



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
México

Domínguez Sánchez, Gabriel; Esparza González, Mario Salvador; Román Loera, Alejandro  
Comparación entre un arrancador electrónico diseñado con IGBT's y un arrancador electrónico  
comercial

Conciencia Tecnológica, núm. 23, 2003

Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94402302>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **Comparación entre un arrancador electrónico diseñado con IGBT's y un arrancador electrónico comercial**

M.C. Gabriel Domínguez Sánchez, M.C. Mario Salvador Esparza González,  
M.C. Alejandro Román Loera.

Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Departamento de Ing. Eléctrica y Electrónica.  
Av. López Mateos No. 1801 Ote. Fracc. Foviste Ojocaliente. Aguascalientes, Ags.  
Tel. (014)-9-10-50-02, Fax (014)-9-70-04-23. [gadsa@hotmail.com](mailto:gadsa@hotmail.com),  
[msepa@hotmail.com](mailto:msepa@hotmail.com), [aleromanloera@hotmail.com](mailto:aleromanloera@hotmail.com)

### **Resumen.**

En este artículo se presenta una comparación entre un arrancador electrónico de estado sólido diseñado para motores trifásicos en el Instituto Tecnológico de Aguascalientes basado en *IGBT's* (Transistores Aislados por Compuerta) con una propuesta de disparo, se presenta el diseño del arrancador, los resultados obtenidos y la respuesta para las mismas condiciones de operación de un arrancador electrónico comercial.

### **Palabras Clave.**

Arrancador Electrónico, IGBT, Disparo.

### ***I.-INTRODUCCION.***

El arranque de los motores a tensión reducida se vuelve necesario en la medida en que la capacidad del motor es grande comparada con la subestación de la cual es alimentado, un método de arranque a tensión reducida es requerido ya que este equipo demanda de 6 a 7 veces su corriente nominal cuando es arrancado a tensión plena [1]. Existen varios métodos de arranque para motores trifásicos, los mas utilizados en el sector industrial son: Arranque por autotransformador, Arranque Estrella-Delta, y arranque de motores de devanado partido. Actualmente esta emergiendo la tecnología electrónica la cual tiene grandes ventajas sobre los otros métodos ya que ocupa menor espacio, tiene menor peso y cuenta con mayores posibilidades para configurar los parámetros de arranque del motor [2]. Sin embargo el costo de estos equipos es alto, adicional a la contaminación de armónicos que producen durante el arranque y la operación del motor. Este trabajo esta enfocado a disminuir el contenido armónico durante la operación del motor.

### ***II. FUNDAMENTO TEÓRICO***

La figura 1 muestra los torques desarrollados al arranque de un motor donde en el arranque directo se tienen grandes torques, esto debido a que el voltaje nominal se aplica al 100% al estator, por lo que se originan altas oscilaciones sin posibilidad de ningún control. Se observa que alcanzan hasta 20Nm alrededor de los 1.8seg. En el arranque por autotransformador se reduce el torque de arranque, y en el

momento que se aplica todo el voltaje (a los 8 segundos) se induce un pico de par. Los autotransformadores solo tienen 2 o 3 derivaciones para seleccionar el voltaje de arranque aplicado al motor, por lo que lo hace un método no muy versátil. En el arranque electrónico por SCR's (Tiristores Controlados de Silicio) se aplica el voltaje en forma de una rampa continua desde un valor de cero volts, por lo que se puede tener un torque controlado. En la figura 1 en el arranque por SCR's se observa un pico en el torque como en el método del autotransformador. A diferencia del arranque por autotransformador, en el de SCR's no se tienen oscilaciones iniciales del torque ya que el voltaje se aplica en escalones muy pequeños y gradualmente, lo que da una rampa suave. Con los SCR's se tiene la posibilidad de ajustar el voltaje para cualquier cantidad que se quiera aplicar al motor. El arranque por IGBT's tiene las mismas características que el de SCR's,



Figura 1. Torque desarrollado por el motor con diferentes métodos de arranque.

### Diseño del dispositivo.

El arrancador electrónico brinda el beneficio de controlar la cantidad de voltaje aplicado al motor, por lo que también se puede controlar la corriente y el torque en el arranque. Dado que un IGBT se puede apagar

en cualquier momento del semiciclo del voltaje aplicado sin necesidad de utilizar circuitería extra (como se requiere con los SCR's), éste se utiliza en la construcción del arrancador para controlar la cantidad de voltaje aplicado al motor. La figura 2 muestra el diagrama a bloques general del arrancador.

