



**Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
Del Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica**

Registro de Cursos o Asignaturas

Nombre Completo del Programa de Posgrado		Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica		
Nombre Completo del Curso		Electrónica de potencia para redes eléctricas		
Tipo de Curso		Electivo	Créditos	8
Número de horas		Teóricas:	60	Prácticas:
			Presenciales	No presenciales
Profesores que impartirán el curso				
Juan Manuel Ramírez Arredondo				
Objetivos del curso:	General	Se presenta la aplicación de algunas técnicas desarrolladas en electrónica de potencia, concretamente con los denominados sistemas de transmisión flexibles (FACTS), cuya utilización resulta cada vez más atractiva en redes eléctricas a nivel de transmisión y distribución.		
	Específicos	(i) Formulación en espacio de estado para diversos dispositivos basados en electrónica de potencia; (ii) Análisis de estabilidad mediante Poincaré; (iii) Análisis de pequeña y gran señal de redes que incluyen dispositivos FACTS; (iv) Análisis de convertidores cd/ca y ca/ca.		
Contenidos temáticos				
i. Introducción				
Capítulo 1 FACTS: soluciones modernas para la industria eléctrica 4hrs.				
i. Introducción				
ii. Concepto de sistemas flexibles de transmisión de CA (FACTS)				
iii. Clasificación en función de la conexión				
iv. Ventajas en la utilización de dispositivos FACTS				
v. Aspectos operativos				
vi. Localización.				
Capítulo 2 Diodos, tiristores e IGBTs 6 hrs.				
i. Resumen				
ii. Diodos				
iii. Tipos básicos de diodos rectificadores de potencia				
iv. Circuitos rectificadores				
v. Rectificador monofásico onda completa, carga resistiva				
vi. Rectificadores trifásicos				
vii. Tiristores				
viii. Formas de encender un tiristor				
ix. Apagado de un tiristor				
x. Circuitos de disparo de tiristores				
xi. IGBT				
xii. Estados de los IGBT				
xii. Selección de IGBT				
xiii. Circuito de puerta				

xiv. Consideraciones térmicas
Capítulo 3 El capacitor serie controlado por tiristores (TCSC)
i. Resumen
ii. Estructura del TCSC
iii. Reactor controlado por tiristores (TCR)
* Modos de operación del TCSC
iv. Características de estado estacionario
*Análisis del TCSC en sus diferentes modos de operación.
v. Modo de bloqueo
vi. Modo de conducción
vii. Modo vernier
*Análisis de estabilidad del TCSC mediante el mapa de Poincaré
viii. Mapa de Poincaré
ix. Modelado del sistema
* Estabilidad de un sistema periódico
x. Estabilidad de un sistema discreto
xi. Ejemplos de aplicación
Capítulo 4 Introducción a los inversores
i. Introducción a los inversores
ii. Resumen
iii. Conceptos preliminares
iv. La configuración multipulso
*Inversor de seis pulsos
*Inversor de 12 pulsos
v. Inversor en configuración multinivel
*Topología diodo anclado
*Topología capacitor anclado
vi. Modulación por ancho de pulso (PWM)
*Modulación senoidal
*Sobremodulación en esquemas de PWM senoidal.
Capítulo 5 Análisis del inversor de 6 y 12 pulsos
i. Resumen
ii. Introducción
iii. Análisis del StatCom basado en un inversor de seis pulsos
*Análisis armónico
iv. El compensador estático síncrono (StatCom) basado en una VSC de seis pulsos.
*Señales de corriente
*Periodos de conducción de transistores y diodos
*Corriente del capacitor
*Voltaje del capacitor
*Intercambio de potencia activa y reactiva
*Corriente del capacitor
v. Convertidor de 12 pulsos
*Señales de corriente CA
*Corriente del capacitor
*Voltaje del capacitor
vi. Conclusiones
Capítulo 6 Modelado del StatCom
i. Resumen
ii. Modelado mediante funciones de conmutación
*Inversor de 12 pulsos

iii. Modelado del StatCom a frecuencia fundamental
*Inversor de 12 pulsos
*Inversor de 24 pulsos
*Inversor de 48 pulsos
iv. Modelo en el marco de referencia dq0
v. Conclusiones
Capítulo 7 La estabilidad de voltaje y el StatCom
i. Resumen
ii. Fundamentos
* Restricciones en la transferencia de potencia
* Curvas PV
* El concepto del margen de estabilidad de voltaje.
iii. StatCom en estado estacionario
iv. Consideración del StatCom en el problema de flujos de carga trifásico
v. Descripción del estudio
* Análisis de un caso de referencia
* Análisis de los casos trifásicos desbalanceados
* Resultados
vi. Conclusiones
Capítulo 8 Modelado y aplicación del SSSC
i. Resumen
ii. Compensador serie estático síncrono
* Inclusión del SSSC en el problema de flujos de potencia
* Resultados de flujos de potencia incluyendo un dispositivo SSSC
iii. Modelado en espacio de estado SSSC
iv. Estructura del convertidor
v. Modelo del SSSC
vi. Corrientes de línea
* Corriente del capacitor
vii. Representación del inversor
*Resultados de simulación
Capítulo 9 Controlador unificado de flujos de potencia (UPFC)
i. Resumen
ii. Concepto del controlador unificado de flujos de potencia
*Descripción del UPFC
iii. Principios de operación del UPFC
iv. Conexión de un UPFC en la línea de transmisión
v. Características de estado estacionario
*Gráficas P-Q
vi. Diagramas de potencia
vii. Análisis de estado estacionario
*Análisis de flujos de carga en sistemas de potencia con UPFC
*Inserción del dispositivo UPFC en el sistema simplificado
v. Ecuaciones de equilibrio en un sistema multimáquinas con un UPFC
vi. Ejemplo
vii. Compensación de líneas
*Compensación serie
*Compensación en derivación
viii. Compensación serie-derivación
ix. Conclusiones
Capítulo 10 FACTS basados en convertidores CA-CA

