

Secuenciador de conmutación para motores de SRM mediante eeprom

Andrés Ginés Ramos

Alumno de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad eléctrica, de l'EPSEVG.

Resumen

En este documento se resumen las características principales del conjunto del secuenciador de conmutación para motores de SRM realizando el control mediante una EEprom.

Este proyecto de final de carrera, se basa en el diseño de un secuenciador para la conmutación de motores de reluctancia autoconmutados (SRM) de 4 fases, a través de una EEprom, que permita diferentes alternativas de control y aporte seguridad a la conmutación en el convertidor filtrando posibles fallos que serían fatales para el accionamiento.

1. Introducción

En los últimos años el número de motores y de actuadores eléctricos destinados a la tracción eléctrica en vehículos ha aumentado espectacularmente por cuestiones medioambientales (menos ruidosos, con mayor rendimiento), económicas (fabricación mas sencilla, menor peso y tamaño), etc. Los motores de SRM son claros candidatos a cubrir este sector, debido a que cumplen con las exigencias requeridas; como son: bajo coste, alta fiabilidad, largo ciclo de vida, tamaño reducido y bajo nivel de ruido, a demás, de permitir un elevado rendimiento, control electrónico, protección integrada, elevadas prestaciones dinámicas y tolerancia a faltas.

En este trabajo se estudia un motor de SRM con estructura 8/6 destinado a la tracción eléctrica, con el objetivo de comprobar las prestaciones de este en dicho campo.

En este proyecto lo que se ha pretendido, es implementar un control con una memoria flash para este motor.

2. Constitución del accionamiento

El motor de reluctancia es un motor de corriente continua, sin colector de delgas, sin escobillas y sin imanes permanentes.

Para poder conseguir la conmutación de la corriente en cada fase, es necesario la utilización de un convertidor estático

que está controlado por la posición del rotor mediante sensores ópticos, magnéticos o electrónica de control.

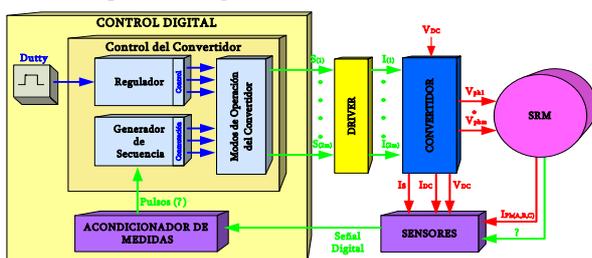


Figura 1: Diagrama de bloques del accionamiento

Podemos indicar que existen tres grandes bloques constitutivos, tal como se puede ver en la figura 1, estos son:

-Convertidor electromecánico

Existen diferentes topologías que según el numero de polos tanto del estator (N_s) y del rotor (N_r) y se identifica cada caso según la relación N_s/N_r .

A continuación se puede ver unas pequeñas ventajas e inconvenientes de los motores SRM:

Ventajas:

- Construcción mecánica sencilla y robusta
- Bobinados concentrados
- Bajo coste de fabricación

Inconvenientes:

- Necesita un número elevado de terminales y conexiones
- Necesita un convertidor estático, sensores de posición, reguladores y controladores para su funcionamiento.
- Debido a su naturaleza pulsante produce ruidos.

-Convertidor estático de potencia

El convertidor estático es el encargado de:

Efectuar la conmutación de las fases en el orden establecido por el control, cerrando y abriendo los interruptores de estado sólido que lo componen.

También se encarga de garantizar una rápida desmagnetización de las fases del SRM.

Proporciona el control en aceleraciones continuas, alta eficiencia y una respuesta dinámica rápida.

-Control del accionamiento

En el motor SRM es imprescindible saber en todo momento la posición del rotor para poder

Alimentar las fases en la secuencia correcta de forma que se cree un par motor en el sentido de giro deseado.

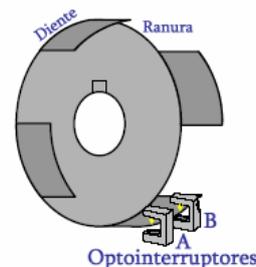


Figura 2: Detalle de los optos y del disco ranurado

3. Control del convertidor

El control del convertidor tiene dos funciones principales, que son:

- Sincronizar los ángulos de referencia con la posición del rotor para asegurar el funcionamiento dentro de la zona de trabajo deseada.
- Controlar las corrientes de fase en el estator según la estrategia escogida

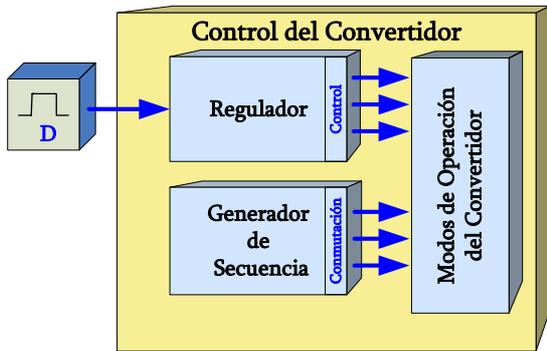


Figura 3: Diagrama de bloques del control del convertidor

El control del convertidor consta de las siguientes elementos:

Modos de operación

A continuación se explican los modos de troceado que se han utilizado en este proyecto, como de su constitución así como los resultados de la simulación, para recomendar el uso de cualquiera de los dos modos en función de la velocidad de funcionamiento.

