

AJUSTE DEL SERVODRIVER SMART STEP



INDICE

0. INTRODUCCIÓN	2
1. MONITORIZACIÓN	2
2. AUTOTUNING (Ajuste automático)	7
3. AJUSTE DE GANANCIAS	11
4. AJUSTE DEL COMANDO DE REFERENCIA	16

0.- INTRODUCCIÓN

El presente documento intenta ser una guía sobre cómo ajustar el servodriver Smart Step para adecuarse a una aplicación. La mayoría de los conceptos y explicaciones son válidos para todos los sistemas mecánicos conducidos por servomotores.

1.- MONITORIZACIÓN

1.1. La necesidad.

Cuando se va a ajustar un servodriver, es necesario conocer de alguna forma los resultados y evaluar si son buenos (o malos). Normalmente es mucho más fácil de comprobar que un sistema funciona mal, que confirmar que funciona bien. Algunos síntomas son muy evidentes: ruido del motor, vibraciones mecánicas, clara diferencia entre la posición deseada y la real, etc... Con experiencia, se pueden adquirir ciertas habilidades para detectar problemas y ajustar apropiadamente simplemente con "oir" el sistema.

Algunas veces parece que el sistema está funcionando adecuadamente pero observando atentamente, se puede encontrar algún comportamiento fácilmente mejorable pero que no tan evidente para el ojo o el oído.

Por esto es tan importante poder monitorizar la variables del sistema: Ayuda a ajustar el sistema apropiadamente dando el óptimo funcionamiento, confirma que todo está correcto o muestra la causa del problema en caso contrario.

Cuanto más rápida sea la máquina y más precisión requiera, más importante es tener un buen ajuste y la monitorización es quien nos confirma el comportamiento correcto.

No deje una aplicación sin comprobar la monitorización de la variables relevantes y confirmar que tienen valores correctos.

1.2. Diferentes tipos de monitorización.

Se pueden clasificar en dos tipos: aquellas que son capturadas en tiempo real y las que son filtradas.

Las monitorizaciones **filtradas** son aquellas que se pueden leer usando la consola de programación (parámetros Unxxx de monitorización) y aquellas que se pueden ver en distintas pantallas de monitorización del software WMON Win (Unxxx, Estado de las señales de E/S, etc...). Estos parámetros son filtrados para que el ojo pueda ver un valor mas o menos estable, de otra forma se vería una serie de números cambiando tan rápido que no se podrían distinguir. Además, estas monitorizaciones son vistas a través de una conexión serie, lo que significa un retraso añadido.

La conclusión es que estas monitorizaciones son muy útiles para conocer el estado estacionario ("regimen permanente", es decir, cuando se supone que no hay grandes cambios en la magnitud que se quiere comprobar) o para tener una idea por encima sobre el comportamiento.

Por ejemplo, si es necesario conocer el par necesario para mover un husillo a bolas (la fricción), se necesita comprobar el par monitorizandolo con el motor girando a velocidad constante (regimen permanente). En este caso, el par de salida se espera que sea más o menos constante. Si se detecta que en cierta área el par se incrementa de repente, puede ser un indicador de la existencia de un problema mecánico en ese punto del husillo a bolas. Si se intenta medir lo mismo en la aceleración o deceleración, se comprobará que el par está cambiando continuamente y no en tiempo real por lo que no se pueden obtener conclusiones.

El segundo tipo de monitorizaciones son las que se capturan **en tiempo real**. Esto se puede hacer con un osciloscopio y con las salidas analógicas de monitorización o conectando a las entradas y salidas del servodriver. Otra opción sería la función de seguimiento (función Trace) en el software WMON Win para monitorizar en tiempo real diferentes señales.

Estas monitorizaciones capturadas en tiempo real son esenciales para ajustar finamente el comportamiento dinámico de la aplicación más exigente.

1.3. Monitorización filtrada.

a) *Usando la consola de programación.*

Con la consola de programación es posible ver hasta 4 valores o parámetros al mismo tiempo. En este ejemplo se comanda el motor con un tren de pulsos continuo para obtener una velocidad de 116rpm, y en la monitorización de par se ve que el motor está entregando el 13% de su par nominal. Así se conoce que la fricción de la máquina es del 13%. Este dato es muy útil para dimensionar el motor, para establecer el autotuning y ganancias y detectar problemas.



Item	Value	Unit
Speed Reference	116	rpm
Speed Feedback	---	rpm
Current Reference	13	%
Angle of Rotation (Number of Pulses)	---	pulses
Angle of Rotation (Number of Degrees)	---	deg
Command Pulse Speed	---	rpm
Command Counter	---	counters
Command Load	---	%
Regenerative Load	---	%
Command Command Counter	---	counters
Command Pulse Counter (16-bit)	---	pulses
16-bit Command Counter (16-bit)	---	pulses
Command Counter Set	---	%
Command Counter Set	---	%

b) *Usando la pantalla de monitorización de WMON Win.*

La misma monitorización se puede comprobar usando el software WMON Win. Se puede seleccionar qué datos se quieren ver con el compromiso de que a mayor datos en el mismo tiempo, más lento es el refresco que se obtiene. Cualquier monitorización puede comprobarse individualmente o no. En el ejemplo se ha actualizado la velocidad de la realimentación y la consigna par.

