

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**DISEÑO DE BALASTRAS ELECTRONICAS CON
ALTO FACTOR DE POTENCIA**

POR

INGENIERO ENRIQUE SOTELO GALLARDO

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON JUNIO DEL 2001

TM
TK4310
.S6
c.1

DISERNO DE BALASTRAS ELECTRONICAS CON
E

2001

ALTO FACTOR DE POTENCIA



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



DISEÑO DE BALASTRAS ELECTRONICAS CON
ALTO FACTOR DE POTENCIA

POR

INGENIERO ENRIQUE SOTELO GALLARDO

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA

EMICOLAS DE LOS GARCIA, NUEVO LEON JUNIO DEL 2003

TK4310
.56



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**DISEÑO DE BALASTRAS ELECTRONICAS CON ALTO FACTOR DE
POTENCIA**

POR

INGENIERO ENRIQUE SOTELO GALLARDO

TESIS

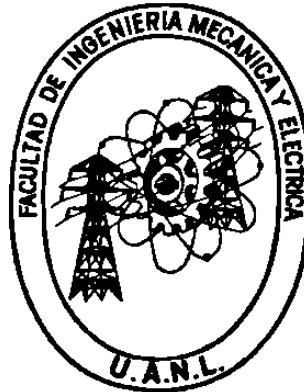
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA NUEVO LEON A JUNIO DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**DISEÑO DE BALASTRAS ELECTRONICAS CON ALTO FACTOR DE
POTENCIA**

POR

INGENIERO ENRIQUE SOTELO GALLARDO

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA NUEVO LEON A JUNIO DEL 2001

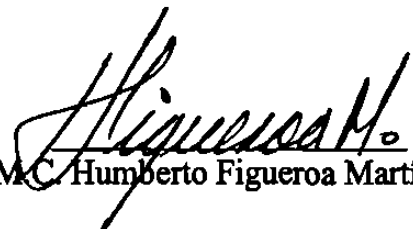
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
División de Estudios de Post-grado


Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “ Diseño de Balastras Electrónicas con Alto Factor de Potencia”, realizada por el alumno Ing. Enrique Sotelo Gallardo matrícula 1032590 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Electrónica.

El comité de Tesis


Asesor
Dr. Fernando Betancourt Ramirez


M.C. Juan Angel Garza Garza


M.C. Humberto Figueroa Martinez


Vo. Bo.
MC. Roberto Villareal Garza
División de Estudios de Post-grado

**Dedico la presente tesis a mis familiares,
amigos y maestros que con su apoyo he logrado
alcanzar las metas que me he propuesto.**

**También agradezco a compañías como
PRAXIS TECNOLOGÍA,
SOLMEX, PHILIPS,
y MAGNETEK por brindarme la
oportunidad de desarrollarme
como ingeniero de Diseño Electrónico,
siendo las últimas 3 donde aprendí a conocer
el funcionamiento y diseño de balastros electrónicos.**

PROLOGO

La etapa de alimentación de una balastro electrónica, típicamente consta de un rectificador de onda completa y un capacitor electrolítico como filtro, el cual nos entrega una fuente de directa, DC, no regulada proveniente de la línea de alimentación de alterna, AC.

Dicho capacitor, debe ser lo suficientemente grande para mantener un bajo rizado en el nivel de la señal de directa, DC. Esto significa que el voltaje de línea, AC, la mayor parte del tiempo es menor que el nivel de directa visto por el capacitor, por lo cual el rectificador de onda completa conduce solamente en pequeñas porciones cada medio ciclo a la frecuencia de entrada.

El capacitor evitando cambios bruscos de voltaje, bajo rizado, produce una serie de picos de corriente muy estrechos; lo anterior trae como consecuencia picos de corriente de hasta 10 veces el valor efectivo, RMS, distorsión del voltaje de alimentación AC, sobre corrientes y una utilización muy pobre de la capacidad de los sistemas de distribución de energía eléctrica, viéndose reflejados en términos de la Distorsión Total de Armónicos, THD, "Total Harmonic Distortion" y su Factor de Potencia, PF, "Power Factor" (Medida de la relación existente entre la potencia real y la potencia aparente). En otras palabras es la relación entre el promedio del voltaje de entrada por el promedio de la corriente de entrada entre el producto de los valores RMS de voltaje y corriente de entrada.. Típicamente este tipo de rectificadores tienen un factor de potencia del 50 al 70% y un gran contenido de armónicos mayores al 100%.

