

Control de motores con encoder en la periferia.

Autor de la comunicación: Sergio Ureña León

Organización: Fuji Electric Europe GmbH, Sucursal en España

C/ dels Paletes 8, Edifici B, Planta 1, Oficina B · Parc Tecnològic del Vallès

08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona) · Spain

Resumen: En este artículo, se expone un método de control de motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) poco común o habitual para la aplicación del ascensor. Se trata del control de motor síncrono con un encoder colocado en la periferia. Se explican conceptos generales de dicho control de motor con encoder en la periferia presentando un caso práctico (real). En el caso real expuesto en este artículo, se muestran distintas condiciones de funcionamiento de la cabina en las que se aprecia el adecuado control por parte del variador mostrando el estable perfil de velocidad e intensidad consumida por parte del motor y la carga. Con ello, se obtienen otras ventajas adicionales como son la reducción de la temperatura del motor, ahorro energético, prolongación de la vida del motor y reducción de los costes de mantenimiento.

FORO: COMPONENTES \ VARIACIÓN DE FRECUENCIA.

Palabras clave: *Variador de frecuencia, encoder en la periferia, regulación de velocidad, control de motores, ahorro energético, motor síncrono, pole tuning.*

1. INTRODUCCIÓN

En aplicaciones de elevación (ascensor), para el control de un motor síncrono de imanes permanentes (PMSM), normalmente se coloca un encoder en el eje del mismo motor. Dicho dispositivo es utilizado por el variador de frecuencia para detectar la velocidad de rotación del motor, así como para seguir la posición de los imanes en el rotor. Con la finalidad de llevar a cabo un control más robusto, normalmente estos encoders son absolutos mono-vuelta. Esto significa que informan tanto de la velocidad de rotación, así como de la posición en una vuelta.

Sin embargo, algunos fabricantes de motores para el sector del ascensor, han escogido una estrategia diferente. Dicha estrategia consiste en la colocación del encoder en la periferia de la polea y no en el eje del motor. Desde el punto de vista de un variador de frecuencia, a nivel de control, este método presenta principalmente un par de desventajas. La primera es la diferencia entre la velocidad de rotación del encoder y la del motor. La relación no es directa, con lo que a nivel de cálculo implica que a cada vuelta se vaya acumulando error. La segunda es el acoplamiento entre el motor y el encoder. El acoplamiento se hace mediante dos superficies lisas (una de goma y otra metálica) y puede conllevar un deslizamiento. El deslizamiento generará otro error. Estas dos desventajas que afectan a la incorrecta detección de la velocidad, también afectan al seguimiento de los imanes en el rotor.

Debido a las anteriores desventajas mencionadas, es preciso un control específico para dicha configuración. El presente artículo muestra el método de control vectorial con encoder en la periferia desarrollado por Fuji Electric.

2. OBJETIVOS

En primer lugar, se muestra el diagrama de bloques de un control vectorial tradicional para PMSM con el encoder en el eje del motor (figura 1).

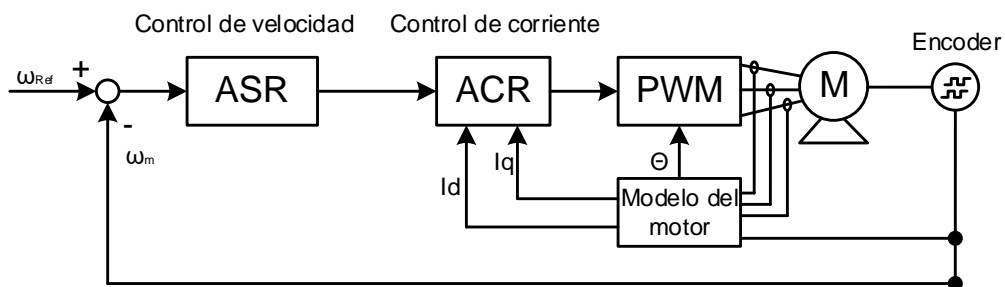


Figura 1. Diagrama de bloques control PMSM en lazo cerrado con encoder en eje del motor.