-Modo "Softchopping"

En el modo softchopping los interruptores superiores reciben el nombre de troceadores, respondiendo a las señales del control durante el tiempo de conducción de la fase, mientras los interruptores inferiores responden a la señal de conmutación. El interruptor superior controla la corriente de la fase mediante una señal que se obtiene fácilmente combinando mediante lógica combinacional (una puerta AND) la señal de control con la señal de conmutación.

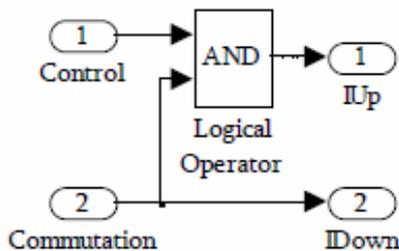


Figura 4: Lógica combinacional para troceado softchopping

-Modo "Hardchopping"

Consiste en abrir y cerrar los interruptores superiores e inferiores a la vez, de forma que si se necesita más corriente se cierran los interruptores y si se excede la

consigna deseada se abren. Tanto el interruptor superior como el

inferior son usados para controlar la corriente de la fase mediante una señal que se obtiene fácilmente mediante lógica combinacional (dos puertas AND) la señal de control con la señal de conmutación.

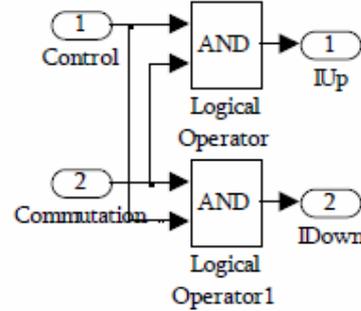


Figura 5: Lógica combinacional para troceado hardchopping

Generador de secuencia

La secuencia de conmutación debe generarse en función de la dirección de giro de la máquina y del comportamiento que se desee obtener de ella, siendo de vital importancia el lugar exacto donde se inicia la conducción y donde finaliza.

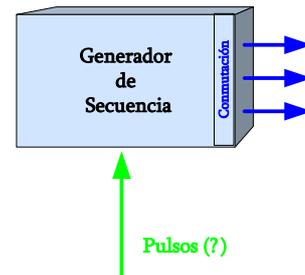


Figura 6: Entradas y salidas del bloque generador de secuencia de conmutación

Regulador

Los reguladores de corriente o tensión convierten la referencia o consigna que provienen del control del accionamiento en unas señales de excitación e las fases conectadas al convertidor, las cuales son interpretadas por el bloque que ejecuta los modos de operación para el convertidor, consiguiendo así que circule o no corriente por cada fase del SRM.

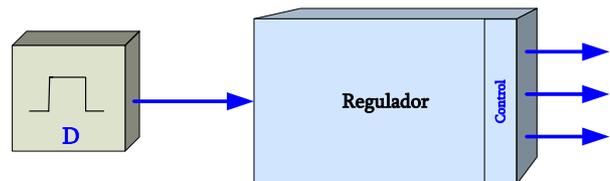


Figura 7: Posibles señales de entradas y salidas del bloque regulador

4. Implementación del secuenciador

Para la implementación del secuenciador se han construido unas placas electrónicas:

- 2 Placas driver de disparo
- 2 Placas de visualización de señales de disparo
- 1 Placa de selección de modo
- 1 Placa de control del convertidor

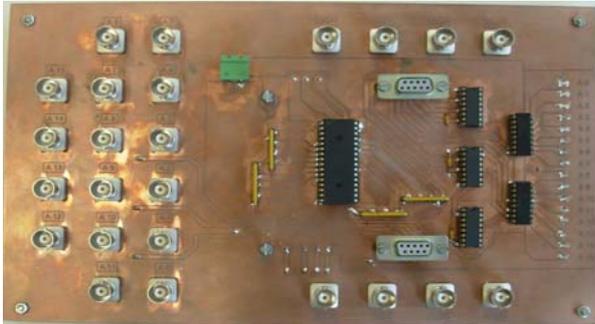


Figura 8: Placa control del convertidor

Esta placa está compuesta de 16 entradas y 8 salidas que son las que gestiona la memoria EEPROM seleccionada. Todas ellas van conectadas a los conectores BNC para minimizar los efectos del ruido. Las entradas tienen conectada una resistencia de 1 MΩ para forzar un cero a las que no se utilicen.

