

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA DE GRADUADOS E INVESTIGACION EN INGENIERIA ELECTRICA

**Diseño, Construcción y Caracterización de un PEBB tipo  
Medio Puente H de 23kW**

**TESIS**

Para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

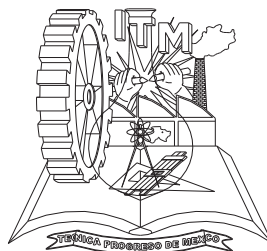
Presenta:

Benjamin Vidales Luna

Director de Tesis:  
Dr. Vicente Venegas Rebollar

Co-Director  
Dr. Edgar Lenymirko Moreno Goytia

Morelia Michoacán Enero 2014



## Resumen

En este proyecto se describe el diseño, simulación, implementación y pruebas de un Bloque de Construcción de Electrónica de Potencia PEBB (Power Electronic Building Block) tipo medio puente H. El PEBB es una unidad electrónica para la construcción de convertidores de potencia de diferentes tipos y para realizar distintas tareas como lo son el manejo, conversión de voltaje y el control de inyección armónica, entre otras. Particularmente se busca incorporarlo para el desarrollo de un transformador electrónico y aplicaciones de HVDC (High Voltage Direct Current). El PEBB desarrollado en esta Tesis se basa en el diagrama de un convertidor de voltaje tipo medio puente H, el cual consta de dos dispositivos de conmutación, que en este caso se eligieron IGBTs por ser los más apropiados para las aplicaciones deseadas. Para asegurar la operación del PEBB se diseña el circuito de acondicionamiento de señal, un aislamiento mediante optoacopladores entre las etapas de control y potencia, y finalmente el acondicionamiento del disparo de compuerta. Previo a su implementación el PEBB se simula utilizando el software Simulink y Synopsys Saber para así poder analizar su funcionamiento antes de realizar su implementación física.

De la implementación, se obtuvo un PEBB con dimensiones de 10cm x 15cm x 6.5cm que satisface la necesidad de un módulo compacto que sea fácil de reconfigurar y aplicar, por ejemplo, en un transformador electrónico. El PEBB tiene una capacidad de 24 kW en condiciones óptimas. Las pruebas de laboratorio realizadas con carga R-L a una frecuencia de 5 kHz, demuestran la correcta operación del sistema y valida las simulaciones.

El PEBB tiene aplicación en otras investigaciones en el PGIIE, tales como en el Transformador Electrónico Avanzado y el enlace Espalda Espalda (Back to Back) con topología de Convertidor Multinivel Modular (MMC).

## Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INDICE.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XII
GLOSARIO.....	XIII
Capítulo 1    Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Estado del arte.....	1
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Metas.....	4
1.6 Justificación.....	4
1.7 Esquema de Tesis.....	5
Capítulo 2    Inversores tipo medio puente H y puente completo H.....	7
2.1 Introducción.....	7
2.2 Principio de operación del inversor tipo medio puente H.....	7
2.2.1 Corriente CD del convertidor tipo medio puente H.....	10
2.2.2 Principio de operación del inversor tipo puente completo H.....	11
2.2.3 Corriente CD del convertidor tipo puente completo H.....	14
2.3 Parámetros de eficiencia.....	15
2.3.1 Factor armónico de la n-esima armónica (HF <sub>n</sub> ).....	15
2.3.2 Distorsión armónica total.....	16

2.4 Modulación de medio puente y puente completo H.....	16
2.4.1 Modulación por ancho de pulso.....	17
2.4.2 Modulación por ancho de pulsos múltiples.....	19
2.4.3 Modulación por ancho de pulsos sinusoidal.....	23
Capítulo 3      Diseño de subsistemas.....	25
3.1 Introducción a los bloques de construcción de electrónica de potencia.....	25
3.2 Estructura general de un bloque de construcción de electrónica de potencia.....	26
3.3 Descripción de los dispositivos de conmutación.....	29
3.4 Selección de los dispositivos de conmutación.....	30
3.5 Control para la activación de compuerta.....	31
3.5.1 Acondicionamiento de señal.....	32
3.5.2 Comportamiento en el dominio del tiempo.....	37
3.5.3 Aislamiento.....	39
3.5.4 Acondicionamiento de disparo.....	39
Capítulo 4      Consideraciones de diseño para placas de circuito impreso.....	41
4.1.1 Introducción.....	41
4.1.2 Criterio de selección de componentes de potencia.....	42
4.1.3 Trazos y pads.....	45
4.1.4 Marco de tierra.....	45
4.1.5 Jaula de Faraday para emisiones electromagnética.....	46
4.2 Sujeción de Terminal de potencia y Disipador de Calor.....	47

Capítulo 5	Simulaciones.....	53
5.1	Introducción.....	53
5.2	Simulación del circuito recortador de señal.....	53
5.3	Simulación de medio puente H con carga resistiva.....	55
5.4	Simulación de medio puente H con carga resistiva e inductiva.....	58
5.5	Simulación de puente completo H con carga resistiva.....	60
5.6	Simulación de Puente Completo H con carga resistiva e inductiva.....	62
5.7	Simulación de un inversor multinivel de 9 niveles con modulación por ancho de pulsos múltiples.....	64
5.8	Simulación de un inversor multinivel de 9 niveles con modulación por ancho de pulsos múltiples de onda rampa.....	67
Capítulo 6	Resultados Experimentales con el Prototipo PEBB.....	71
6.1	Introducción.....	71
6.2	Protocolo de pruebas.....	71
6.3	Resultados de la implementación del PEBB en configuración medio puente H inversor con carga resistiva.....	73
6.4	Resultados de la implementación del PEBB en configuración medio puente H inversor con carga resistiva e inductiva.....	74
6.5	Resultados de la implementación del PEBB en configuración puente completo H inversor con carga resistiva.....	75
6.6	Resultados de la implementación del PEBB en configuración medio puente H inversor con carga resistiva e inductiva.....	76
6.7	Resultados de la implementación del PEBB en configuración de puentes H en cascada para un convertidor multinivel de 9 niveles con modulación por ancho de pulsos múltiples.....	77

6.8 Resultados de la implementación del PEBB en configuración de puentes H en cascada para un convertidor multinivel de 9 niveles con modulación por ancho de pulsos múltiples tipo rampa.....	79
6.9 Discusión de Resultados.....	81
Capítulo 7 Conclusiones, aportaciones y trabajos futuros.....	83
7.1 Conclusiones.....	83
7.2 Aportaciones.....	84
7.3 Trabajos futuros.....	85
Referencias.....	86