Como se ha comentado anteriormente, debido a la posición del encoder y al acoplamiento de este con el motor, el diagrama de bloques tradicional mostrado en la figura 1 no nos servirá. El diagrama de bloques para esta configuración debe incorporar un bloque para compensar la lectura errónea de la velocidad, así como un bloque para compensar la pérdida de la posición de los imanes.

La imagen 1 muestra un PMSM tradicional con el encoder acoplado al eje del motor (imagen a) y un PMSM con el encoder en la periferia (imagen b).



a. Encoder en el eje.



b. Encoder en la periferia.

Imagen 1. Ejemplos de colocación del encoder en motores síncronos usados en elevación.

El método de control propuesto por Fuji Electric soluciona el caso del diferencial entre la velocidad del motor y del encoder mediante un cálculo entre dichas relaciones o ratio. Para ello, es preciso introducir a través de parámetros, los diámetros de la polea (que dependerá del tipo / modelo de motor y de la posición del encoder) y, por otro lado, también es necesario el introducir el diámetro del encoder, en este caso, de la rueda de goma que entra en contacto con la polea de tracción.

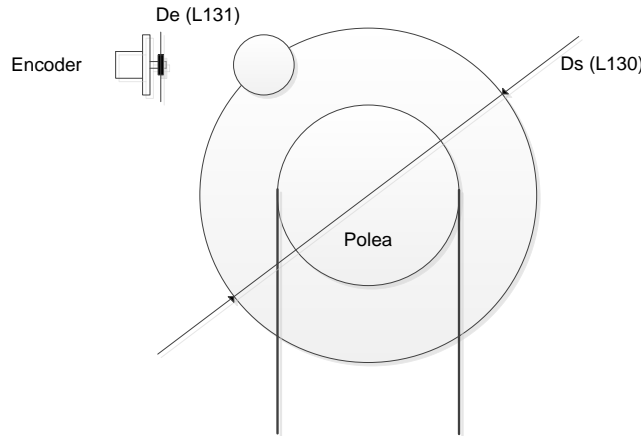


Imagen 2. Diámetros encoder (L131) y polea (L130).

Respecto a la pérdida de la posición de los imanes, así como el error en la lectura de la velocidad causada por el deslizamiento, Fuji Electric propone incluir dos bloques para mejorar el modelo de motor. En el primer bloque se caracteriza el motor a partir de los datos que aparecen en la placa de características. El segundo bloque compensará la pérdida de ángulo θ mediante una banda de compensación y una ganancia.

Así pues, la figura 2 muestra el diagrama de bloques propuesto para el control vectorial de PMSM con encoder en la periferia.

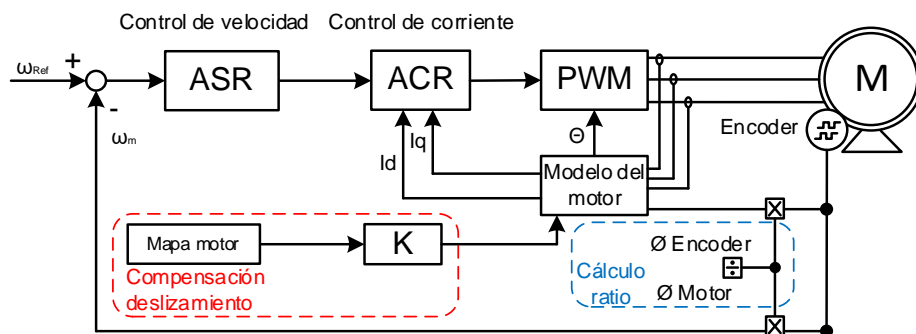


Figura 2. Diagrama de bloques control PMSM en lazo cerrado con encoder en la periferia con bloque compensador deslizamiento.