5. Programación de las diferentes lógicas de conmutación

-Justificación de la EEPROM

La memoria que se ha decidido utilizar es la EEPROM AMD29F010B de la casa AMD, ya que se ajusta perfectamente a nuestras necesidades, tiene un número elevado de entradas y salidas (16 salidas y 8 entradas). Otra característica de esta EEPROM, es que trabaja con lógica TTL (entre 0 y 5 V). También podemos indicar que es una memoria flash, capaz de soportar la grabación y edición, de la lógica programada, con el software adecuado, en nuestro caso se ha realizado la programación de la misma con el programador Galep 32.

-Descripción de las funciones a implementar

La descripción de las funciones a implementar, siempre teniendo en cuenta que no se activarán las fases del motor directamente, sino que las deberemos conmutar con los interruptores de la placa que se ha creado para este propósito y se irán modificando en función de la configuración que se desee trabajar.

Para realizar esto, la nomenclatura de los interruptores respecto a los convertidores será la siguiente:

- Interruptores Superiores: **TOP1, TOP2, TOP3 Y TOP4**
- Interruptores Inferiores: **BOT1, BOT2, BOT3 Y BOT4**

6. Resultados obtenidos

A continuación se presentan los diferentes resultados obtenidos en los ensayos realizados con el montaje de todos los componentes diseñados:

Señales en modo softchopping

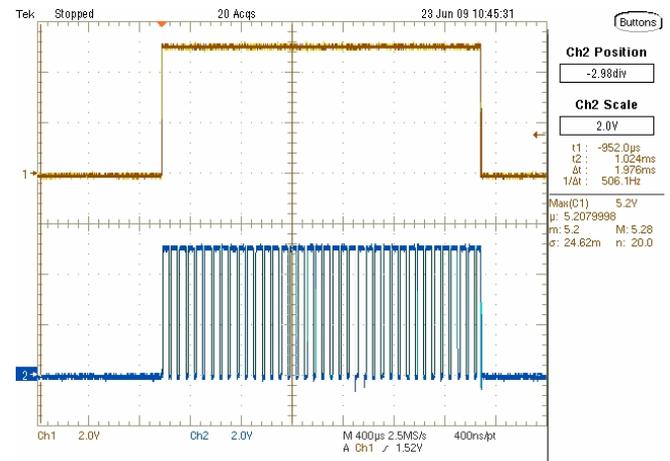


Figura 9: Gráfica de las señales de conmutación en modo softchopping a 15 kHz

En esta gráfica se puede ver, según la lógica de programación softchopping, el interruptor top (marrón) conduce durante todo el ángulo de paso mientras que en el interruptor bot (azul) se efectúa el troceado.

Señales en modo hardchopping

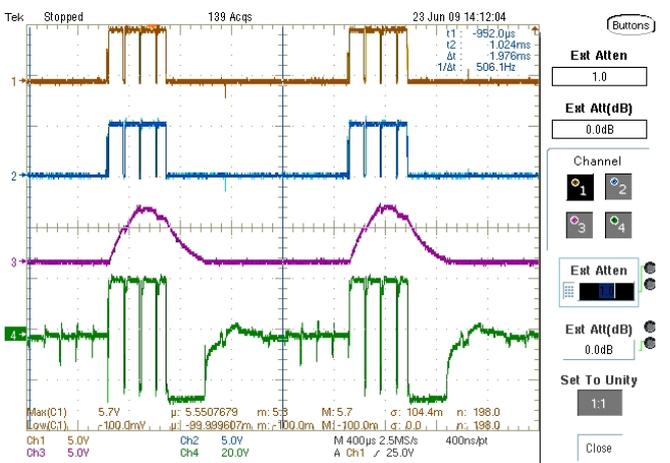


Figura 10: Gráfica de las señales de conmutación y evolución de la corriente con una frecuencia de 8 kHz y un tiempo de conducción del 90%.

En esta gráfica se observa que tanto el interruptor top como el bot están haciendo el troceado acorde con el modo de funcionamiento, con un tiempo de conducción del 90%, consiguiendo con ello una velocidad de giro de 5200 rpm y obteniendo así, un rizado de la corriente reducido.