La equivalencia entre los parámetros Unxxx en la consola y la pantalla de monitorización del software es la siguiente:

Número	Magnitud a monitorizar
Un000	Velocidad de realimentación
---	Referencia de velocidad. Sólo servos serieW
Un002	Referencia de par
Un003	Ángulo de rotación (número de pulsos)
Un004	Ángulo de rotación (número de grados)
Un005	--- (Monitor de señales de entrada, visualizadas como señales individuales)
Un006	--- (Monitor de señales de salida, visualizadas como señales individuales)
Un007	Velocidad del comando de pulsos
Un008	Contador de desviación
Un009	Carga acumulativa
Un00A	Carga regenerativa
Un00B	Potencia consumida por la resistencia del freno dinámico (DB)
Un00C	Contador de pulsos del comando (16-bit)
Un00D	Contador de pulsos de realimentación (16-bit)
Fn007	Relación de inercias
Rotary SW	Swich rotatorio de selección de ganancia

c) Comentarios sobre las monitorizaciones más relevantes y líneas de ayuda para el diagnóstico.

Un000 visualiza la velocidad de realimentación y Un007, la velocidad de los pulsos del comando. Como el Smart Step es un servodriver comandado por pulsos, la velocidad es una consecuencia del lazo de posición, por lo cual “la monitorización de la velocidad de referencia” no existe y en su lugar se tiene Un007. Si se aplica un tren de pulsos con una frecuencia constante, se espera que la velocidad de realimentación sea constante e igual a Un007, si no, puede ser que los ajustes del lazo de velocidad no sean buenos.

Un002 visualiza el comando de par. Esta monitorización es muy útil para conocer la fricción de la máquina. Dando un tren de pulsos con una frecuencia constante y comprobando esta variable, nos dirá la fricción. No es usual ver picos rápidos porque está filtrada.

Un003 y Un004 son útiles para comprobar que las señales del encoder son correctas y que el eje del motor está en cierto ángulo.

Un005 y Un006 son útiles para comprobar el cableado (conexión).

Un008, desviación de la posición, Un00C, contador de la entrada de pulsos, y Un00D contador de los pulsos de realimentación, son útiles para comprobar que el lazo de posición y el comando están trabajando correctamente. Se puede comprobar (en este orden) que enviando todos los pulsos (en el PLC), el Smart Step recibirá todos estos pulsos (Un00C), y después el motor se desplazará todos esos pulsos (Un00D) y, si fuera necesario, se comprobará que el motor está en el ángulo correcto (con Un003). Un008 es la diferencia entre Un00C y Un00D. Las unidades son pulsos de comando.

Un009 visualiza la relación de carga acumulativa. Es bastante parecido al valor eficaz de par (rms). Esta monitorización da una idea del dimensionado del motor con la aplicación en terminos de par medio. Encender la máquina con el ciclo más duro (exigente) y, después de algunos segundos, comprobar este parámetro. Si este parámetro es mucho menor del 100%, digamos 50%, significa que el motor está dimensionado por debajo y se podría instalar uno menor. Si el valor alcanza el 100%, el servodriver ofrecerá la alarma A71 indicando que el motor es demasiado pequeño para este ciclo (puede que sea un indicio de un problema mecánico). Si el valor está por debajo pero cercano al 100% (90% por ejemplo) significa que el motor está muy cercano a su límite. Esta situación es arriesgada porque, aunque la máquina funciona en este momento, cuando envejezca la mecánica, la fricción aumentará y puede que empiece a aparecer la alarma A71 (sobrepar). La situación ideal sería estar entre el 70% y 80%.

Esta explicación es sólo una guía de ayuda, en algunas aplicaciones el factor limitante a la hora de dimensionar el motor no es el par nominal sino el par de pico o la inercia del sistema.

Un00A es útil para verificar el dimensionado de la resistencia de frenado.

1.4. Monitorización en tiempo real

a) Usando el osciloscopio.

La mayor ventaja de usar un osciloscopio es capturar las señales en tiempo real y verlas también en tiempo real. En máquinas donde es difícil hacer muchas pruebas, es la mejor forma de ajustar el servo ya que se puede cambiar un parámetro e inmediatamente ver su comportamiento. El osciloscopio se conecta normalmente a la salida analógica de monitorización (CN4) donde se puede ver una tensión proporcional a la velocidad de realimentación y otra a la referencia de par.

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

El principal problema usando estas señales es la precisión de las salidas que es de un 15% (esto es debido a que las salidas analógicas no usan convertidores D/A sino salida PWM) y la señal es bastante ruidosa (está en un conector de plástico con cable de par trenzado en lugar de apantallado). Si se quiere ver una señal clara se deberá añadir un filtro al osciloscopio. La gráfica mostrada en el dibujo ha sido tomada de un osciloscopio y aplicando un filtro de 10kHz a cada señal.

