

Design and Implementation of a Three-Phase Boost Battery Charger with PFC using CompactRIO Control System

Master of Science Thesis in Electric Power Engineering

Daniel Castro Carmona

Javier Fernández Mandiola

Departamento de Energy and Environment
 División de Electric Power Engineering
 CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
 Göteborg, Suecia, 2012

Resumen del proyecto fin de carrera

Tabla de contenido

Datos de interés	3
1.Introducción y objetivos.....	4
2.Modelado y método de control del rectificador.....	4
3.Diseño del sistema y simulaciones para verificación del diseño.....	5
3.1. Simulaciones en Simulink.....	7
3.2. Simulaciones en Labview	8
4. Implementación del hardware y resultados	10
5.Conclusiones y trabajo futuro	12
5.1. Conclusiones.....	12
5.2. Trabajo futuro	13

Datos de interés

Autor:

DANIEL CASTRO CARMONA
JAVIER FERNANDEZ MANDIOLA

Título del proyecto:

Design and Implementation of a Three-Phase Boost Battery Charger with PFC using CompactRIO Control System

Universidad dónde se ha realizado:

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, SE-412 96, GÖTEBORG,
SWEDEN.

Telephone: + 46 (0)31-772 1000

Coordinador en universidad de destino:

SAEID HAGHBIN
TARIK ABDULAHOVIC

Examinador en universidad de destino:

OLA CARLSON

Cotutor en UC3M:

JULIO USAOLA GARCIA

Fecha de lectura:

4 de MAYO de 2012

Tribunal:

TARIK ABDULAHOVIC como coordinador
OLA CARLSON como examinador
RAQUEL MONTALVO como oposición

Calificación obtenida:

10 sobre 10

1.Introducción y objetivos

Los vehículos eléctricos e híbridos usan potencia de la red para cargar sus baterías y mientras lo hacen el sistema de tracción no está en uso. Debido a que el sistema de carga y el de tracción no están en uso al mismo tiempo, el inversor y el motor eléctrico pueden ser usados como rectificador evitando el uso redundante de componentes. Para hacer esto, un motor con dos juegos de devanados puede ser usado consiguiendo en el cargador una reducción considerable de peso, volumen y precio.

El cargador propuesto en un cargador aislado de alta potencia que usa la mitad de los devanados del motor durante la carga usando el motor como si fuera un transformador. El uso de este motor específico nos proporcionará aislamiento que será beneficioso por razones de seguridad.

El objetivo principal de este proyecto fin de carrera es el diseño y la implementación de un cargador integrado para un coche eléctrico o híbrido con un nivel de potencia de 15 kW programando un control para el inversor que consiga tener un factor de potencia unitario.

2.Modelado y método de control del rectificador

Después de estudiar ventajas y desventajas de diferentes topologías para rectificadores, la topología de puente universal (universal bridge topology) fue la escogida por ser capaz de proveer factor de potencia unitario y permitir bidireccional flujo de potencia.

En relación al método de control, Voltage oriented control (VOC) fue escogido por las siguientes ventajas:

- Frecuencia de conmutación es fija lo que facilita el diseño de filtros en las entradas
- Buenos rendimientos son obtenidos con bajas frecuencias de muestreo
- Con este control se puede lograr un avanzado PWM

Debido a este control también hay algunas desventajas que hay que tener en cuenta:

- Descomponer la potencia parte activa y reactiva es necesario
- Algoritmo complejo
- El factor de potencia de entrada es menor que usando DPC (Direct Power Control) o VF-DPC (Virtual Flux Direct Power Control).

En la figura que se expone a continuación se puede ver el esquema de control completo:

