



Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

INTRODUCCIÓN A LOS CONTROLADORES FACTS



Profesor: Domingo A. Ruiz Caballero Dr. Ing.

Laboratorio de Electrónica de Potencia - LEP

Objetivos del curso

Objetivos Generales

Desarrollar en el alumno comprensión, conocimiento analítico y cualitativo con relación a las modernas técnicas de transmisión alterna de energía, visando en la maximización de la potencia transmitida.

Objetivos Específicos

- Capacitar al futuro ingeniero con las diversas técnicas modernas de transmisión de energía eléctrica a través del estudio de los controladores FACTS (Flexible A.C. Transmisión Systems).
- Otorgar conocimientos teóricos sobre los controladores basados en impedancias variables, es decir basados en los variadores (o graduadores) de tensión alterna.
- Otorgar conocimientos teóricos sobre los controladores basados en fuentes artificiales o sintéticas, es decir basados en convertidores CC-CA (específicamente basados en los inversores alimentados en tensión VSI).
- Identificar y analizar sistemas HVDC de transmisión en continua



Fecha de Pruebas y trabajos

Total de 30 sesiones de clases aproximadamente.

La nota de evaluación es obtenida de tres tareas a realizar.

Las Tareas, serán entregadas los días: 25-04, 23-05 y 27-06.



HERRAMIENTA DE APOYO

Programa Pspice o Psim

Instalado en los Computadores del Laboratorio de
simulación aplicado a Electrónica de Potencia.



Consultas e información

- Lugar: Laboratorio de Electrónica de Potencia



Contenido

■ CAP1: Fundamentos de electrónica de potencia

1.1.- Introducción

1.2.- Estructura de los convertidores estáticos utilizados como **FACTS**

1.2.1.- Regulador (Graduador) de tensión alterna

1.2.1.1 - Regulador **CA** monofásico con carga **R-L**

1.2.1.2 - Análisis armónico de la corriente con carga **R-L**

1.2.1.3 - Reguladores trifásicos

1.2.1.4 - Reactor controlado a tiristor (**TCR**)

1.2.1.5 - Resistencia variable controlada a tiristor (**TCVR**)

1.2.2.- Convertidores **CC-CA** (Inversores)

1.2.2.1 - Introducción

1.2.2.2 - Inversor monofásico alimentado en tensión puente completo

a) Carga resistiva

b) Carga inductiva

1.2.2.3 - Inversor trifásico alimentado en tensión puente completo

1.2.2.4 - Control de tensión en los inversores: Modulación **PWM** sinusoidal

a) Operación a dos niveles de tensión

b) Operación a tres niveles de tensión

c) Índices de modulación y de razón de frecuencia



■ **CAP 2: Principio de los Controladores FACTS**

- 2.1.- Funciones de la electrónica de potencia en los sistemas **FACTS**
- 2.2.- Principio de operación de los principales controladores **FACTS**
 - 2.2.1.- Compensador ideal estático en derivación.
 - 2.2.2.- Condensador ideal en serie.
 - 2.2.3.- Compensador ideal en ángulo de fase.
 - 2.2.4.- Controlador universal de flujo de potencia.
 - 2.2.5.- Mejoramiento de la estabilidad transitoria con FACTS.
 - 2.2.6.- Amortiguamiento de la potencia de oscilación.

■ **CAP 3: Controladores FACTS Basados en Impedancias Variables**

- 3.1.- Introducción
- 3.2.- Compensador estático de reactivo (**SVC**)
 - 3.2.1.- Característica régimen permanente de un **SVC**
 - 3.2.2.- Análisis del **SVC** en régimen permanente
 - 3.2.3.- Ejemplo de proyecto
 - 3.2.4.- Ecuaciones del **SVC** desde el punto de vista del SEP.
 - 3.2.5.- Control de un **SVC**



3.3.- Condensador serie controlado a tiristor (**TCSC**)

3.2.1.- Característica régimen permanente de un **TCSC**

3.2.2.- Análisis del **TCSC** en régimen permanente

3.2.3.- Control de un **TCSC**.

3.2.4.- Ecuaciones del **TCSC** desde el punto de vista del SEP.

■ **CAP 4: Controladores FACTS Basados en Fuentes de Tensión artificiales**

4.1.- Introducción

4.2.- El compensador síncrono estático (**STATCOM**)

4.2.1.- Característica régimen permanente

4.2.2.- Control de un **STATCOM**

4.2.3.- Ecuaciones del **STATCOM** desde el punto de vista del SEP.

4.3.- El compensador serie síncrono estático (**SSSC**)

4.3.1.- Característica régimen permanente

4.3.2.- Control de un **SSSC**

4.3.3.- Ecuaciones del **SSSC** desde el punto de vista del SEP.

4.4.- El controlador de flujo de potencia unificado (**UPFC**)



- **CAP 5: Sistema de transmisión en corriente continua HVDC**

- 5.1.- Generalidades

- 5.1.1.- Configuraciones de sistemas de transmisión **HVDC**

- 5.1.2.- Componentes de un sistema de transmisión **HVDC**

- 5.2.- Operación de un sistema **HVDC**

- 5.2.1.- Sistema punto a punto

- 5.2.2.- Principio de funcionamiento de un sistema de transmisión **HVDC**

- 5.2.3.- Característica Estática.

- 5.3.- Control de un sistema **HVDC**

- 5.3.1.- Jerarquías de control

- 5.3.2.- Controles aplicados al rectificador/inversor

Introducción

El concepto **F.A.C.T.S** nació en 1988 cuando Narain Hingorani publicó el artículo titulado “Electrónica de Potencia en los servicios eléctricos: el rol de la Electrónica de Potencia en el futuro de los sistemas de potencia” (1988) proponiendo el uso extensivo de la Electrónica de altísima potencia, o, como el la llamó “Electrónica de Megawatt”, para el control de sistemas de potencia de corriente alterna (CA).

La idea básica era obtener, sistemas de CA con alto nivel de flexibilidad como en el caso de los sistemas de transmisión en continua alta tensión (**HVDC**). Estas ideas están basadas en el uso de tiristores de potencia, así como, en los nuevos dispositivos semiconductores autoconmutados (también conocidos como de conmutación forzada), tales como: los tiristores con apagado por gate (GTO), los tiristores con gate con tecnología MOS (MCT), los transistores bipolares aislados por gate (IGBT), y los transistores bipolares aislados por gate con tecnología MOS (IGCT).

En la actualidad el diseño de convertidores estáticos autoconmutados de alta potencia (decenas a centenas de MVA) son hechos, principalmente, con dispositivos GTO.

Introducción