Retardo de la electrónica

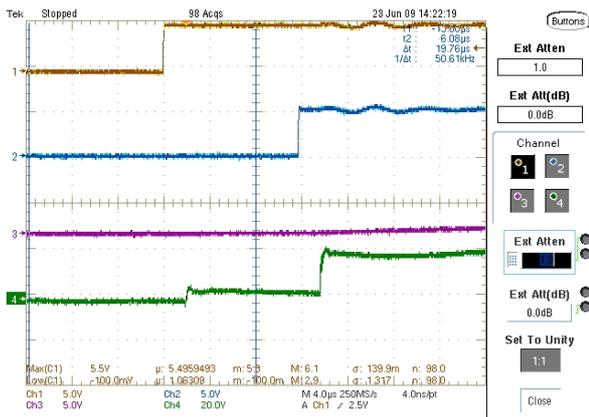
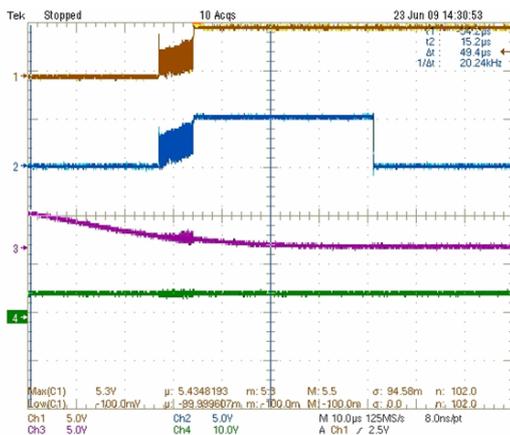


Figura 11: Gráfica de las señales de los optointerruptores y señal de conmutación a una velocidad de giro de 4300 rpm.

En esta gráfica se observa que el principio de conducción de la fase (verde) tiene un pequeño desfase respecto de la señal de salida del optointerruptor (azul).

Esto es debido a que los componentes electrónicos que acondicionan la señal, tienen un tiempo de conmutación y de procesado. Si se suman estas pequeñas pérdidas en el tiempo, tenemos un retardo entre la señal de salida del optointerruptor y la señal de disparo del interruptor y esto repercute en el tiempo de conducción de la fase.

Ruido en los optointerruptores



Figuras 12: Gráfica de las señales de los optointerruptores

En esta figura se puede ver como las señales de los optointerruptores en color lila y verde, generan variaciones de alta frecuencia en las señales correspondientes al disparo de los interruptores superior (marrón) e inferior (azul).

También se puede observar como el ruido en la señal de los optointerruptores provoca a su vez una generación de señales incorrectas que son procesadas por la EEPROM de forma correcta y esto genera un mal funcionamiento en la fase correspondiente.

7. Conclusiones

Haciendo un análisis del proyecto y de los ensayos realizados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Se ha detectado problemas en los componentes electrónicos que acondicionan la señal, estos tienen un tiempo de conmutación y procesado. Al sumar estos dos pérdidas de tiempo se tiene un retardo entre la señal del optointerruptor y la señal de disparo del interruptor y esto repercute en el tiempo de conducción de la fase. Esta problemática nos indica que se debe seguir una línea de estudio para mejorar esta

Los ensayos se han realizado satisfactoriamente al realizar la puesta en marcha del motor y se ha realizado una regulación de velocidad. Con estos ensayos se ha comprobado que cada una de las etapas construidas se adecua perfectamente a los objetivos pretendidos en este proyecto.

Después de haber realizado este trabajo, puedo confirmar que se han cumplido todos los objetivos marcados a la hora de plantearse el proyecto y se han podido realizar los ensayos con diferentes programaciones.

8. Presupuesto

Según el presupuesto detallado que se adjunta en el proyecto. El importe total de la realización del proyecto es de 15.951,09 €.

9. Agradecimientos

Agradezco a Balduí Blanqué Molina por todo el soporte y apoyo que me ha dado desde el primer día hasta el último en la realización del proyecto. Agradezco a Jonatán Díaz un compañero y amigo, por su apoyo y colaboración en la realización del proyecto. También agradezco a mi familia por el apoyo que me han dado durante todo el proceso de este proyecto. Y una mención especial para mi padre Andrés Ginés Obón por ser la persona que era y porque sin él nunca hubiera llegado hasta aquí.

10. Referencias

- [1] "Simulación interactiva de motores de reluctancia autoconmutados". Tesis Doctoral de Balduí Blanqué Molina, Noviembre 2007.
- [2] "Aportaciones al diseño y a la caracterización del motor de reluctancia autoconmutado". Tesis Doctoral de Marcel Torrent Burgues, Marzo 2002.
- [3] "Motores de reluctancia autoconmutados". Castellana, Andrada, Martínez, Perat, Torrent. Teknos. Marzo-Abril 1994.
- [4] "Contribución al control de motores de reluctancia autoconmutados". Tesis Doctoral. Ignaci Perat, Junio 2006.