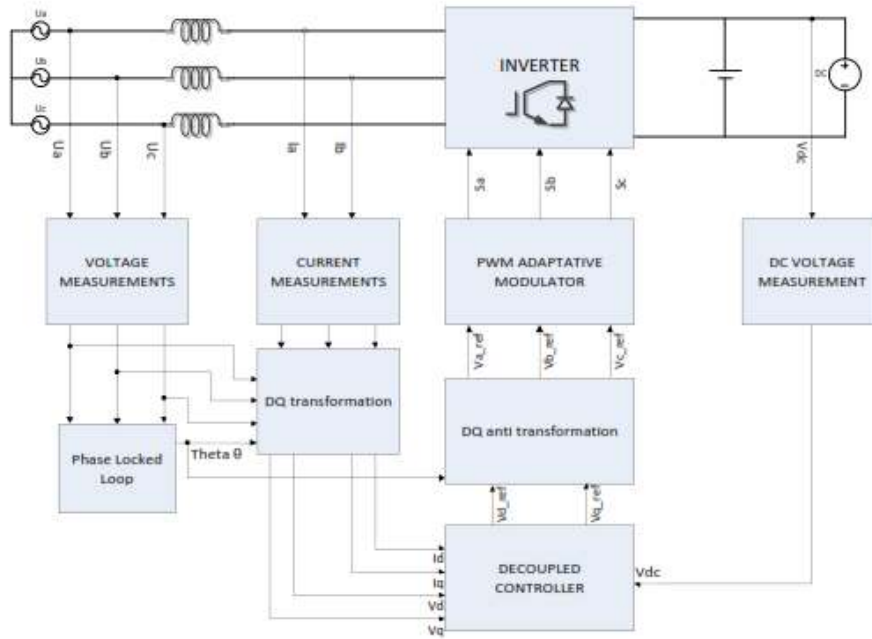


Figura 1: Esquema de control

3. Diseño del sistema y simulaciones para verificación del diseño.

Tras todos los cálculos necesarios que se detallan en el proyecto fin de carrera, y teniendo en cuenta las limitaciones de nuestros componentes, los parámetros del diseño se han calculado y sus valores son los que se resumen a continuación:

<i>Resume template</i>
$P_{IN} = 15 \text{ KW}$
$V_{LL(rms)} = 400 \text{ V (line-to line)}$
$V_{DC} = 700 \text{ V}$
$R_{load} = 33\Omega$
$L = 3 \text{ mH}$
$C = 1100\mu\text{F}/800\text{V}$
$f_{sw} = 10 \text{ KHz}$

Figura 2: Parametros de diseño

El sistema tiene una comunicación permanente con el sistema CompatRIO como se explicará más adelante. Debido a que las entradas al sistema de control están limitadas a $\pm 10V$ también han sido necesarios los cálculos de circuitos electrónicos que permitan la reducción del nivel de tensión para realizar las lecturas.