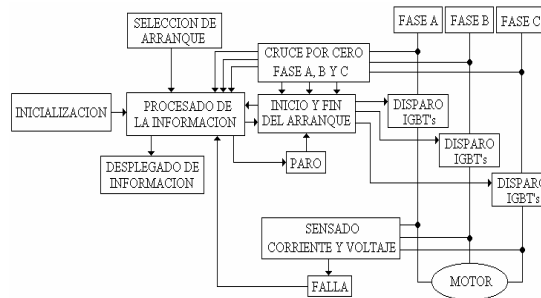


Figura 2. Diagrama a bloques del arrancador de motores trifásicos.

La etapa de potencia del arrancador diseñado se muestra en la figura 3.

Donde, se observa que se tiene un par de IGBT's en antiparalelo para el control del voltaje de cada una de las fases. Cada uno de los IGBT's se controla en forma independiente para poder tener disparos simétricos o asimétricos según se requiera en cada semiciclo. La forma del voltaje aplicado propuesto a una de las fases durante el arranque se muestra en la figura 4, esta figura es la forma para un determinado ángulo de disparo.

Dado que el motor es una carga inductiva, al momento de apagar los IGBT's se producen picos de voltaje, estos se reducen controlando el tiempo de apagado de los IGBT's. En la figura 5 se muestra el circuito de disparo que determina el tiempo de encendido y apagado del IGBT.

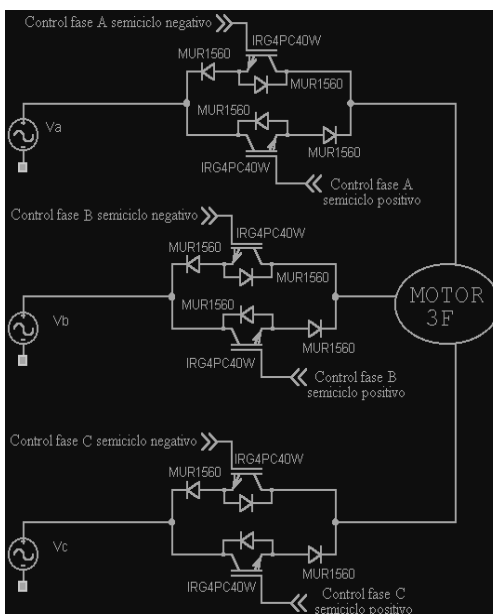


Figura 3. Etapa de potencia con IGBT's.



Figura 4. Disparo doble en cada semiciclo.

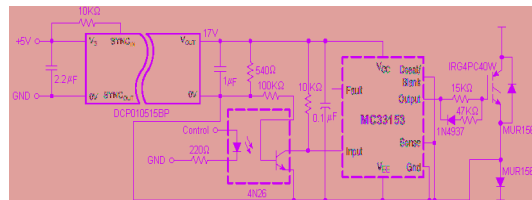


Figura 5. Circuito de disparo del IGBT.

Los tiempos de encendido y apagado se determinan de acuerdo al tipo de IGBT que se utilice y a las características de conmutación que se requieran. Para poder sincronizar los disparos de los IGBT's con la línea de alimentación eléctrica se tiene la detección de cruce por cero de cada una de las fases, esto para conocer donde inicia y donde termina el ciclo. El circuito diseñado para cada fase se muestra en la figura 6.

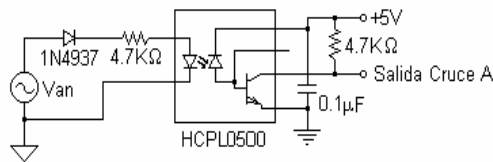


Figura 6. Detección de cruce por cero.

El tener conocimiento del estado de la corriente y el voltaje es para proteger de un mal funcionamiento o incluso de daños al motor y/o al arrancador diseñado, así como poder arrancar el motor sin sobrepasar un límite establecido de corriente, por esto se tiene la etapa de sensado de corriente y voltaje. La figura 7 muestra el circuito de sensado para una de las fases, este mismo circuito se aplica a cada una de las fases.

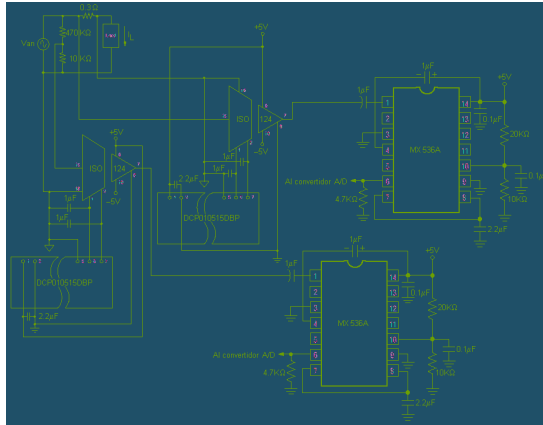


Figura 7 Circuito de sensado de voltaje y corriente de fase.

