

Plan 290 Ing. Automática y Electrónica Ind.

Asignatura 44148 ELECTRONICA INDUSTRIAL II

Grupo 1

Presentación

La asignatura aborda el Estudio, Control y Diseño de las Aplicaciones Industriales de los Convertidores Electrónicos de Potencia (POWER CONDITIONERS). La Asignatura se divide en las siguientes Partes: Modelado e Identificación de Sistemas ; Control Digital y Teoría de Campo Orientado; Aplicaciones Industriales de Sistemas Electrónicos de Potencia; Generación de Energías Renovables (Fotovoltaica y Eólica); Realización de Prácticas de Laboratorio utilizando el Paquete de Simulación PECADS.

Programa Básico

PARTE A2: ESTUDIO TEÓRICO

- Tema 1: Introducción.
- Tema 2: Modelado de Sistemas Electrónicos de Potencia.
- Tema 3: Control Digital de Sistemas Electrónicos de Potencia.
- Tema 4: Teoría de Campo Orientado.
- Tema 5: Aplicaciones Industriales de Convertidores Electrónicos de Potencia I.
- Tema 6: Aplicaciones Industriales de Convertidores Electrónicos de Potencia II.
- Tema 7: Aplicaciones Industriales De Convertidores Electrónicos De Potencia III.
- Tema 8: Generación de Energías Renovables: Fotovoltaica y Eólica.
- Tema 9: Sistemas de Micro-Almacenamiento y Micro-Distribución.

PARTE B2: PROBLEMAS Y DISEÑO DE EQUIPOS

- Tema 1: Semiconductores de Potencia (II).
- Tema 2: Diseño del Puente Inversor en Convertidores CC/CA.
- Tema 3: Ejercicio Práctico.
- Tema 4: Circuitos de Protección y Disparo.
- Tema 5: Dimensionado de un Convertidor CC/CA.
- Tema 6: Diversos Ejemplos de Cálculo.
- Tema 7: Elementos de Medida.
- Tema 8: Características Técnicas de IGBT'S e IPM'S.

Objetivos

Los alumnos que cursen esta asignatura deberán tener los siguientes conocimientos previos:

- Conceptos físicos sobre electricidad y magnetismo.
- Conocimiento de fenómenos transitorios en circuitos eléctricos.
- Conocimiento sobre el funcionamiento de máquinas eléctricas.
- Conocimiento sobre sistemas de control y su aplicación en tiempo real.
- Conocimiento sobre la funcionalidad y el diseño de circuitos magnéticos.

Programa de Teoría

PARTE A2: ESTUDIO TEÓRICO (Texto de Referencia)

TEMA 1: INTRODUCCIÓN.

- 1.1 Sistemas Electrónicos de Potencia. Generalidades.
- 1.2 Convertidores Electrónicos de Potencia (Power Conditioners).
- 1.3 Control Digital de Convertidores Electrónicos.
- 1.4 Aplicaciones Industriales (Líneas de Investigación del DTE).
- 1.5 Teoría de Campo Orientado.
- 1.6 Aplicaciones Industriales De Convertidores Electrónicos De Potencia: I; II; III.
- 1.7 Generación De Energías Renovables I. Fotovoltaica.
- 1.8 Generación De Energías Renovables II. Eólica.

1.9 Conclusiones.

TEMA 2: MODELADO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA.

2.1. Introducción.

2.2. Función de Tránsferencia de Sistemas Electrónicos de Potencia.

2.3. Linealización de la Función de Tránsferencia de Sistemas Electrónicos de Potencia:

2.3.1 Convertidores CA/CC.

- Retardo Estadístico.
- FT de Convertidores CA/CC y Motor de CC Controlado por el Inducido.
- FT en Conducción Continua y Discontinua.

2.3.2 Convertidores CC/CC.

- Estudio Resumido del Booster. Descripción en el espacio de estados.
- Promediación de las Funciones de Tránsferencia.
- Linealización por el Método de la Pequeña Señal.
- Funciones de Tránsferencia Salida-Entrada.
- Funciones de Tránsferencia Salida-Control.