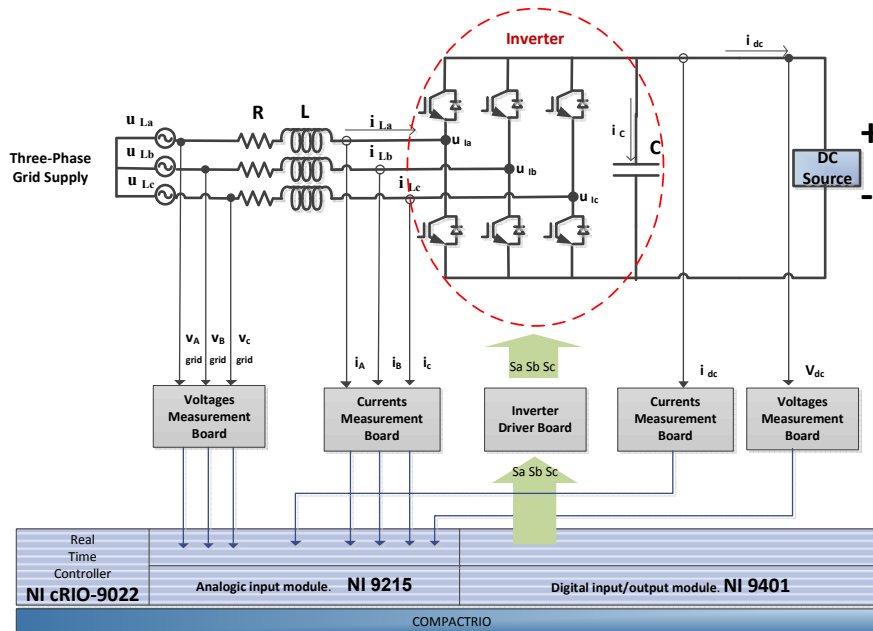


Figura 3: Interconexión entre el sistema y el control

Signal	Measure range	Input CRIO range	Units	Sampling Frequency
Ua	± 400	± 10	V	1 kHz
Ub	± 400	± 10	V	1 kHz
Uc	± 400	± 10	V	1 kHz
Ia	± 50	± 10	V	5 kHz
Ib	± 50	± 10	V	5 kHz
Ic	± 50	± 10	V	5 kHz
Udc	750	± 10	V	1 kHz
Idc	± 50	± 10	V	5 kHz
Voltage measurement board				
R5	12		K Ω	
R1=R2=R3=R4	480		K Ω	
Ratio of conversion	0.02439			
Voltage DC measurement board				
R5	13		K Ω	
R1=R2=R3=R4	240		K Ω	
Ratio of conversion	0.01336			
Current measurement board				
N	10		turns	
Rmeas	40		Ω	
Ratio of conversion	0.2			

Figura 4: Adecuación de las señales para el sistema de control

Para comprobar los parámetros calculados en el diseño se simuló el sistema en Simulink así como en Labview. La simulación en Labview fue muy útil ya que es el lenguaje de programación necesario para programar el sistema de control CompactRIO.

3.1. Simulaciones en Simulink

En todas las simulaciones se comprueba el comportamiento ante un escalón de 50V en el bus de continua. Como se puede ver en la figura, el valor de las corrientes para el nivel de potencia deseado es de 35 A. Este valor es mucho menor que el límite del inversor, que es 50A. En **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los valores de tensión de referencia se muestran antes y después de la saturación en ejes dq. Finalmente, los valores de referencia en ejes ABC se muestran en el tercer gráfico.

