

# ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS PRACTICAS DE RECTIFICADORES CONTROLADOS POR FASE Y CONTROLADORES AC-AC DEL EQUIPO EDUCATIVO MAWDLEYS

José Luis Falconi<sup>(1)</sup>, David Barzallo<sup>(2)</sup>

Alberto Larco<sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)<sup>(1)(2)</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

jlfalcon@espol.edu.ec<sup>(1)</sup>

dbarzall@espol.edu.ec<sup>(2)</sup>

dlarco@espol.edu.ec<sup>(3)</sup>

## Resumen

*La conformación del presente proyecto de graduación busca darles a los estudiantes una guía resumida y fácil de entender sobre todas las prácticas que se pueden realizar con esta máquina educacional. Además provee las herramientas necesarias para una mejor comprensión de la parte teórica vista en los cursos previos al laboratorio.*

*Por esta razón, se iniciará el capítulo uno con el diseño de las prácticas de los rectificadores monofásicos con sus configuraciones más importantes (no controlados, semicontrolados y totalmente controlados), tanto para carga resistiva como para una carga resistiva – inductiva, además del análisis con diodo de paso libre. También se mostrarán las respectivas simulaciones, de las cuales se pueden desarrollar los debidos análisis acerca de los resultados que se obtengan al finalizar cada práctica.*

*El capítulo dos corresponde al diseño de las prácticas de los rectificadores trifásicos con sus configuraciones más importantes, de tres y de seis pulsos, adicionando los análisis para conducción continua y conducción discontinua para diferentes valores de ángulos de disparo. Además de sus debidas simulaciones, con las que se pueden desarrollar las debidas interpretaciones acerca de los resultados que se obtengan al finalizar cada práctica.*

*Por último el capítulo tres resume el diseño de las prácticas correspondientes a los controladores AC-AC que se las estudia con detenimiento en la parte final de la materia Electrónica de Potencia I, en donde se analizan todos los tipos de controladores que existen para cada tipo de conducción, ya sea continua o discontinua. Se observaran los análisis para controladores monofásicos y trifásicos con diferentes tipos de cargas (resistivas y resistiva -inductiva) y para diferentes tipos de conducción (continua y discontinua).*

*Como complemento y comentario adicional, se puede decir que en nuestra actualidad, existen muchos software de computadora que se utilizan para simular este tipo de circuitos y nos ayudan a tener un enfoque diferente de los resultados esperados. En este caso se ha optado por utilizar el software de simulación “Pspice” debido a que reúne todos los requisitos para desarrollar este tipo de circuitos y además que es la herramienta que más se la ha utilizado en las diferentes materias ya vistas.*

**Palabras Claves:** Mawdsley's, topologías de rectificadores y controladores AC-AC y Pspice,

## Abstract

*The formation of this graduation project seeks to give students a condensed guide and easy to understand information on all practices that can be done with this machine education. It also provides the necessary tools for a better understanding of the theoretical view in previous courses to the laboratory. For this reason, chapter one starts with the design of single-phase rectifiers practices with their most important configurations (uncontrolled, semi-controlled and fully controlled), both for resistive load to a resistive load - inductive analysis in addition diode passage. Also show the respective simulations, which can develop due analysis of the results obtained after each practice.*

*Chapter two is for the design of three-phase rectifiers' practices with their most important settings, three and six pulses, adding tests for continuous conduction and discontinuous conduction for different values of firing angles. In addition to*

its due simulations, this can develop the necessary interpretations of the results obtained after each practice. Finally the third chapter summarizes the design practices for AC-AC controllers that are studied in detail at the end of the power electronics field I, which analyzes all types of drivers that exist for each type driving, either continuously or discontinuously. Analyses were observed for three-phase controllers with different types of loads (resistive and resistive-inductive) and for different types of driving (continuous and discontinuous).