Otra herramienta que propone Fuji Electric es la realización del pole tuning (fasado del encoder) con el freno del motor cerrado y, por tanto, sin la necesidad de suspender la cabina ni realizar dicho procedimiento abriendo el freno y con el eje libre de carga. Adicionalmente, también se han añadido más herramientas a la funcionalidad del pole tuning como la realización automática en diferentes condiciones:

- Pole tuning automático al dar tensión al variador, o en casos de posible pérdida de control.
- Pole tuning automático en cada arranque del motor.

El hecho de disponer del pole tuning automático, nos proporciona una seguridad adicional en caso de que los bloques añadidos al diagrama del control vectorial no sean capaces de compensar todas las condiciones de pérdida de velocidad y/o posición.

3. PRESENTACIÓN RESUMIDA DE DATOS Y RESULTADOS

A continuación, en este apartado se presentan unos resultados prácticos del control vectorial con encoder en la periferia mediante una instalación real (ascensor en edificio de viviendas). La figura 3 muestra los datos de la instalación, del variador y del motor.

Variador	Tipo	FRN0010LM2A-4E
	S/N	1503PA050310
	Eficiencia	0,95
Motor	Potencia	2,8 kW
	Voltaje	280 V
	Corriente	9 A
	Frecuencia	12 Hz
	Polos	14
	Revoluciones	112 rpm
	Cosφ	0,85
Instalación	Paradas	5
	Recorrido	15 metros
	Suspensión	2:1
	Carga	450 kg (6 PAX)
	Velocidad	1 m/s



MX05/10	3-MOTOR	IP 21	INS.CLASS F
S3 40%	180 s/h	112 r/min	12 Hz
2.8 kW	280 V	9 A	cosφ 0.85
E 120 V	R _s 3.5 Ω	X _s 10 Ω	
SPEED 1 m/s	WINDING q2	ROPING 2:1	
CWT BAL 50%	SH. DIA 340mm	WEIGHT 180 kg	

Figura 3. Datos de la instalación, variador y motor.

En la tabla 1 se muestran los parámetros necesarios y ajustados en el variador para el adecuado funcionamiento de la instalación.

Parámetro del variador	MX05/10
P01	14
P02	2,8 kW
P03	9 A
P07	20 %
P60	3,5 Ω
P62	10,0 Ω
P63	208 V
F03	112 rpm
F04	12 Hz
F05	280 V
L130	530 mm
L131	37,2 mm
L132	45°
L133	0,8



MX05/10	3-MOTOR	IP 21	INS.CLASS F
S3 40%	180 s/h	112 r/min	12 Hz
2.8 kW	280 V	9 A	cosφ 0.85
E 120 V	R _s 3.5 Ω	X _s 10 Ω	
SPEED 1 m/s	WINDING q2	ROPING 2:1	
CWT BAL 50%	SH. DIA 340mm	WEIGHT 180 kg	

Tabla 1. Recopilación y ajuste de parámetros programados en el variador de frecuencia.

Una vez está claro el tipo de motor que el usuario puede encontrarse en la instalación, básicamente se deben ajustar los parámetros mostrados en la anterior tabla 1.

Resumidamente, dichos parámetros son los relacionados con el mapa de motor (características eléctricas) => parámetros P y F. Por otro lado, están también los parámetros L, en este caso en dos de ellos se introducen los datos mecánicos de polea tractora y rueda de goma del encoder y los dos últimos son los encargados de ajustar la compensación entre ambos elementos.

El siguiente paso, es comprobar que el sentido de giro del motor (cabina) y el consumo en función de las condiciones de carga son adecuados y ya, únicamente, quedaría realizar el ajuste del confort dentro de la cabina (probando con todas las condiciones de carga del ascensor).

Seguidamente, en las figuras 5a y 5b, se muestra un gráfico en el que aparece el perfil de velocidad del ascensor.