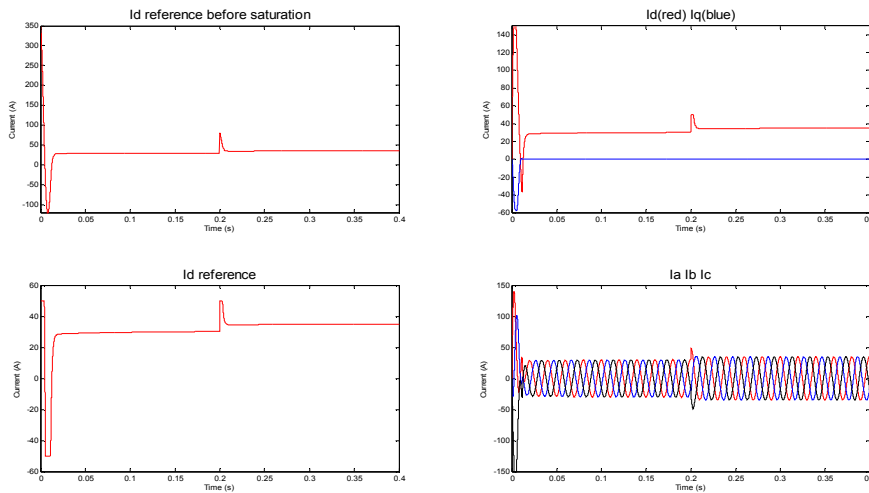


Figura 5: Corrientes en la simulación

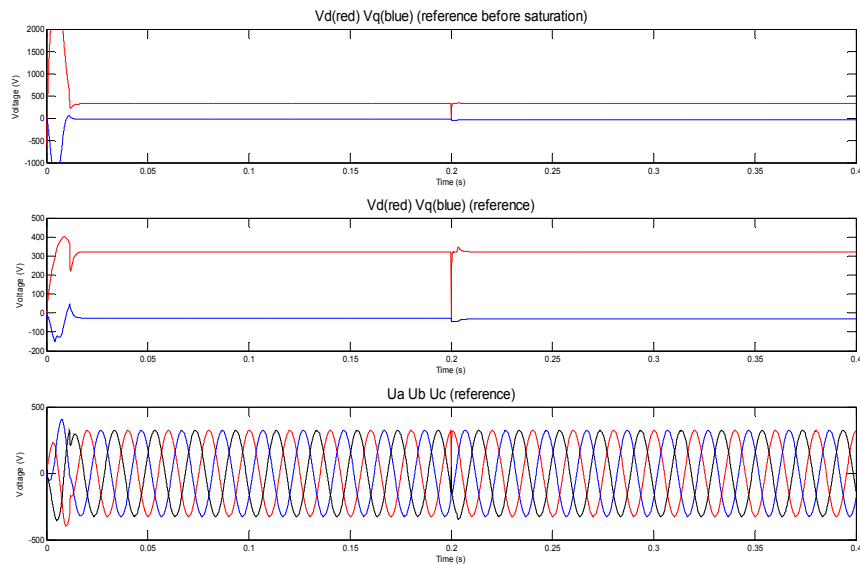


Figura 6: Tensiones en la simulación

En la figura Figura 7, para verificar el comportamiento después del escalón se muestra la corriente en eje d tanto de referencia como la real. En el segundo gráfico, se muestra la tensión en el bus de continua tanto de referencia como la real.

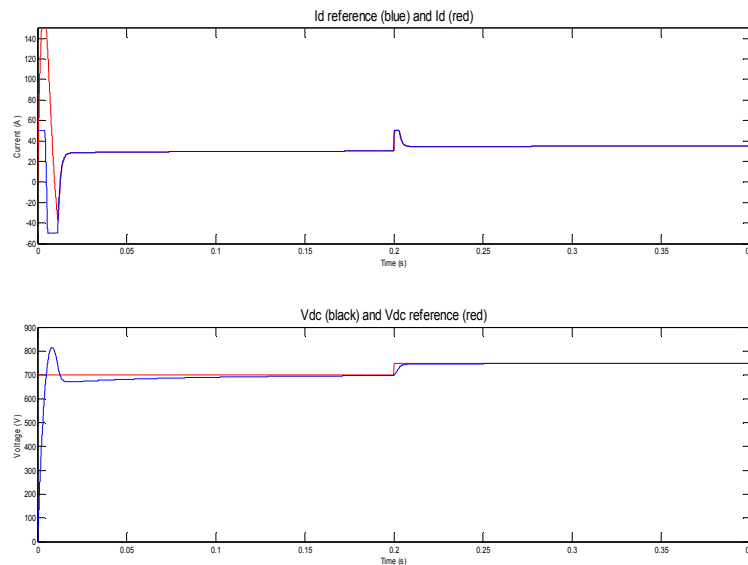


Figura 7: Tensiones de continua y corrientes en el eje d

3.2. Simulaciones en Labview

Para comprobar el diseño y familiarizarnos con el software también se simulo el sistema en Labview.

En la siguiente figura (Figura 8), se muestra los resultados del bloque del PWM que da lugar a la generación de tres trenes de pulsos uno para cada pata del inversor.

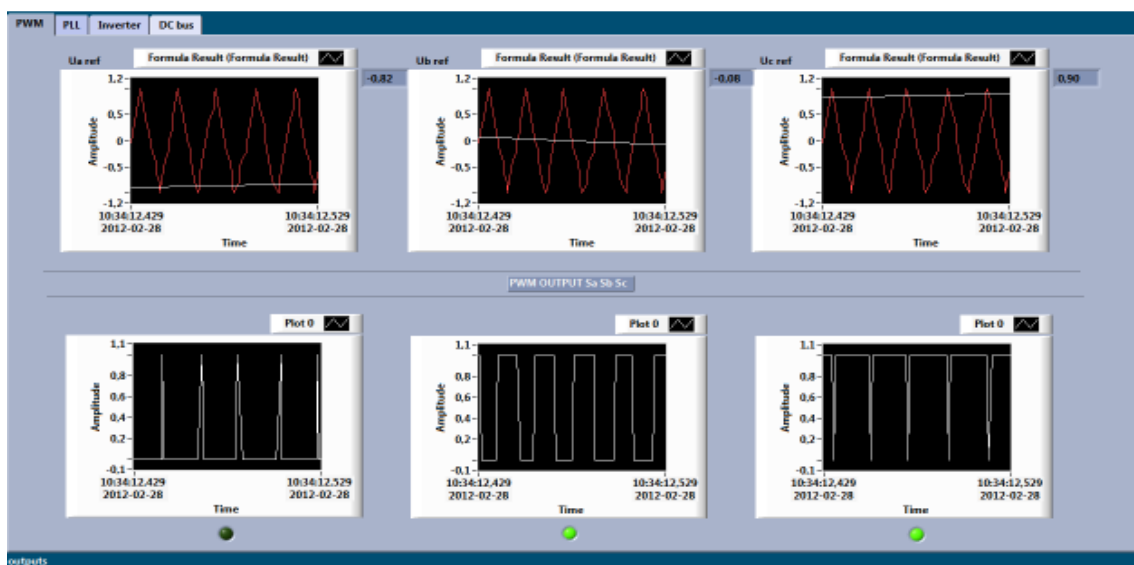


Figura 8: Pulse Width modulation

En la Figura 9, se muestran los resultados monitorizados a tiempo real del bus de continua donde la tensión sigue la referencia.