To complement and further comment, we can say that in our present, there are many computer software used to simulate this type of circuits and help us to have a different approach to the expected results. In this case we have chosen to use the simulation software "Pspice" because it meets all the requirements for developing this type of circuit and it is the tool that it has been used in different subjects and views.

**Keywords:** Madsley's, rectifiers and controllers topologies AC-AC and PSpice.

## 1. Introducción

El presente proyecto de graduación expone los fundamentos necesarios que se realizaron para los análisis y simulaciones de la prácticas para un convertidor de tiristores de pequeña potencia como el equipo educacional inglés MAWDLEYS.

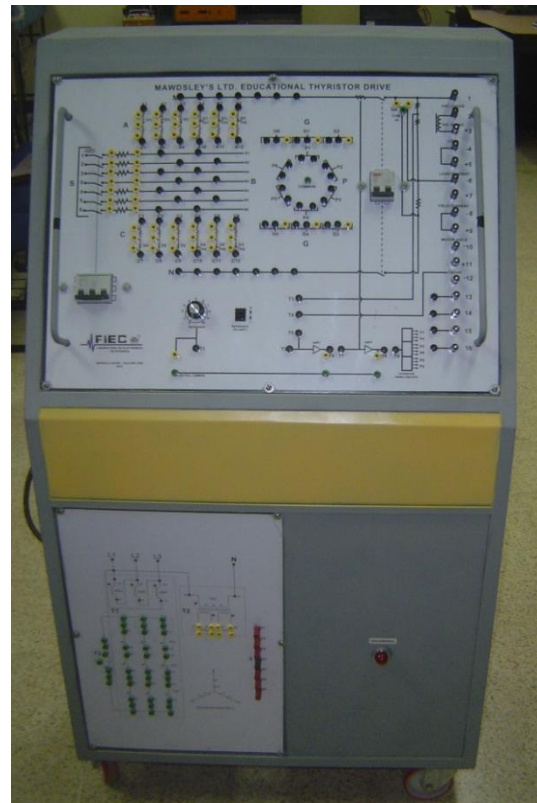
Además de recopilar toda la información necesaria para elaborar los diferentes tipos de configuraciones de rectificadores y controladores que complementan las prácticas, se analizan las diferentes simulaciones de los circuitos de cada práctica, para realizar una comparación con los resultados experimentales.

Resulta importante mencionar que el informe estará acompañado por demostraciones en computador, es decir, simulaciones, donde se ha incluido un elaborado material para simuladores, en este caso Pspice, en el cual pueden estudiarse los circuitos previo uso real del equipo.

Finalmente, podemos decir que este trabajo es apenas una apertura a la extensa base de datos existente que esperamos el lector y los demás estudiantes sientan la necesidad de estudiar en busca de nuevos conocimientos y consolidar su nivel de aprendizaje en este tipo de experiencia.

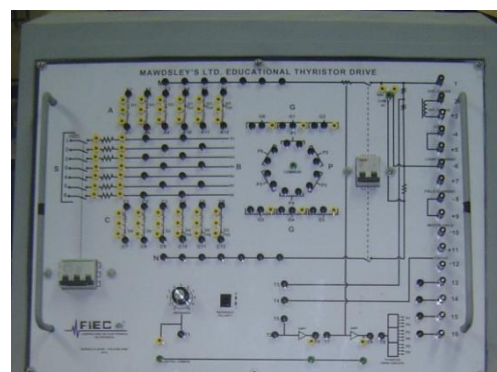
## 2. Materiales y Métodos.

El Equipo Educativo Mawdsley's, que se muestra en la Figura 1, está constituido por dos partes principales que son de vital importancia para la realización de las prácticas de variación de velocidad de motores AC y el control de velocidad de motores DC.



**Figura 1** Equipo Educativo Mawdsley's

La primera parte es el panel frontal superior mostrado en la Figura 2, donde se pueden realizar las conexiones para diferentes topologías de convertidores AC/DC, conexión de pulsos de disparo para los tiristores y control.