2.4. Convertidores CC/CA y CA/CA.

2.5. Identificación de la FT. Tipos de Identificación.

2.5.1 Método directo de Identificación: Sistemas sin Retardo, Sistemas con Retardo Puro.

2.5.2 Identificación RLS.

2.6 Ejemplos:

2.6.1 Booster en conducción continua:

- Identificación.
- $G(z)$ y $G(s)$ \rightarrow transformación $G(z)$ a $G(s)$.
- Diagramas de Bode de $G(z)$ \rightarrow Transformación Bilineal.
- Comparación de Diagramas $G(s)$: Espacio de Estados; Identificado $G(s)$; Identificado $G(z)$.

2.6.2 Booster en conducción Discontinua:

- Identificación.
- Comparación de Diagramas $G(s)$: Espacio de Estados; Identificado $G(s)$.

2.6.3 Convertidor CA/CC con Motor de CC:

- Identificación del Bucle de Corriente.
- Conclusiones.

TEMA 3: CONTROL DIGITAL DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA.

3.1 Introducción.

3.2 Optimización cuantitativa:

3.2.1 Óptimo cuantitativo.

3.2.2 Óptimo Simétrico.

3.2.3 Equivalencia de óptimo simétrico y cuantitativo.

3.2.4 Polinomios normalizados de Kessler.

3.2.5 Reglas de Transformación:

- Aumento del Tipo del Sistema.
- Término de 2º Grado.
- Acción Integral de una Gran Constante de Tiempo.
- Producto de Pequeñas Constantes de Tiempo.

3.3 Control de Sistemas Electrónicos de potencia mediante la teoría del Óptimo Cuantitativo:

3.3.1 Regulación de Bucles Convergentes.

3.3.2 Regulación con Bucles múltiples en Cascada.

3.3.3 Regulación en Paralelo.

TEMA 4: TEORIA DE CAMPO ORIENTADO.

4.1. Introducción.

4.2. Vectores espaciales de campo orientado:

4.2.1 Diagrama Vectorial para Sistemas Trifásicos.

4.2.2 Formulación en Ejes Fijos.

4.2.3 Formulación en Ejes Giratorios "d" y "q".

4.2.4 Diagramas de Bloques de Transformación Directa e Inversa.

4.3. Estudio y Simulación de Regímenes Transitorios en Circuitos Eléctricos.

TEMA 5: APLICACIONES INDUSTRIALES DE CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA I.

5.1. Introducción.

5.2. Accionamientos con MOTOR DE CC: Funcionamiento a Par Constante; Funcionamiento a Potencia Constante.

5.3. Función de Tránsferencia de Convertidores CA/CC. Análisis de los Bucles de Regulación de Corriente:

5.3.1 Regulación con un sólo Bucle de Corriente:

- Conducción Continua.
- Conducción Discontinua.

5.3.2 Regulación con dos Bucles de Corriente:

- Conducción Continua.
- Conducción Discontinua.
- Análisis comparativo y resumen de ambos métodos de control.

5.4 Análisis del Bucle Externo de Velocidad:

- 5.4.1 Ajuste del Bucle Externo de Velocidad.
- 5.4.2 Funcionamiento en 4 Cuadrantes.

TEMA 6: APLICACIONES INDUSTRIALES DE CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA II.

6.1. Función de Tránsito de Convertidores CC/CA.

6.2. Control de motores de C.A.:

- 6.2.1 Modelo en T del Motor de C.A..
- 6.2.2 Modelo en TI del Motor de C.A..
- 6.2.3 Modelo en Fuente de Tensión.
- 6.2.4 Modelo en Fuente de Corriente.
- 6.2.5 Curvas Par-Velocidad en Motor de C.A..

