

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Objetivos de la Tesis.....	3
1.4 Justificación.....	3
<b>Capítulo 2: Corrección del Factor de Potencia</b> .....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 CFP: Definición y Conceptos.....	5
2.3 Causas y consecuencias de un bajo Factor de Potencia.....	8
2.4 Clasificación del Corrector de Factor de Potencia.....	9
2.4.1 Configuración del CFP en dos etapas.....	10
2.4.2 Configuración del CFP en una etapa.....	11
2.5 Conclusiones.....	12
<b>Capítulo 3: Convertidores y Fuentes Modulares</b> .....	13
3.1 Introducción.....	13
3.2 Convertidores CA-CD.....	14
3.3 Convertidores CD-CD.....	20
3.4 Convertidor CA-CD Regulado.....	26
3.5 Convertidores CD-CD en configuración modular.....	28
3.5.1 Conexión serie a la entrada entre convertidores.....	30
3.5.2 Conexión paralela a la entrada entre convertidores.....	31
3.5.3 Convertidores CD-CD en configuración Modular.....	32
3.6 Conclusiones.....	33
<b>Capítulo 4: Diseño del Circuito Propuesto</b> .....	34
4.1 Introducción.....	34
4.2 Filtro de Entrada.....	34
4.3 Análisis del Corrector de Factor de Potencia con Fuente Positiva.....	35
4.4 Análisis del Corrector de Factor de Potencia con Fuente Negativa.....	37
4.5 Celda de Conmutación.....	38
4.6 Ecuaciones del CFP Modular.....	40
4.7 Circuito Equivalente con 2 Módulos.....	48
4.7.1 Modelo equivalente con Fuente positiva y negativa.....	49
4.8 Conclusiones.....	52
<b>Capítulo 5: Conmutación Suave</b> .....	53
5.1 Introducción.....	53
5.2 Técnicas de conmutación suave: ZCS y ZVS.....	54
5.3 Diseño del Reductor-Elevador con ZVS.....	58
5.4 Conclusiones.....	68
<b>Capítulo 6: Implementación y diseño experimental</b> .....	69
6.1 Introducción.....	69
6.1 Parámetros de Diseño.....	69

6.3 Simulación del Diseño en conmutación dura .....	74
6.3.1 Simulación con un módulo .....	75
6.3.1 Simulación con dos módulos .....	82
6.4 Simulación del diseño con conmutación suave .....	84
6.4.1 Simulación con un módulo .....	85
6.4.2 Simulación con dos módulos .....	86
6.5 Implementación de la Fuente Modular .....	88
6.6 Resultados Experimentales .....	98
<b>Capítulo 7: Conclusiones</b> .....	110
Bibliografía.....	113
Apéndice.....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2

- Fig. 2.1 Triángulo de Potencias
- Fig. 2.2 Estructura General de un CFP Pasivo
- Fig. 2.3 Estructura General de un CFP con 2 etapas
- Fig. 2.4 Estructura del CFP en una sola etapa

### Capítulo 3

- Fig. 3.1 Rectificador monofásico de media onda con carga resistiva
- Fig. 3.2 Rectificador monofásico con transformador de toma media y carga resistiva
- Fig. 3.3 Puente rectificador monofásico no controlado de onda completa.
- Fig. 3.4 Tensión en la carga para el puente rectificador monofásico no controlado
- Fig. 3.5 Rectificador de onda completa con filtro capacitivo
- Fig. 3.6 Voltaje de Salida con capacitor de salida
- Fig. 3.7 Voltaje y corriente de entrada
- Fig. 3.8 Convertidor CD-CD Reductor
- Fig. 3.9 Convertidor Reductor. a) Voltaje en inductor. b) Corriente en inductor.
- Fig. 3.11 Convertidor Elevador. a) Voltaje en inductor. b) Corriente en inductor. c) Corriente en diodo. d) Corriente en capacitor
- Fig. 3.12 Convertidor CD-CD Reductor-Elevador
- Fig. 3.13 Convertidor Reductor-Elevador. a) Voltaje en inductor. b) corriente en inductor. c) corriente en diodo. d) corriente en capacitor
- Fig. 3.14 Convertidor Cúk
- Fig. 3.15 Corriente en inductores en el convertidor Cúk
- Fig. 3.16 Ganancia vs Ciclo de Trabajo
- Fig. 3.17 Unión del puente rectificador y el convertidor CD-CD
- Fig. 3.18 Voltaje y Corriente al sumarle el Convertidor CD-CD
- Fig. 3.19 Entrada Paralela y Salida Serie
- Fig. 3.20 Entrada Serie y Salida en Paralelo
- Fig. 3.21 Entrada en Serie y Salida en Serie
- Fig. 3.22 Entrada Paralela y Salida Paralela
- Fig. 3.23 Conexión Modular con voltaje regulado
- Fig. 3.24 Voltaje y Corriente de entrada para la conexión modular

## Capítulo 4

Fig. 4.1 Filtro de entrada

Fig. 4.2 Reductor-Elevador con fuente Positiva

Fig. 4.3 Transistor encendido con fuente positiva

Fig. 4.4 Transistor apagado con fuente positiva

Fig. 4.5 Transistor encendido con fuente negativa

Fig. 4.6 Transistor apagado con fuente negativa

Fig. 4.7 Interruptor Bidireccional

Fig. 4.8 Módulo CFP en conmutación dura

Fig. 4.9 Transistor cerrado e interruptor bidireccional

Fig. 4.10 Transistor abierto

Fig. 4.11 Corriente en inductor

Fig. 4.12 Corriente de Fuente e interruptor

Fig. 4.13 Circuito con dos módulos hacia la carga

Fig. 4.14 Transistor encendido con dos módulos

Fig. 4.15 Circuito equivalente con dos módulos y transistor apagado

Fig. 4.16 Circuito equivalente en semiciclo negativo con transistor encendido

Fig. 4.17 Circuito Equivalente en semiciclo negativo y transistor apagado

## Capítulo 5

Fig. 5.1 Transición simultánea de Voltaje y Corriente en interruptor

Fig. 5.2 Potencia Disipada en el transistor

Fig. 5.3 Tipos de Interruptores a ZCS. a) Tipo L. b) Tipo M. c) ZCS en media onda. d) ZCS en onda completa