Usado técnicas de switcheo e inyección de señales se puede tener una señal casi senoidal en fase con el voltaje de entrada, es decir obtener un factor de potencia muy cercano al 100%. Muchas de estas técnicas suelen ser costosas cuanto a diseño y a reparación, por lo que no son accesibles a mercados de bajo volumen de producción.

En la presente tesis se dan a conocer varias técnicas de corrección de factor de potencia tales como: el circuito llenador de valles "Valley Filled" (cambio del valor de capacitancia en cada medio ciclo), técnicas de inyección de señales "Dither Signals", técnicas de cancelación de señales por retroalimentación "Charge Pump" y técnicas de switcheo "Boost Converter". Sugiriendo aquella, basándose en simulaciones, complejidad, número de componentes y costo se adecue al diseño de balastos electrónicos con bajo contenido de armónicos y alto factor de potencia.

Al mismo tiempo se dan a conocer los aspectos básicos más importantes en el diseño de balastos magnéticos, y electrónicos como el "Push-Pull", "Half-Bridge", alternativos de un solo switch y aquellos denominados "Inteligentes", según su funcionamiento, explicando brevemente algunos fenómenos implícitos en la tecnología de iluminación de gases inertes, lámparas fluorescentes.

Se utiliza el Pspice como herramienta indispensable en la simulación de modelos equivalentes con fin de comprender el funcionamiento de diferentes esquemas de corrección de factor de potencia al igual que la balastra misma de una manera simple y rápida.

Tomando como base los resultados de la simulación con circuitos equivalentes se procede a escoger la técnica de corrección de factor de potencia que alimentara al balastro y se simula integrando ambos programas, balastro y fuente de alimentación, en una simulación más compleja, con el fin de analizar, comprobar y confirmar todas las etapas permitiendo de esta manera crear un producto final.

INDICE

Síntesis.....	1
1.- Introducción	5
1.1.-Descripción del problema.....	5
1.2.- Objetivo de la tesis.....	6
1.3.- Hipótesis.....	6
1.4.- Límites del estudio.....	6
1.5.- Justificación.....	7
1.6.- Metodología.....	8
1.7.- Revisión bibliográfica.....	9
2.- Antecedentes y estado del arte	18
2.1.- Introducción.....	18
2.2.- Breve descripción del funcionamiento de una lámpara gas.....	18
2.2.1.- Voltaje de ionización.....	19
2.2.2.- Voltaje de encendido.....	19
2.2.3.- Corriente de operación.....	20
2.2.4.-Resistencia Negativa y el porque del balastro.....	21
2.2.5.- Añejamiento de la lámpara.....	21
2.3.- Balastro Magnética.....	22
2.3.1.- El arrancador.....	22
2.3.2.- El “flicker”, parpadeo.....	23
2.3.3.- Operación del balastro Magnético.....	23
2.4.- Balastos electrónicos.....	25
2.4.1.- Balastro “Push-Pull”.....	25
2.4.1.1.- Balastro “Push-Pull” baja potencia $\leq 50W$	26
2.4.1.2.- Balastro “Push-Pull” mediana y alta potencia. ($\geq 50W$).....	28
2.4.1.3.- Esquemas de arranque en balastras “Push-Pull”.....	29
2.4.2.- Consideraciones de diseño, balastos “Push-Pull”.....	31
2.4.2.1.- Calculo del filtro de entrada, inductor L_f	32
2.4.2.2.- Calculo de parámetros básicos del transformador de potencia”.	
332.4.2.3.- Calculo de componentes reflejados en paralelo al primario del transformador de salida.....	34