6.3. Estudio de Observadores de Estado.

6.4. Análisis de los Bucles de Regulación.

6.5. Control en Modo de Deslizamiento y Campo Orientado del Motor de C.A. Trifásico:

- 6.5.1 Objetivos.
- 6.5.2 Modelos en Fuente de Tensión y en Fuente de Corriente.
- 6.5.3 Ajuste de Bucles de Control:
 - Estudio del Bucle de Control Directo de Flujo.
 - Estudio del Bucle de Control Directo de Par.
- 6.5.4 Estudio del Bucle de Control de Velocidad.

6.6. Estudio de Diagramas Vectoriales Transitorios del Motor de C.A.:

- 6.6.1 Evolución de Magnitudes I_s Ueq Vs.
- 6.6.2 Diagramas rotacionales.

6.7. Funcionamiento en 4 Cuadrantes:

- 6.7.1 Estudio de las Curvas Par-Velocidad.
- 6.7.2 Evolución Dinámica.
- 6.7.3 Margen de Regulación Total:
 - Funcionamiento a Par Constante.
 - Funcionamiento a Potencia Constante.

TEMA 7: APLICACIONES INDUSTRIALES DE CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA III.

7.1. Control de UPS (SAI) activo:

- 7.1.1 Modelo en Fuente de Tensión.
- 7.1.2 Modelo en Fuente de Corriente.

7.2. Estudio de Observadores de Estado.

7.3. Medida Instantánea de Potencias Activa y Reactiva.

7.4. Análisis de los Bucles de Regulación.

7.5. Estudio del Modelo de Control sin Compensación de Señales en el Eje "d".

7.6. Estudio del Modelo de Control con Compensación de Señales en el Eje "d".

7.7. Sistemas de Laminación de Puntas y Almacenamiento de Energía.

7.8. Regulación Instantánea de Energía Reactiva.

7.9. Filtros activos de Red. Eliminación de Armónicos de Tensión y de Corriente.

TEMA 8: GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES: FOTOVOLTAICA y EÓLICA.

8.1. Panorama General de utilización de los POWER CONDITIONERS (UPS) con Cargas: Pasiva y Activa en Montajes: Fuente de Corriente y Fuente de Tensión (FILTRO ACTIVO DE RED).

8.2. EQUIPO POLIVALENTE ELECTRÓNICO SOLAR:

- 8.2.1 Células Solares y Paneles Fotovoltaicos.
- 8.2.2 Estructura Genérica de un Sistema Fotovoltaico
- 8.2.3 Riego Solar.
- 8.2.4 Casa Solar Conectada a Red.

8.3 GENERADOR EÓLICO

- 8.3.1 Características mecánicas de las Turbinas Eólicas.
- 8.3.2 Curvas Par-Potencia/velocidad.
- 8.3.3 TSR (Tip Speed Ratio).
- 8.3.4 Control Electrónico con Velocidad Variable.
- 8.3.5 Tipos de Convertidores Electrónicos.

8.4 GENERADOR EÓLICO CONECTADO A RED

- 8.4.1 Curvas Características
- 8.4.2 Funcionamiento a ParCte. y a PotenciaCte.
- 8.4.3 Diagramas de Control.
- 8.4.4 Funcionalidad a Pmax. Cte. en condiciones de Sobrevelocidad.

8.5 Sistemas Eólicos Fotovoltaicos Híbridos

TEMA 9: SISTEMAS DE MICRO-ALMACENAMIENTO Y MICRO-DISTRIBUCIÓN.

9.1. Introducción

9.2. Interconexión flexible de sistemas de: generación, almacenamiento y distribución en la red

9.3 Sistemas Electrónicos de Interconexión Flexible "FACTS"

9.4 FACTS: Estudio Individualizado de las Soluciones Tecnológicas actuales.

9.4.1 STATCOM (Static Compensator)

9.4.2 DVR (Dinamic Voltage Restorer)

9.4.3 UPFC (unified power flow controller)

PARTE B2: PROBLEMAS Y DISEÑO DE EQUIPOS (Texto de Referencia)

TEMA 1: SEMICONDUCTORES DE POTENCIA (II).