Para tener un control preciso de cada una de las fases, se utiliza un microcontrolador en cada una. Estos a la vez son manipulados por un microcontrolador central que se encarga del control general del arrancador, sensado de voltajes y corrientes, teniendo con esto la posibilidad de realizar múltiples tareas sin afectar el arranque o la operación del motor. La figura 8 muestra un diagrama simplificado de la etapa de control. Los micro interruptores son empleados para determinar la configuración antes del arranque.

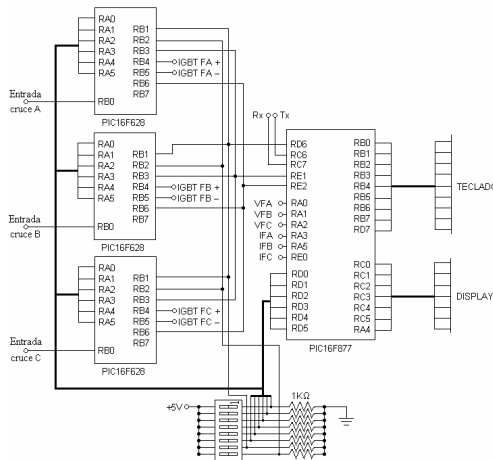


Figura 8. Diagrama simplificado de control.

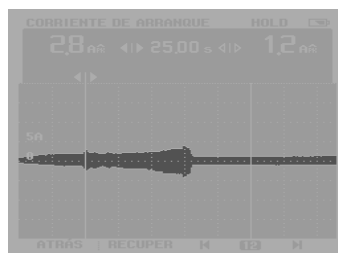


Figura 9. Corriente de arranque.

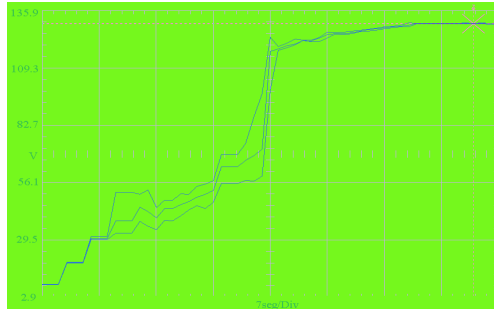


Figura 10. Rampa de voltaje aplicada.

Para obtener el arranque de la figura 9, se debe de aplicar la variación de voltaje por fase como se muestra en la figura 10, se controla el tiempo en que se incrementa el voltaje, el incremento mínimo que se tiene en el diseño es de 1.6 grados eléctricos, para obtener un arranque deseado es importante determinar los tiempos en que se incrementa el voltaje y la cantidad de ese incremento, teniendo así la posibilidad de tener un sin número de arranques distintos. La figura 11 muestra un arranque más suave que el de la figura 9, la figura 12 muestra la rampa de voltaje aplicada para dicho arranque.

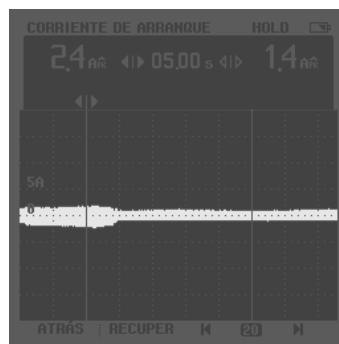


Figura 11. Arranque suave del motor.



Figura 12. Rampa de voltaje para arranque suave.

Como parte fundamental del diseño del arrancador de motores, se cuenta con protecciones contra pérdida de las fases, bajo voltaje, sobre voltaje y sobre corriente. La figura 13, muestra el voltaje y la corriente durante el arranque, la parte estable y el apagado inmediato en el momento en que ocurre una falla.

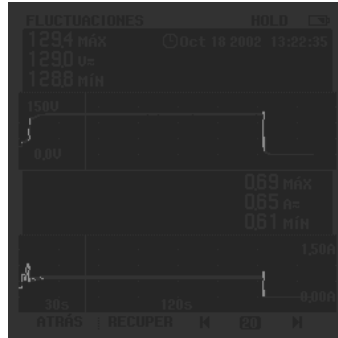


Figura 13. Operación en caso de falla.

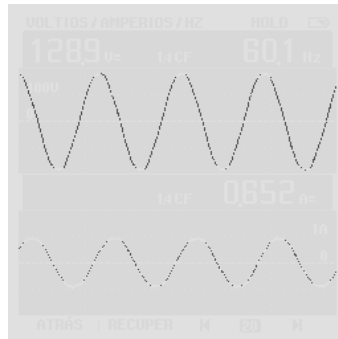


Figura 14. Voltaje (superior) y corriente (inferior) después del arranque.

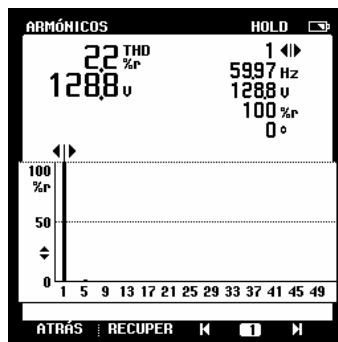


Figura 15. Armónicos del voltaje.