**Figura 2** Panel Frontal Superior

La segunda parte es el panel frontal inferior mostrador en la Figura 3, donde se puede observar las borneras de las bobinas secundarias del transformador trifásico y las del transformador monofásico, aquí se realizan las conexiones para la alimentación de los diferentes rectificadores usados en las prácticas.

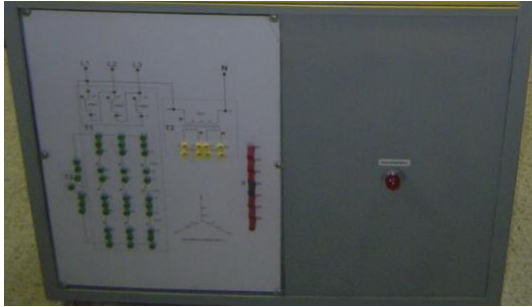


Figura 3 Panel Frontal Inferior

### 3. Resultados

#### 3.1 Práctica de los Rectificadores monofásicos

La simulación en Pspice de las señales con corriente conducción continua y carga ligera  $R=100$ ,  $L=256\text{mH}$  del rectificador monofásico semicontrolado onda completa se encuentra a continuación.

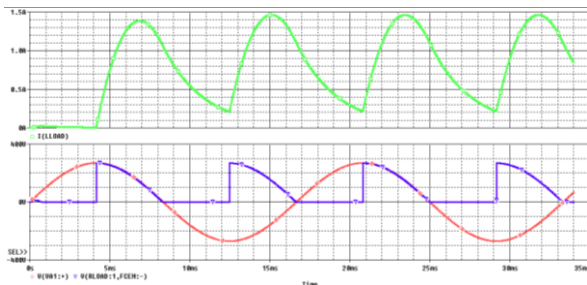


Figura 4 Simulación en Pspice de las señales corriente y voltaje

Las pruebas respectivas se las realizaron con dicha carga ligera  $R=100$ ,  $L=256\text{mH}$  para el rectificador monofásico semicontrolado onda completa y las gráficas obtenidas del osciloscopio se encuentra a continuación.

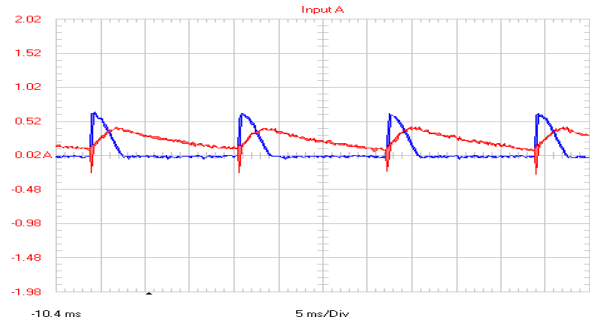


Figura 5 Imagen obtenida del osciloscopio de las señales

Claramente se puede evidenciar que para este tipo de rectificador, la máquina realiza la rectificación correcta ya que los gráficos de simulación y experimental de las corrientes y voltajes, se observan idénticas y adecuadas a la carga.

#### 3.2 Práctica de los Rectificadores trifásicos

La simulación en Pspice de las señales con diodo de paso libre  $R=100$  ohm,  $L=242\text{m}$ ,  $\alpha_F = 90^\circ$  del puente rectificador trifásico semicontrolado onda completa se encuentra a continuación.

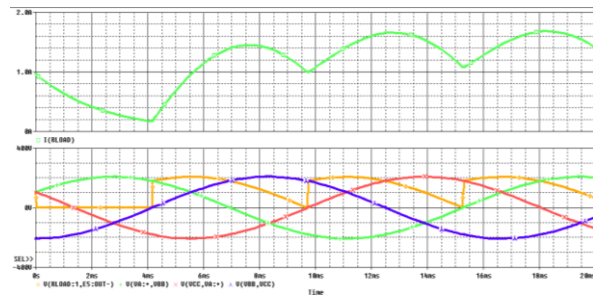


Figura 6 Simulación en Pspice de las señales

Las pruebas respectivas se las realizaron con diodo de paso libre  $R=100$  ohm,  $L=242\text{m}$ ,  $\alpha_F = 90^\circ$  para el rectificador trifásico semicontrolado onda completa y las gráficas obtenidas del osciloscopio se encuentra a continuación.