1.1. Transistores MOS de Potencia: Estructura. Características estáticas. Características dinámicas. El Transistor MOS como Polo de Potencia.

1.2. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT):

1.2.1 Diagrama Funcional de un IGBT.

1.2.2 Comparación de: IGBT, Transistor Bipolar, MOS-FET.

1.2.3 Características de Conmutación:

- Conmutación Resistiva.

- Conmutación Inductiva.

1.2.4 Condiciones de funcionamiento límites:

- SOA (Security Operating Area).

- Protección en Cortocircuito.

TEMA 2: DISEÑO DEL PUENTE INVERSOR EN CONVERTIDORES CC/CA.

2.1 Introducción:

2.1.1 Estructura del Puente Inversor.

2.1.2 Aplicaciones.

2.2 Diseño del Circuito Eléctrico.

2.2.1 Efectos de la Conmutación.

2.2.2 Reducción de Inductancias Parásitas.

2.2.3 Eliminación de Parásitos sobre los Circuitos de Control y de Disparo.

2.3 Diseño de Circuitos Snubber.

2.3.1 Utilización.

2.3.2 Tipos de Snubber.

2.3.3 Funcionamiento en Diversos Montajes.

2.3.4 Efectos de L_s y L_p .

2.4 Diseño Térmico.

2.4.1 Objetivos.

2.4.2 Pérdidas de Conducción.

- IGBT.

- Diodo.

2.4.3 Pérdidas de Conmutación.

- IGBT.

- Diodo.

2.4.4 Estimación de la Temperatura de la Unión.

TEMA 3: EJERCICIO PRÁCTICO.

3.1 Selección del IGBT.

3.1.1 Tensión.

3.1.2 Corriente.

3.1.3 Temperatura.

3.2 Cálculo de Pérdidas.

3.2.1 Pérdidas de Conducción.

3.2.2 Pérdidas de Conmutación.

3.2.3 Temperaturas.

TEMA 4: CIRCUITOS DE PROTECCIÓN Y DISPARO.

4.1 Circuitos de Disparo.

4.2 Fuentes Conmutadas:

4.2.1 Forward (Buck).

4.2.2 Semipuente.

4.2.3 Flyback (Buck-Boost).

4.3 Protecciones del IGBT.

4.3.1 Generalidades.

4.3.2 Protecciones contra dv/dt .

- 4.3.3 Protecciones contra Cortocircuitos.
- 4.3.4 Protecciones Globales.
- 4.4 Módulos Integrados de IGBT's (IPM).
 - 4.4.1 Introduccción.
 - 4.4.2 Autoprotección de los IPM.
 - 4.4.3 Ventajas de los IPM.

TEMA 5: DIMENSIONADO DE UN CONVERTIDOR CC/CA.

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Convertidores con Conexión Directa a Red.
 - 5.2.1 Parámetros de Partida.
 - 5.2.2 Modalidades de Conexión a Red.
- 5.3 Dimensionado de Elementos Pasivos.
 - 5.3.1 Transformador.
 - 5.3.2 Filtro de Condensadores de CA.
 - 5.3.3 Estimación de las Inductancias del Filtro.
 - 5.3.4 Condensadores Electrolíticos de CC.
 - 5.3.5 Circuitos Snubber.
 - 5.3.6 Valores Nominales Máximos y Mínimos.
- 5.4 Dimensionado del Puente.
 - 5.4.1 Selección de los IGBT's.
 - 5.4.2 Estimación de Pérdidas y de Temperaturas.
- 5.5 Detalles constructivos.
 - 5.5.1 Ejemplos para distintas Potencias.
 - 5.5.2 Cálculo y Construcción de Inductancias.
- 5.6 Ejemplos de Dimensionado de Puentes para diversas Potencias.

TEMA 6: DIVERSOS EJEMPLOS DE CÁLCULO.