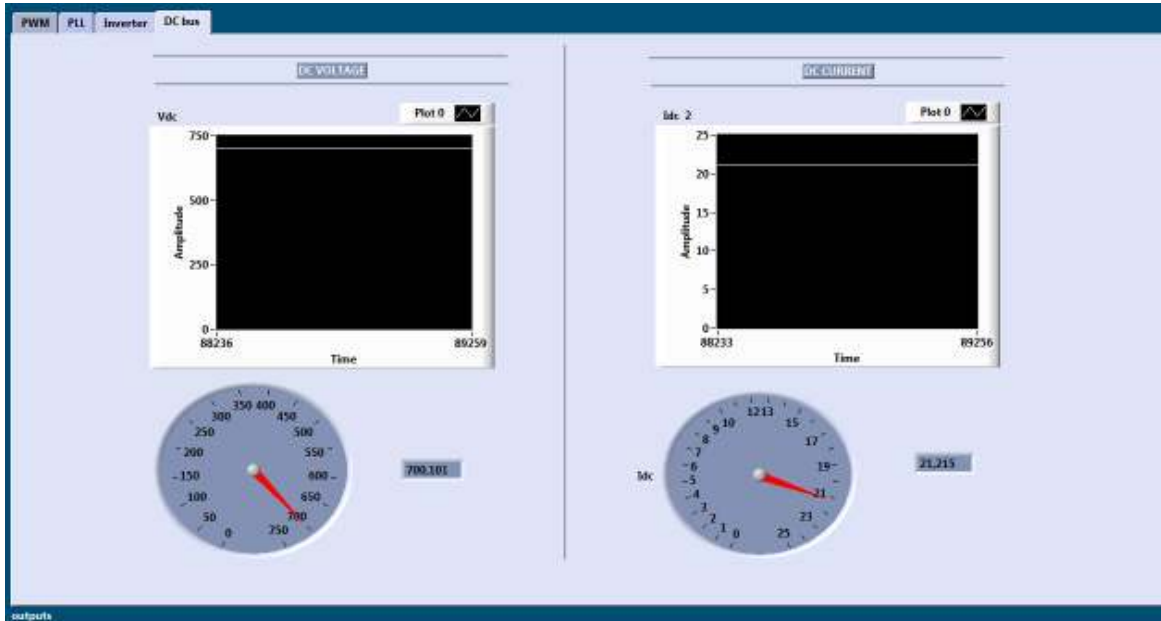


Figura 9: DC bus

Por último se monitoriza el inversor, controlando como se ve en la siguiente figura (Figura 10) las corrientes que circulan por las tres fases.