La figura 14 muestra en la parte superior el voltaje y en la parte inferior la corriente una vez arrancado el motor. En este punto se debe de tener todo el voltaje aplicado al motor sin ningún corte, la figura 15 muestra los armónicos de voltaje y la figura 16 muestra los armónicos de corriente en este punto. El



arrancador diseñado no induce armónicos a la línea eléctrica, las figuras 17, 18 y 19 muestran las gráficas conectando el motor directamente a la línea eléctrica.



Figura 16. Armónicos de la corriente.

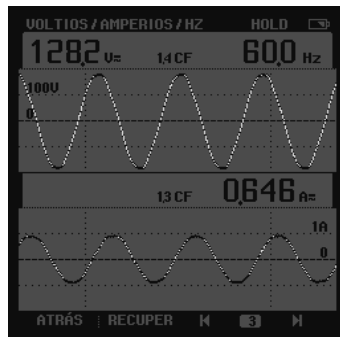


Figura 17. Voltaje y corriente del motor en arranque directo.

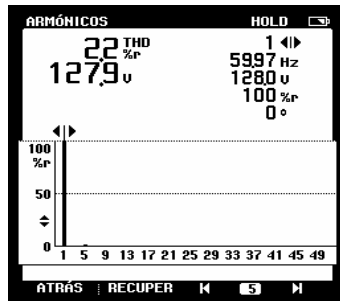


Figura 18. Armónicos del voltaje del motor en arranque directo.

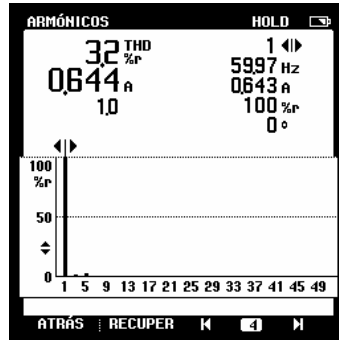


Figura 19. Armónicos de la corriente del motor.

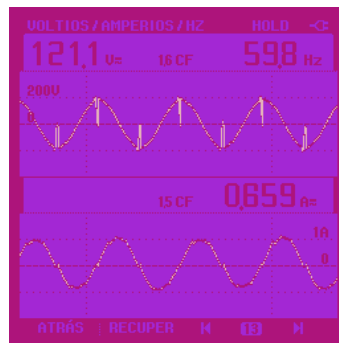


Figura 20. Voltaje y corriente utilizando un arrancador electrónico comercial por SCR's.

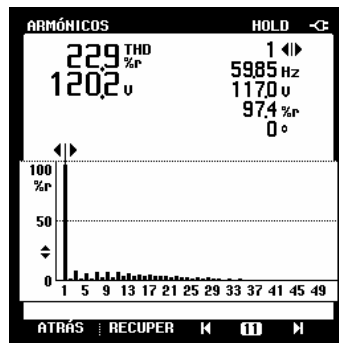


Figura 21. Armónicos del voltaje en el motor utilizando un equipo de SCR's.

Las figuras 20, 21 y 22 son obtenidas de un arrancador de motores comercial, en donde se observa que después del arranque la forma del voltaje y la corriente no son completamente senoidales.

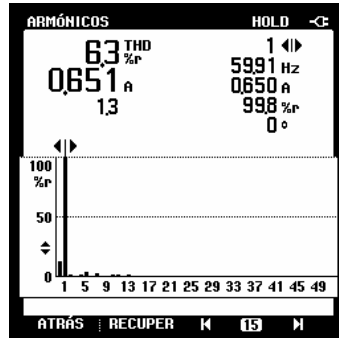


Figura 22. Armónicos de la corriente del motor utilizando un equipo comercial de SCR's.

### Conclusiones.

Con el uso de los IGBT's, se tiene un mejor control en el voltaje aplicado durante el arranque y en el estado permanente, donde en este último se obtiene una señal de voltaje senoidal igual a la de la línea de alimentación, en cambio con el control por SCR's, en el estado permanente se obtiene una señal con pequeños cortes que inducen armónicos tanto en voltaje como en corriente, dicha inducción de armónicos origina que el motor tenga un mayor desgaste en sus devanados y genere un mayor ruido acústico al ambiente.

### Referencias.

- [1] Irving L. Kosow, 1993, "Máquinas eléctricas y transformadores", Prentice Hall.
- [2] Square D, Groupe Schneider, "Altistar® 46 soft start motor controllers".
- [3] Muhammad H. Rashid, 1995, "Electrónica de potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones", Prentice Hall.
- [4] Muhammad H. Rashid editor-in-chief, 2001, "Power electronics handbook", Academic Press.