- 6.1 Problema 6.1: Sistema Fotovoltaico Aislado de 3,3 kVA.
- 6.2 Problema 6.2: Convertidor para Alimentación de un Motor de CA Trifásico de 5CV.
- 6.3 Cargador Solar de Baterías.

TEMA 7: ELEMENTOS DE MEDIDA.

- 7.1 Introducción.
- 7.2 Medida de Corrientes.
- 7.3 Medida de Tensiones.
- 7.4 Trasmisión y Filtrado.
- 7.5 Conversión A/D.

TEMA 8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE IGBT's E IPM's.

- 8.1 MG8Q6ES42.
- 8.2 MG50Q2YS40.
- 8.3 MG50Q6ES40.
- 8.4 MG100J6ES50.
- 8.5 MG400Q1US41.

Programa Práctico

PARTE C2: PRÁCTICAS DE LABORATORIO (Manual de Referencia)

- 1ª: IDENTIFICACION DE CONVERTIDORES CC/CC \rightarrow BOOSTER \rightarrow TENSIÓN DE SALIDA (11-N).
- 2ª: ANALISIS DEL CONVERTIDOR CA/CC CARGA L-R \rightarrow 1 O 2 BUCLES DE CORRIENTE (13-N).
- 3ª: ANALISIS DEL CONVERTIDOR CA/CC CON MOTOR DE CC \rightarrow (2 BUCLES DE CORRIENTE) REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN DOS Y CUATRO CUADRANTES (14-N).
- 4ª: ANALISIS DEL CONVERTIDOR CC/CA CON MOTOR DE CA \rightarrow BUCLES DE REGULACIÓN DE FLUJO Y PAR (15-N).
- 5ª: ANALISIS DEL CONVERTIDOR CC/CA CON MOTOR DE CA \rightarrow BUCLE DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y DIAGRAMAS ROTACIONALES (16-N).
- 6ª: ESTUDIO DE CONVERTIDORES CC/CA CON PECADS'97 UPS (CON CARGA PASIVA): MODELO DE CONTROL CON COMPENSACIÓN DE SEÑALES EN EL EJE "d".
- 7ª: ESTUDIO DE CONVERTIDORES CC/CA CON PECADS-DOS EN PARALELO CON LA RED UPS ACTIVO (LAMINADOR DE PUNTAS) \rightarrow MODELO DE CONTROL EN CADENA ABIERTA.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA DE LA ASIGNATURA.

- 1ª J.M. RUIZ; S. LORENZO. "Sistemas Electrónicos de Control". Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid. 1995.
 - 2ª R. ARACIL. "Sistemas Discretos de Control". E.T.S.I.I. de Madrid. 1980.
 - 3ª S. LORENZO; J.M. RUIZ; A. MARTIN. "Simulación, Control Digital y Diseño de Convertidores Electrónicos de Potencia mediante PC". Disponible en CD-Rom. 1997.
 - 4ª IDAE. "Energía Solar Fotovoltaica". IDAE - MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. 1996.
 - 5ª IDAE. "Energía Eólica". IDAE- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. 1996
 - 6ª K. OGATA. "Sistemas de Control en Tiempo Discreto. Segunda Edición". Prentice-Hall. 1996.
 - 7ª MITSUBISHI. 3rd. GENERATION IGBT & INTELLIGENT POWER MODULES Application Manual. 1995.
 - 8ª B.C. KUO. "Sistemas de Control Automático. Séptima Edición". Prentice-Hall. 1995.
 - 9ª P. VAS. "Sensorless Vector and Direct Torque Control". Oxford Science Publications. 1998.
 - 10ª N. MOHAN; T.M. UNDELAND; W.P. ROBBINS. "Power Electronics. Converters, Applications, and Design. Second Edition". John Wiley & Son. 1995.
 - 11ª D.A. PAICE. "Power Electronic Converter Harmonics. Multipulse Methods for Clean Power". IEEE Press. 1996.
-