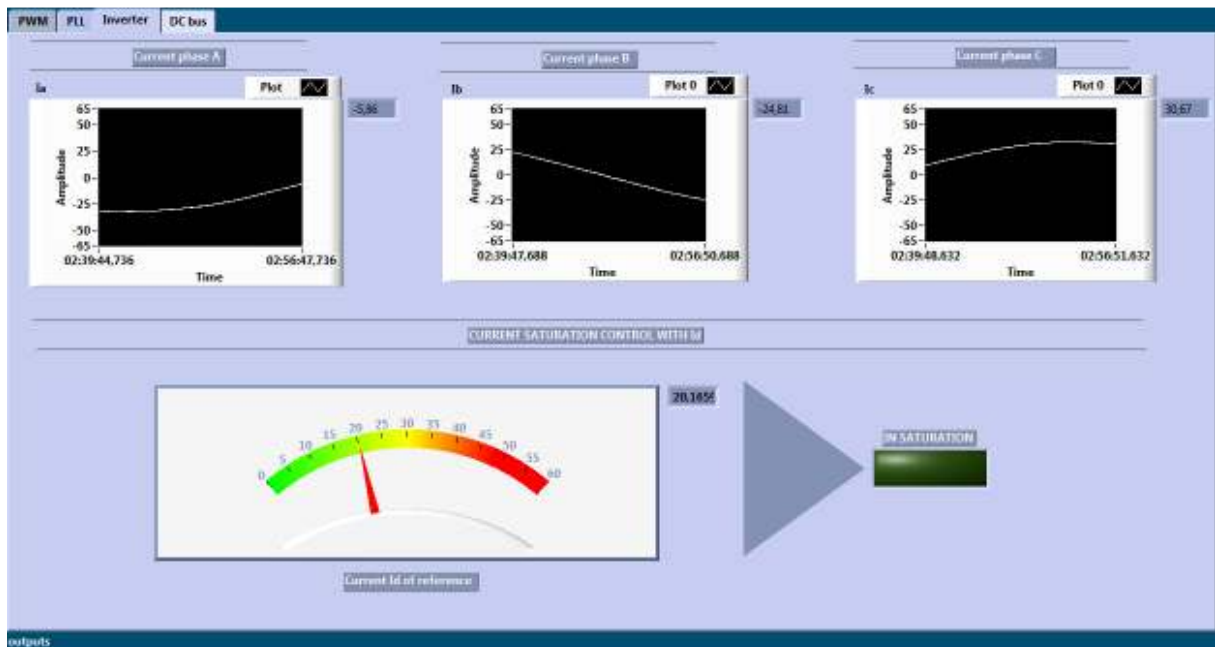


Figura 10: Monitorización de las corrientes del inversor

4. Implementación del hardware y resultados

El sistema montado en el laboratorio , que se puede observar en la Figura 11, para ejecutar los experimentos está formado por:

- Fuente trifásica de tensión alterna.
- Tres inductores de 3mH.
- Caja de medidas.
- Caja con fuentes de tensión continua que alimentan los dispositivos hardware y relés.
- Inversor conectado a una carga resistiva.
- El sistema de control CompactRIO.