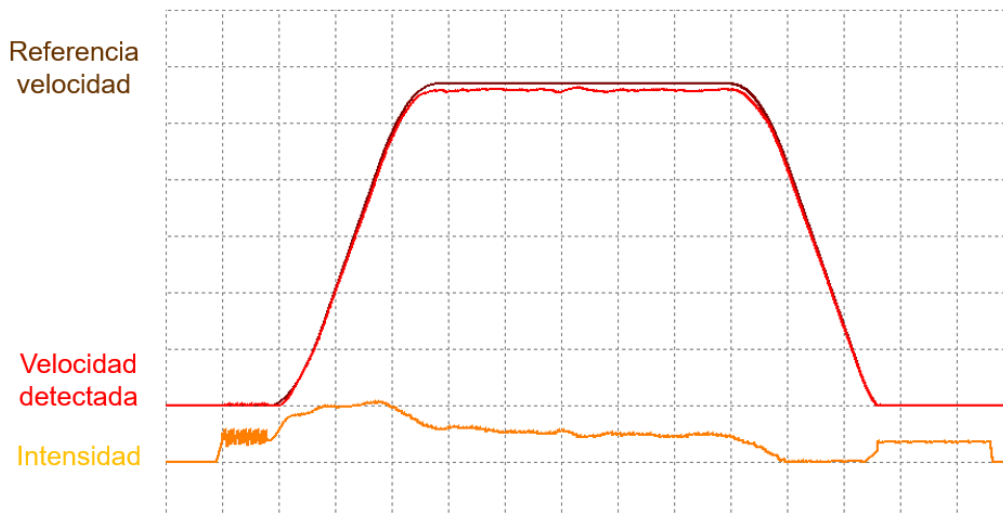


Figura 5a. Gráfica confort instalación (cabina vacía bajando).

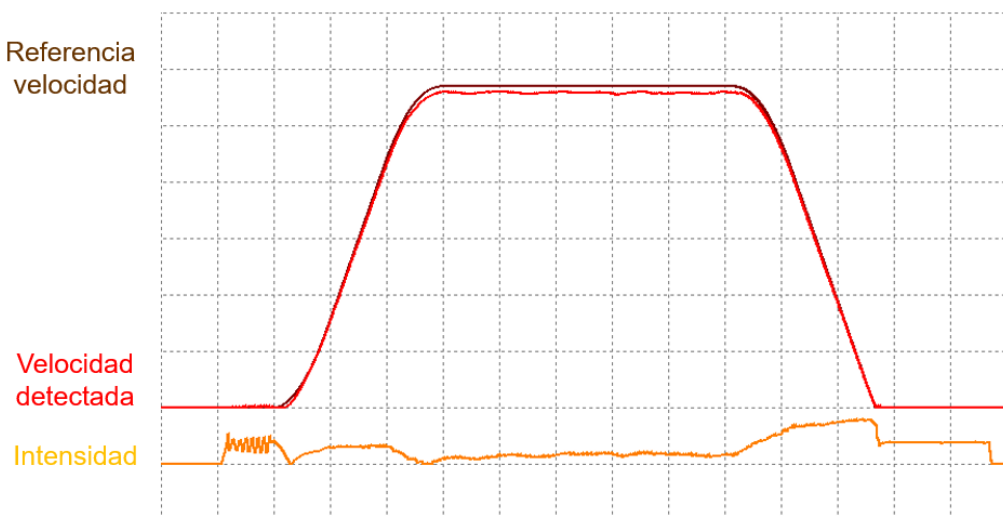


Figura 5b. Gráfica confort instalación (cabina vacía subiendo).

La figura 5a muestra el perfil de velocidad en condición de cabina vacía y bajando. Mientras que la figura 5b, muestra el perfil de velocidad en las mismas condiciones de cabina vacía, pero en sentido subida.

Para simplificar, únicamente se muestran tres variables:

- Referencia de velocidad (velocidad a la que debe ir la cabina, en este caso la velocidad nominal).
- Velocidad detectada (es la lectura de velocidad recibida por el encoder colocado en la polea tractora).
- Intensidad (es el consumo del motor en función de las condiciones de carga).

