.	
II - Objetivos	Objetivos claros, alcanzables en el tiempo de cursado pertinentes a la resolución del problema planteado	Objetivos claros, difícilmente alcanzables en el tiempo en que se dicta la Asignatura, pertinentes a la resolución del problema planteado	Objetivos poco claros, alcanzables en el tiempo en que se dicta la Asignatura, poco pertinentes a la resolución del problema planteado	Objetivos poco claros, difícilmente alcanzables en el tiempo en que se dicta la Asignatura, poco pertinentes a la resolución del problema planteado	

<p>III - Metodología</p>	<p>Adecuada para lograr los objetivos y así la solución del problema planteado, cronológicamente ajustada con el dictado de los temas del cursado, incorpora temáticas de Asignaturas previas y simultáneas</p>	<p>Adecuada para lograr los objetivos, pero difícil que resuelva el problema planteado, cronológicamente ajustada con el dictado de los temas de la Asignatura</p>	<p>Poco adecuada para lograr los objetivos pero difícil que resuelva el problema planteado, cronológicamente ajustada con el dictado de los temas de la Asignatura</p>	<p>Poco adecuada para lograr los objetivos pero difícil que resuelva el problema planteado, no se ajusta al dictado de los temas de la Asignatura</p>	
<p>IV - Resultados esperados</p>	<p>Resultados claramente asociados a la resolución del problema propuesto, establecer conexiones con Proyectos en que se está contribuyendo de Asignaturas previas, posteriores y con actividades simultáneas de la formación, lograr ampliamente las competencias planteadas por la Asignatura.</p>	<p>Resultados parcialmente asociados a la resolución del problema propuesto, establecer conexiones con algún Proyecto en ejecución relacionado para lograr los aprendizajes planteados en la Asignatura.</p>	<p>Resultados parcialmente asociados a la resolución del problema propuesto, establecer conexiones con algún Proyecto de Cátedras previas, posteriores y con Cátedras simultáneas de la currícula, lograr parcialmente los aprendizajes planteados en la Asignatura.</p>	<p>Resultados disociados de la resolución del problema propuesto, establecer conexiones con algún Proyecto de Cátedras previas, posteriores y con Cátedras simultáneas de la currícula, lograr parcialmente los aprendizajes planteados en la Asignatura.</p>	

Suma de puntos:	_____ de 10.
------------------------	------------------------

Luego de la asignación y suma de los puntos obtenidos, se obtiene la calificación del Trabajo Final de Integración. Nótese que el máximo obtenible es de 10 puntos.

Resultados de aprendizaje

RA1- Conoce los diferentes componentes de potencia en aplicaciones de convertidores.

RA2- Comprende los rangos de aplicación de cada uno de los dispositivos electrónicos.

RA3- Analiza las diferentes configuraciones de convertidores de potencia.

RA4- Conoce los dispositivos de disparo controlado, y los dispositivos auxiliares de disparo de los mismos.

RA5- Evalúa las condiciones de diseño y funcionamiento de diferentes aplicaciones de la electrónica de potencia.

RA6- Conoce los sistemas de electrónica de potencia aplicados a la gestión de energía

RA7- Define sus partes componentes, configuración y parámetros eléctricos característicos.

RA8- Utiliza herramientas computacionales que le permitan solucionar los problemas planteados, con una orientación hacia la simulación de los modelos obtenidos, con el fin de visualizar y comprender los resultados.

RA9- Aplica los conceptos de selección de arrancadores suaves y variadores de velocidad.

RA10- Define adecuadamente los aspectos más importantes de un proyecto de ingeniería.

Estos Resultados de Aprendizajes (RA) se utilizan para evaluar el desarrollo de las Competencias Genéricas (CG) y Competencias Específicas (CE), de acuerdo a la siguiente tabla de correspondencia:

Competencia	Resultado de Aprendizaje
CG2	RA10

CG4	RA8, RA9
CG5	RA6, RA10
CE1.3.2	RA1, RA2, RA4
CE1.6.1	RA1, RA2, RA3, RA4, RA6, RA8
CE1.6.4	RA3, RA5, RA6, RA7, RA9
CE1.6.6	RA1, RA2, RA4, RA6

Bibliografía

Boylestad, Robert; Nashelsky, Louis (2009) Electrónica, teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. 10ma ed, Pearson.

Erickson, R; Maksimovic, D. (2001) Fundamentals of Power Electronics. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers.

Lilen, Henri (1988) Tiristores y Triacs: principios y aplicaciones. [1a.] ed. reimpressa. Marcombo. ISBN: 8426702813.

Maloney, Timothy (2006) Electrónica Industrial Moderna. 5ta ed, PEARSON Prentice Hall.

Mohan, Ned; Undeland, Tore; Robbins, William (2002) Power Electronics: Converters, Applications and Design, 3rd edition. Wiley & Sons.

Rashid, M.(1993) Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Ed Prentice Hall. 2 edición. ISBN: 968-880-586-6.

Rashid, M; Rashid (2006) H. SPICE for Power Electronics and Electric Power. Second Edition. CRC Press.