2.4.2.4.- Calculo de componentes de salida, Elementos de estabilización y resonancia.....	35
2.4.2.5.- Diseño del transformador de Potencia.....	36
2.4.2.6.- Calculo de resistencias de excitación, Rfb, Rs y Rb.....	38
2.4.2.7.- Diseño del transformador de Excitación.....	39
2.4.2.8.- Selección de transistores.....	41
2.4.2.9.- Diseño del disipador de potencia, disipador de calor.....	42
2.5.- Balastra “Half-Bridge”.....	43
2.5.1. Descripción de operación de un balastro “Half-Bridge” por medio de la saturación de “T1”, control de corriente en la lámpara.....	45
2.5.2.- Descripción de operación de un balastro “Half-Bridge” por medio de los componentes “L” y “C”, control de voltaje en la lámpara.....	51
2.6.- Balastros Inteligentes.....	53
2.7.- Balastros alternativos, de un solo switch.....	54
2.7.1.-Balastro “Single-ended, soft-switching”.....	54
2.7.2.- Balastro “Single-switch, dimmable”.....	56
2.8.- Análisis de sistemas de corrección del factor de potencia.....	58
2.8.1.- Técnica, “Valley Filled”.....	59
2.8.2.- Técnica, “Dither Signal”.....	60
2.8.3.- Técnica, “Boost Converter”.....	61
2.8.4.- Técnica, Cancelación de Voltaje, “Charge Pump”.....	64
2.8.5.- Técnicas de Corrección activa.....	67
3 Etapa de simulación.....	69
3.1 Introducción.....	69
3.2.- Descripción del software utilizado.....	69
3.3.- Modelación de las etapas utilizando circuitos equivalentes.....	70
3.4.- Modelo de BE “Half-Bridge”, simplificado.....	70
3.4.1.- Observaciones y comentarios.....	73
3.5.- Etapa de rectificación y corrección del factor de potencia.....	73
3.5.1.- Convertidor AC-DC típico, convencional.....	74
3.5.2.- Convertidor AC-DC llenador de valles.....	75
3.5.3.- Convertidor AC-DC con inyección de señal (“Dither Signal”).....	76
3.5.4.- Convertidor AC-DC con cancelación de voltaje “Charge Pump”.....	78
3.6.- Observaciones y comentarios.....	79
3.7.- Librerías y modelos equivalentes de cada parte.....	80
3.7.1.- Diac.....	80
3.7.2.- Mov “Metal Oxide Varistor”.....	81
3.7.3.- Diodos.....	81
3.7.4.- Transistores.....	82
3.8.- Integración de la simulación.....	82
3.9.- Conclusiones de la simulación.....	88
4.- Construcción del prototipo.....	89
4.1- Introducción.....	89

4.2.- Consideraciones de seguridad	89
4.3.- Protección por falla de la lámpara.	90
4.4.- Circuito de protección para corrientes de arranque “In-Rush Current”	92
4.5.- Protección contra transitorios de voltaje.	93
4.6.- Desarrollo del prototipo.	94
4.7.- Cálculo de Q, L _l , y C _l	95
4.8.- Calculo de C _{bk1} , C _{bk2} y L _{r1}	96
4.9.- Diseño del transformador de oscilación.	97
4.10.- Tabla de componentes, balastro figura #27.	97
4.11.- Tabla de componentes, balastro figura #45.	98
4.12.- Descripción del software a utilizar en el diseño del PCB	98
4.13.- Procedimiento para realizar un PCB en casa	99
5 Etapa de pruebas	100
5.1.- Equipo a usar.	100
5.2.- Medición de prototipos	101
5.3.- Análisis de entrada	102
5.4.- Análisis de salida.	103
5.5.- Resultados y comentarios.	111
6.- Procedimiento para el diseño del producto	114
6.1.-Objetivos.	114
7.- Procedimiento de inspección de entrada y liberación del material	117
7.1.- Objetivo.	117
7.2.- Inspección de entrada.	117
7.3.- Liberación de Material	118
8.- Procedimiento de manufactura y ensamble	120
8.1.- Objetivo.	120
8.2.- Ensamble.	120
8.3.- Soldadura.	121
9.-Procedimiento para el aseguramiento de calidad, inspección y prueba del producto	123
9.1.- Objetivo.	123
9.2.- Inspección visual.	123
9.3.- Pruebas eléctricas.	125
10.-Procedimiento y análisis de falla de rechazos en el cliente	128
10.1.- Objetivo.	128
10.2.- Recepción y análisis del producto rechazado.	128

11.- Conclusiones y recomendaciones	130
11.1.-Conclusiones Generales	131
11.2.-Recomendaciones	131
Bibliografía	133
Listado de tablas	137
Listado de programas	138
Listado de figuras	139
Apéndices	141
Glosario	141
Formatos	146
Diagramas de Flujo	149
Parámetros de Lámparas, Tiroides y Alambres, calibres vs corriente	153
Circuitos Típicos.	155
Resumen Autobiográfico	161