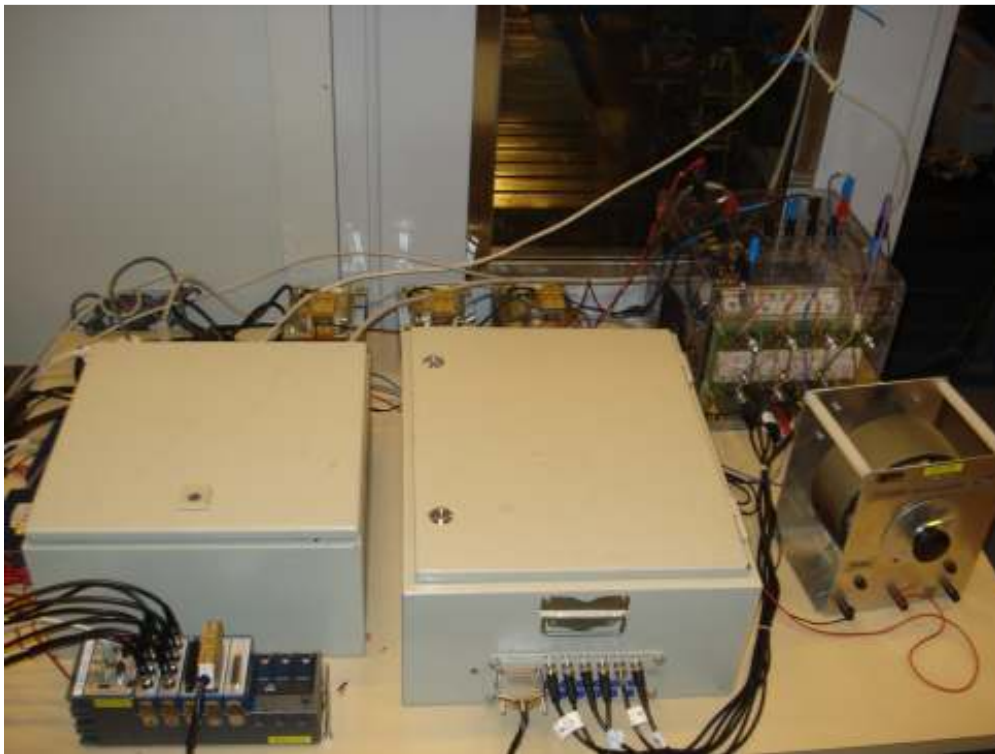


Figura 11: Foto del sistema montado en el laboratorio

Después de la implementación y el los ensayos del hardware, algunos resultados se obtienen a través del panel frontal del programa que se ejecuta en el microprocesador del CompactRIO. Las principales funciones de control son para controlar el voltaje del bus de DC y establecer una corrección del factor de potencia con el fin de tener un factor de potencia unitario. El sistema se alimentó con 20 V de tensión línea-línea y la tensión de referencia se fijó a 50 V. La respuesta del control se comprobó también cambiando la tensión de referencia DC a 60 V, mientras que el sistema estaba operando.

Como se muestra en la Figura 12, la adquisición de datos de los voltajes y la transformación dq se hacen en la primera pestaña del panel frontal. La transformación dq utilizando el ángulo de salida del bloque PLL está bien hecho ya que la tensión en el eje q es cero.

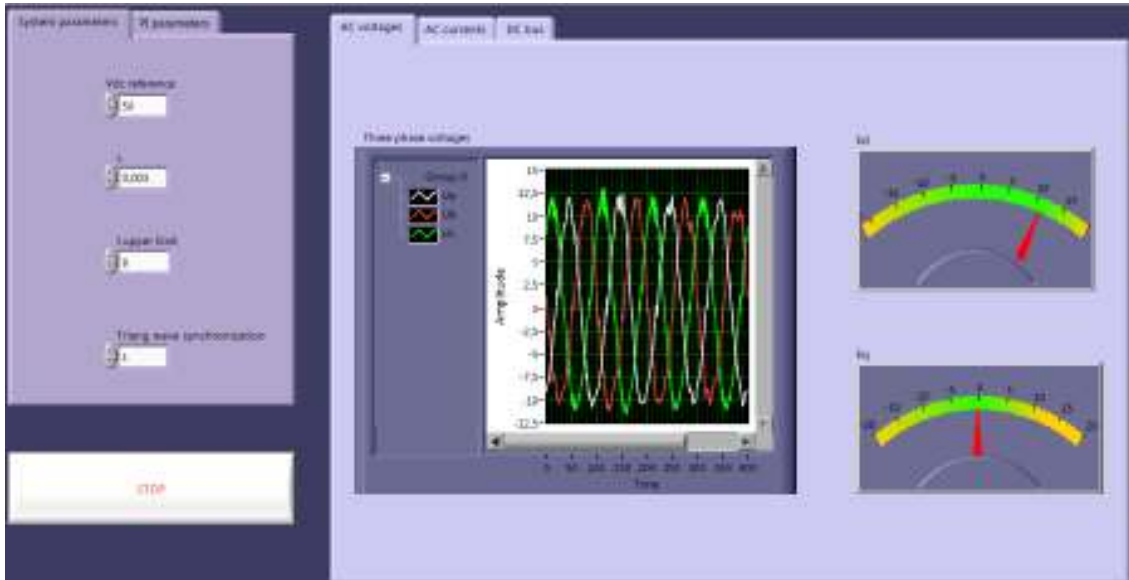


Figura 12: Tensiones alternas y transformación en ejes dq

En la siguiente pestaña del panel frontal (Figura 13), las corrientes de AC medidas se pueden comprobar. Atendiendo a i_q , el control para la corrección del factor de potencia está actuando porque esta componente de la corriente es cero, lo que supone un factor de potencia unitario sin potencia reactiva que fluye a través del sistema.