Fig. 5.4 Encendido y Apagado con ZCS

Fig. 5.5 Tipos de Interruptores a ZVS. a) Tipo L. b) Tipo M. c) ZVS en media onda. d) ZVS en onda completa

Fig. 5.6 Encendido y Apagado con ZVS

Fig. 5.7 Implementación del ZVS en media onda tipo M en el interruptor

Fig. 5.8 Reductor-Elevador con conmutación a voltaje cero

Fig. 5.9 Módulo CFP con conmutación suave

Fig. 5.10 CFP con conmutación suave e interruptor abierto

Fig. 5.11 Circuito equivalente con ZVS cuando el transistor está apagado

Fig. 5.12 Modelo equivalente cuando el transistor esta apagado

Fig. 5.13 Circuito equivalente Modo 1

Fig. 5.14 Circuito equivalente al Modo 2

Fig. 5.15 Circuito equivalente al Modo 3

Fig. 5.16 Circuito equivalente al Modo 4

Fig. 5.17 Formas de Onda de los elementos de la celda de conmutación

Fig. 5.18 Gráfica de la curva característica  $\frac{V_0}{V_i}$  vs  $\frac{f_s}{f_n}$  para un convertidor reductor-elevador cuasi-resonante en modo de voltaje

## Capítulo 6

Fig. 6.1 Capacitores de Polipropileno usados en el filtro de Entrada

Fig. 6.2 Módulo de la Fuente Modular con CFP en conmutación dura

Fig. 6.3 PWM generado en la etapa de control

Fig. 6.4 Voltaje y Corriente de Entrada  
Fig. 6.5 Corriente conmutada de entrada y voltaje de entrada  
Fig. 6.6 Acercamiento a la corriente de fuente conmutada  
Fig. 6.7 Corriente en el inductor  
Fig. 6.8 Voltaje en inductor  
Fig. 6.9 Voltaje Vds en el transistor  
Fig. 6.10 Acercamiento del voltaje Vds  
Fig. 6.11 Transición del Voltaje y la Corriente en el transistor  
Fig. 6.12 Voltaje de Salida con un módulo  
Fig. 6.13 Voltaje de salida después de un tiempo considerable  
Fig. 6.14 Corriente en carga  
Fig. 6.15 Fuente Modular en conmutación Dura  
Fig. 6.16 Voltaje y Corriente de entrada con 2 módulos  
Fig. 6.17 Voltaje de salida con 2 Módulos  
Fig. 6.18 Voltaje de salida con 2 módulos después de un tiempo  
Fig. 6.19 Convertidor Modular con circuito resonante  
Fig. 6.20 Cruce del Voltaje y Corriente cuando se enciende y se apaga el interruptor  
Fig. 6.21 Voltaje de Salida al tener la célula de conmutación a voltaje cero  
Fig. 6.22 Dos módulos con conmutación suave  
Fig. 6.23 Conmutación Suave en cada Módulo  
Fig. 6.24 Conexión de 2 timers LM555  
Fig. 6.25 Multivibrador ajustable  
Fig. 6.26 Voltaje de salida y en capacitor del LM555 en modo estable  
Fig. 6.27 Señales de entrada, salida y voltaje en capacitor del LM555 en modo monestable  
Fig. 6.28 Timer configurado en modo estable  
Fig. 6.29 Timer configurado en modo monoestable  
Fig. 6.30 Diagrama de un LM556  
Fig. 6.31 Etapa del Driver  
Fig. 6.32 Transformador GDE25-2 de alta frecuencia  
Fig. 6.33 Circuito de Acoplamiento  
Fig. 6.34 Interface de salida del Soft Ferrite Design Tools 2002  
Fig. 6.35 Topología Final de la Etapa Modular  
Fig. 6.36 Voltaje y Corriente de Entrada al aplicarse un filtro en la entrada  
Fig. 6.37 Señales de control para ambos transistores  
Fig. 6.38 Corriente de Fuente  
Fig. 6.39 Corriente en ciclo positivo del inductor  
Fig. 6.40 Corriente en ciclo negativo del inductor  
Fig. 6.41 Voltaje en los inductores  
Fig. 6.42 Voltaje en interruptores bidireccionales  
Fig. 6.43 Acercamiento en las terminales drenador-surtidor del MOSFET  
Fig. 6.44 Voltaje de salida  
Fig. 6.45 Corriente en la carga  
Fig. 6.46 MOSFET al encender con ZVS  
Fig. 6.47 MOSFET cuando se apaga con ZVS  
Fig. 6.48 Voltaje de Entrada  
Fig. 6.49 Armónicos del voltaje de entrada  
Fig. 6.50 Voltaje de Entrada

- Fig. 6.51 Armónicos de la corriente de entrada  
Fig. 6.52 Potencia de la Fuente  
Fig. 6.53 Armónicos de la Potencia

## **ÍNDICE DE TABLAS**

- Tabla 5.1 Condiciones de operación en el interruptor  
Tabla 6.1 Tabla de componentes  
Tabla 6.2 Resultados del Fluke 41 con un módulo  
Tabla 6.3 Resultados del Fluke 41 con dos módulos