i. Resumen
ii. Definiciones
iii. Concepto del convertidor matricial
*Representación vectorial de la suma de señales senoidales
*Cálculo de los índices de modulación con la representación vectorial
*Elementos de hardware
iv. Incorporación del controlador Γ en la formulación de flujos de potencia
*Convertidor de CD conmutado para el control de flujo de potencia.
*Convertidor de conmutación vectorial (VeSC)
v. Ejemplo de un convertidor
vi. Aplicación del VESC usado como un UPFC
*Principio de operación
vii. Resultados de simulación
*Caso de 9 nodos
*Caso de 39 nodos
viii. Conclusiones
ix. Términos y siglas
i. Resumen
ii. Definiciones
iii. Concepto del convertidor matricial
*Representación vectorial de la suma de señales senoidales
*Cálculo de los índices de modulación con la representación vectorial
*Elementos de hardware
iv. Incorporación del controlador Γ en la formulación de flujos de potencia
*Convertidor de CD conmutado para el control de flujo de potencia.
*Convertidor de conmutación vectorial (VeSC)
v. Ejemplo de un convertidor
vi. Aplicación del VESC usado como un UPFC
*Principio de operación
vii. Resultados de simulación
*Caso de 9 nodos
*Caso de 39 nodos
viii. Conclusiones
ix. Términos y siglas

Bibliografía

1. V.R. Moorthi, Power Electronics Devices Circuits and Industrial Applications, Oxford University Press, 2005.
2. Mohan, Undeland and Robbins, Power Electronics: Converters, Applications and Design, Wiley, 1989.
3. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power electronics, converters, applications, and design, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York 1995.
4. M. H. Rashid, Electrónica de potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones, 2nd ed., Prentice Hall, 1995.
5. Juan M. Ramírez, Gladis Caicedo Delgado, Rosa E. Correa Gutiérrez, Sistemas de transmisión flexibles, 2010.
6. Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, Understanding FACTS Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, primera edición, IEEE Press, 1999.
7. Yong Hua Song, Allan T. Johns, Flexible AC Transmission Systems (FACTS), primera edición, IEE Power and Energy Series 30, 1999.
8. Vijay K. Sood, HVDC and FACTS Controllers. Applications of Static Converters in Power Systems,

Kluwer Academic Publishers, 2004.

9. R. Mohan Mathur, Rajiv K. Varma, Thyristor-Based FACTS Controllers for Electrical Transmissions Systems, IEEE Press, 2002.
10. E. Acha, C. R. Fuerte-Esquivel, H. Ambriz-Pérez, C. Ángeles Camacho, FACTS: Modelling and Simulation in Power Network, John Wiley & Sons, LTD, England, 2006.
11. R. Strzelecki and G. Benysek, "Power Electronics in Smart Electrical Energy Networks," Springer, London, 2008. doi:org/10.1007/978-1-84800-318-7
12. A. Keyhani, M. N. Marwali and M. Dai, "Integration of Green and Renewable Energy in Electric Power Sys-tems," John Wiley and Sons Inc., Hoboken, 2010
13. C. W. Gellings, "The Smart Grid. Enabling Energy Efficiency and Demand Response," The Fairmont Press Inc., Lilburn, 2009.
14. Tony Flick, Justin Morehouse. Securing the smart grid, next generation power grid security. Elsevier, 2011.
15. Ryszard Michal Strzelecki. Power Electronics in Smart Electrical Energy. Springer, 2010.
16. James Momoh, Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis (IEEE Press Series on Power Engineering). 2011.

Crterios de evaluaci3n

Examen 1	15%
Examen 2	15%
Examen 3	15%
Proyecto 1	25%
Proyecto 2	30%
Total	100%

Contribuci3n del curso al perfil de egreso del programa

Conocimientos: Aplicaci3n de modernas tecnologas en la operaci3n de redes el3ctricas

Habilidades: Simulaci3n de dispositivos basados en electr3nica de potencia

Actitudes y valores: Disciplina y responsabilidad