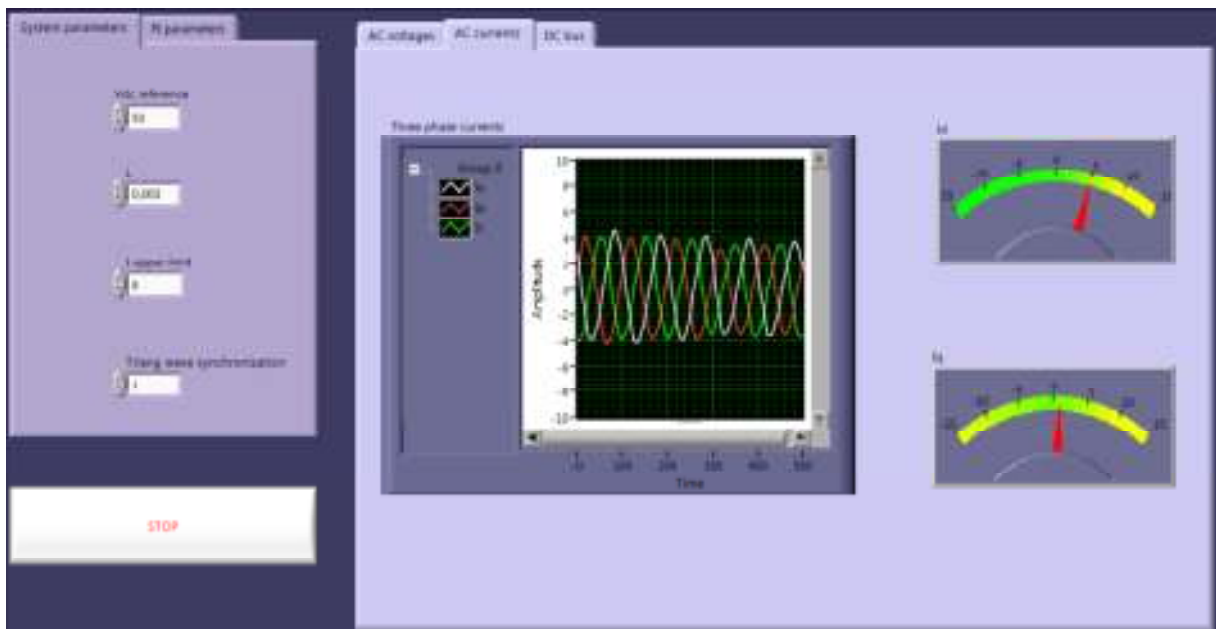


Figura 13: Corrientes alternas y transformación en ejes dq

Por último, en la última pestaña del panel frontal, el voltaje del bus de DC y corriente se muestra (Figura 14). Además, hay un led indicando si el relé de DC se activa o no, es decir, si la carga está conectada o no.



Figura 14: DC bus

5. Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

Los resultados muestran que el sistema está trabajando eficazmente como un rectificador y que cumple en su salida la tensión de continua deseada. Además, cuando se aplica un escalón en la tensión de referencia, el sistema tiene una buena respuesta y encuentra el nuevo valor de referencia. Hay algunas pequeñas oscilaciones en la salida del bus de continua, que puede ser causada probablemente por la alta frecuencia de conmutación, junto con la inyección de un tiempo muerto entre las conmutaciones. El nivel de potencia que tuvo que ser utilizado en la aplicación práctica también afecta a los resultados obtenidos debido a que el control necesita ser más preciso con bajos niveles de tensión causado por una mayor influencia de cada componente del sistema.

En cuanto a calidad de la energía, el sistema cumple con los requisitos y lleva a cabo una corrección de factor de potencia. El factor de potencia unidad se logra mediante la puesta a cero de el valor de la componente reactiva de la corriente y la sincronización de las corrientes en el sistema con los voltajes.

5.2. Trabajo futuro

En esta tesis, el método de modulación PWM se utilizó, aunque el método de modulación se puede mejorar mediante la modulación de vector espacial. SVM es un método de modulación simple y eficaz que proporciona una considerable reducción de los armónicos

En este sistema un tiempo muerto de 5 microsegundos se aplicó entre conmutaciones. Con el fin de mejorar el rendimiento del sistema, se puede realizar un análisis con el fin de minimizar el tiempo muerto añadido durante las conmutaciones de los IGBTs.

Puesto que el inversor utilizado para la configuración tiene 4 patas y una no está en uso, un control de corriente se puede hacer mediante el uso de esta última etapa, trabajando como un convertidor DC-DC.

Con el fin de mejorar la medición de tensiones y corrientes, un filtro de paso bajo se puede añadir usando los cálculos ya realizados en el capítulo de diseño.