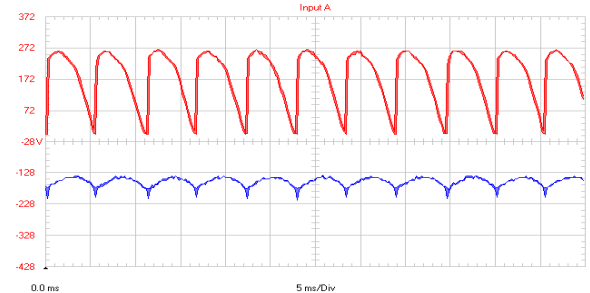
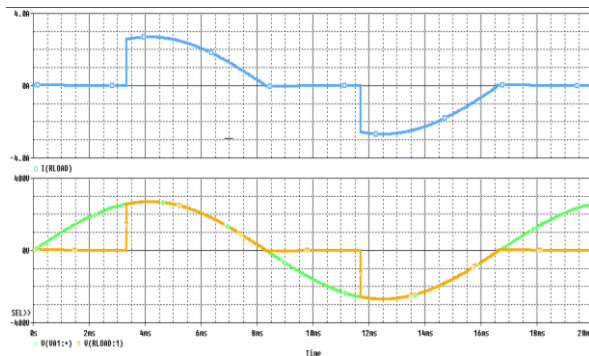


Figura 7 Imagen obtenida del osciloscopio de las señales

Se puede evidenciar también que para este tipo de rectificador, la máquina realiza la rectificación correcta, de igual manera que el monofásico, ya que los gráficos de simulación y experimental de las corrientes y voltajes, se observan idénticas y adecuadas a la carga.

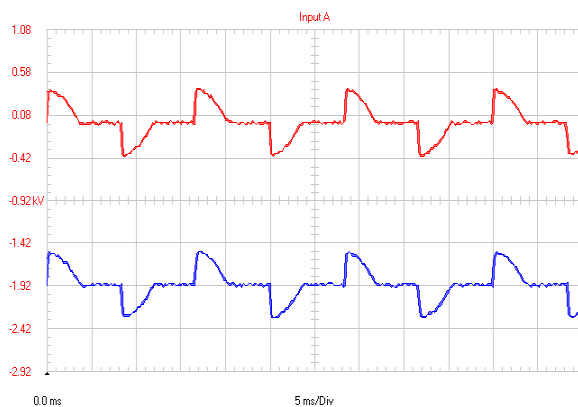
### 3.3 Práctica de los Controladores AC-AC

La simulación en Pspice de las señales  $R=100\ \text{ohm}$ ,  $\alpha_F = 80^\circ$  del controlador AC-AC monofásico unidireccional, cuya configuración comprende de un tiristor y un diodo, se encuentra a continuación.



**Figura 8** Simulación en Pspice de las señales de voltaje y corriente

Las pruebas respectivas se las realizaron con  $R = 100$  con  $\alpha_F = 80^\circ$  para el controlador AC-AC monofásico unidireccional y las gráficas obtenidas del osciloscopio se encuentra a continuación.



**Figura 9** Imagen obtenida del osciloscopio de las señales de voltaje y corriente para conducción continua  $R = 100$  con  $\alpha_F = 80^\circ$

De esta manera, se puede evidenciar también que para este tipo de controlador, la máquina realiza el control adecuado ya que los gráficos de simulación y experimental de las corrientes y voltajes, se observan idénticas y adecuadas a la carga que se está utilizando.