Tras analizar ambas gráficas, puede observarse que el seguimiento de la consigna de velocidad impuesta por parte de la maniobra es excelente y el confort dentro de la cabina es más que satisfactorio para el usuario final. En lo que respecta al consumo del motor (tras comprobar todas las condiciones de carga) siempre está por debajo de la intensidad nominal (excepto en la fase de aceleración de la cabina vacía bajando o deceleración de la cabina vacía subiendo), por lo que tanto el dimensionamiento del conjunto variador / motor como la mecánica son correctos.

Cabe mencionar un par de particularidades de esta instalación que es difícil de deducir a simple vista.

La primera, es que la maniobra de este ascensor se comunica con el variador de frecuencia con el protocolo CANopen CiA 417. Este protocolo permite realizar un movimiento de ascensor en control de posición, dicho de otro modo, la maniobra del ascensor no manda consignas de velocidad (rápida o lenta) al variador, sino que manda solamente la posición de destino. Con la posición de destino, el variador de frecuencia genera un perfil de velocidad adaptando las curvas de aceleración y deceleración, así como la velocidad nominal en cada viaje. El hecho de controlar la posición también nos permite prescindir de la velocidad de aproximación (o velocidad lenta) con lo que se optimiza el tiempo de viaje. Pues bien, en esta instalación se consiguió una precisión en la parada independientemente de la carga en el ascensor o de la dirección del viaje de +/- 1 mm.

La segunda es que, durante la puesta en marcha se opta por utilizar el método de pole tuning automático sólo al dar tensión o en caso de pérdidas de control. El hecho de no realizar un pole tuning a cada arranque reduce el tiempo de viaje (reduciendo el tiempo a velocidad cero) así como mejora el confort acústico.

Ambas peculiaridades validan la robustez y precisión del método de control desarrollado por Fuji Electric.

4. CONCLUSIONES

Este artículo presenta el control vectorial con encoder en la periferia incorporado en los equipos FRENIC-Lift LM2A de Fuji Electric, así como sus principales prestaciones y ventajas mostrando los resultados en una instalación real. Existen muchas instalaciones (tanto domésticas como públicas), en las que queda patente la sencillez en los ajustes y puesta en marcha del sistema, así como el óptimo funcionamiento.

Algunas de las ventajas del control vectorial con encoder en la periferia son:

- Permite el uso de prácticamente cualquier tipo de encoder incremental
- Simple ajuste y puesta en marcha
- Es posible trabajar con protocolos de comunicación como el CANopen o el DCP disponibles en el sector y así poder reducir el uso de cableado
- Se puede eliminar el paso por la velocidad de aproximación para poder conseguir un adecuado confort y precisión en la parada
- No es necesario retirar la carga (suspender cabina) durante la puesta en marcha
- Solución robusta que permite ajuste flexible

Otras ventajas adicionales por el uso de un variador de frecuencia son:

- Reducción de ruidos acústicos
- Reducción de la temperatura del motor
- Menor estrés sobre la mecánica
- Prolongación de la vida de la instalación
- Intervalos de mantenimiento más largos
- Mejora del factor de potencia de la instalación (con el uso de medidas adecuadas)

La validación de este nuevo método de control también abre la puerta a utilizarlo en PMSM con el encoder en el eje del motor. Las ventajas de utilizar solamente un encoder incremental son:

- Reduce la tasa de fallos porque el encoder utilizado tiene menos señales
- Reduce la posibilidad de error en el cableado durante la puesta en marcha
- Reducción de precio ya que, se puede utilizar un encoder más sencillo

5. BIBLIOGRAFÍA

Hardware-Software Partitioning of a Motor Control Algorithm. <https://es.mathworks.com/help/soc/ug/motor-control-simulation-example.html>

CiA® 417 series: Profile for lift control systems. Available from the CAN in Automation Association (<http://www.can-cia.org>).

CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics).
Miembros de CEMEP que son asociaciones de fabricantes nacionales respectivas:
En Alemania, ZVEI
En España, AFME

Directiva 2005/32/EC del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto al requisito de “ecodesign” (diseño ecológico) para motores eléctricos y sus equipos de regulación (variadores de frecuencia).