## 4. Conclusiones

- Las simulaciones y gráficos experimentales de las prácticas de todos los rectificadores y controladores realizadas durante este proyecto, van a servir de mucha ayuda para el completo entendimiento de éstas y su experimentación durante las clases de Laboratorio, ya que están diseñadas de manera sencilla, concisa y gráfica, ejecutando los procedimientos paso a paso.
- Con los equipos de convertidores tipo Mawdsley's se pueden analizar experimentalmente las diversas topologías y configuraciones de los convertidores AC/DC y AC/AC basados en tiristores, aunque también se los puede utilizar en el estudio de los sistemas de control en lazo cerrado de velocidad y torque de motores DC.
- Para asegurar el correcto estado de todos los componentes se realizaron diversas pruebas, dejando que la máquina entre en una operación normal por períodos de tiempo prolongados, corroborando que su funcionamiento sea óptimo y eficiente.
- La utilización de los simuladores por computadora como Pspice contribuyen significativamente a mejorar la comprensión de la operación de las tarjetas electrónicas usadas en los equipos, y comparar y analizar las señales obtenidas en los distintos convertidores.
- Los equipos pueden suministrar potencia a cualquier motor DC de características similares a las del motor TERCO DC MV1006. Sin embargo, el controlador Proporcional-Integral está configurado de acuerdo a los parámetros de dicho motor, no hay acceso externo para cambiar las ganancias controladoras por tanto no debe esperarse que funcione de igual manera en todos los motores debido a sus distintos parámetros eléctricos y mecánicos.
- Para realizar la calibración de los pulsos de disparo se debe poder observar las señal de entrada de sincronismo y la señal generada por la activación del PUT por fase, la cual debe estar 180 grados después del primer cruce por cero de la onda de sincronismo, cuando el potenciómetro de referencia está en cero, para poder obtener esto podemos llegar a calibrarlo por los potenciómetros RV1, RV2, RV3 para las 3 fases respectivamente.

## 5. Recomendaciones

- Es recomendable, en un futuro añadir inductancias de choque en la entrada de alimentación de los Equipos Educativos tipo Mawdsley's para evitar que las corrientes de arranque de los transformadores sean demasiado altas y puedan causar efectos dañinos en el equipo.
- Se recomienda utilizar otros valores de cargas al momento de hacer las prácticas, ya que los valores que se encuentran en este informe son solo referenciales y sería bueno que el estudiante desarrolle su capacidad de análisis con diferentes valores y tipos de señales.
- En un futuro, es preferible cambiar el tablero de madera donde se montan los elementos de potencia por un tablero de mica aislante, que proporcione más seguridad y mayor tiempo de vida.
- Como buena práctica, antes de conectar los equipos hay que verificar que la alimentación se encuentre en secuencia positiva, dado que una secuencia negativa produce un mal funcionamiento en la lógica de control.

## 6. Referencias

[ 1 ] **Recalde Ángel**, "Modernización De Equipo Educativo Inglés Convertidor De Tiristores Mawdsleys" Consultado Diciembre 2010

[ 2 ] **monografías**, "REPORTE DE PRACTICAS Y SIMULACIONES"  
<http://www.monografias.com/trabajos12/repract/repract.shtml#PRACDOS> Consultado Febrero 2011

[ 3 ] **digikey**, "Catálogo de resistencias 5W Digikey" <<http://parts.digikey.com/1/parts/787744-res-alum-housed-10-ohm-25w-1-tmc25-10.html>> Consultado Febrero 2011

[ 4 ] **digikey**, "Catálogo de diodos Digikey" <<http://parts.digikey.com/1/parts/411788-diode-std-rec-1200v-16a-do-4-16f120.html>> Consultado Febrero 2011

[ 5 ] **Muhammad H. Rashid**, "Electrónica de Potencia"  
Consultado Mayo 2011