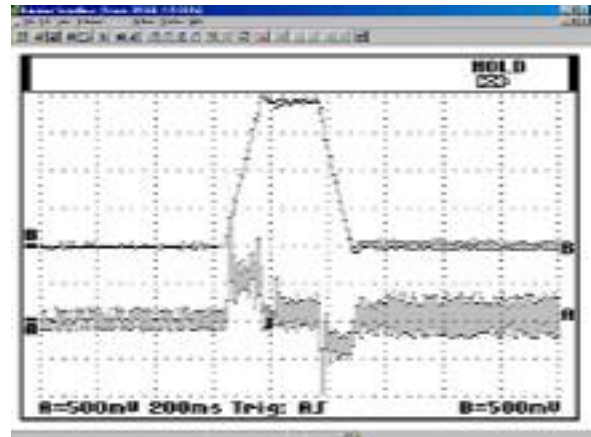


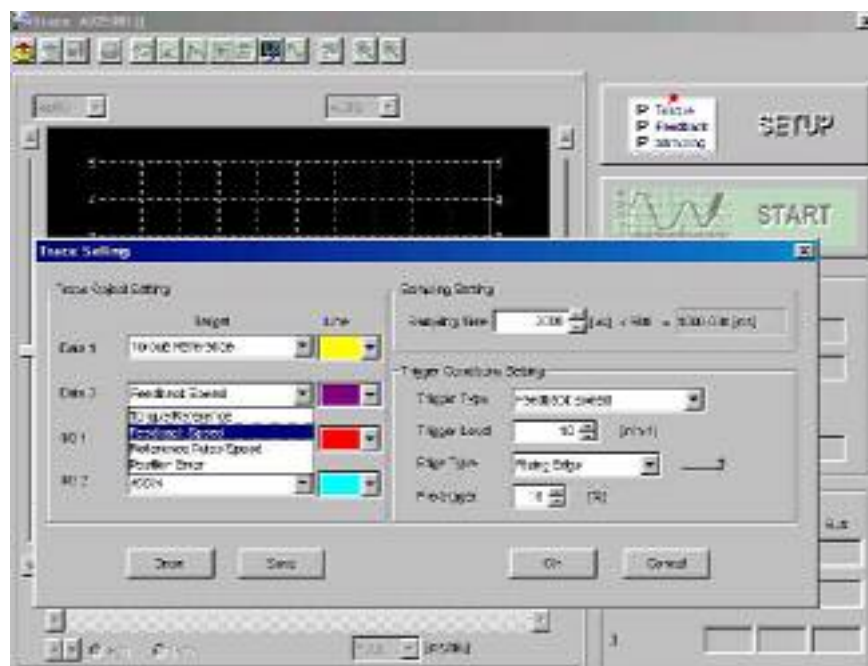
Gráfico de osciloscopio

b) Usando la función de Seguimiento (Trace) del software WMON WIN

El software WMON Win tiene una herramienta (TRACE) que permite capturar señales en tiempo real simulando a como lo hace un osciloscopio. Los datos se almacenan en tiempo real en un área de memoria dentro del servodriver y, una vez que la captura ha terminado, estos datos se transfieren al PC.

La ventaja comparándolo con un osciloscopio es que sólo se necesita el PC y que se pueden capturar otras señales distintas a “la velocidad de la realimentación” y “comando de par”. El inconveniente es que el tiempo para ver el gráfico capturado es muy lento y, entonces, no se puede cambiar un parámetro e inmediatamente ver la respuesta.

La siguiente pantalla muestra los parámetros típicos de la función osciloscopio: Esta ventana aparece cuando se selecciona el botón “SETUP” en la pantalla “TRACE”.



Ventana de Configuración y Seguimiento (TRACE)

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

En Data 1 y Data 2 se selecciona la señal analógica que se quiere visualizar. Se puede seleccionar entre las siguientes señales: "Referencia de par", "Velocidad de realimentación", "Velocidad de los pulsos de referencia" y "Error de posición".

En I/O 1 y I/O 2 se selecciona la señal digital que se quiere visualizar. Se puede elegir entre: /TGON (motor rotando), /COIN (Posicionado completo), /S-RDY (Servo preparado), /BK (comando de freno), ALM (Alarma), /S-ON (Run) y /ALM-RST (reset de Alarma).

El siguiente paso es seleccionar la base de tiempos (parámetros de muestreo). Se almacenan 500 muestras por señal. Seleccionando un "Tiempo de muestreo", el tiempo total de seguimiento (Trace) será 500 veces este tiempo. En el ejemplo se toma un muestreo cada 2000 μ s por lo que el tiempo total de seguimiento será 1 s.

Finalmente, se selecciona el trigger. El trigger determina el momento para empezar la captura. Si se selecciona "None" la captura empieza tan pronto se presione el botón "START". Si se selecciona cualquier trigger, la captura comenzará en el flanco de subida de la señal seleccionada o en el flanco de bajada del disparo seleccionado. El nivel de pre-trigger permite añadir un "offset" (desplazamiento) en tiempo para ver más claramente la señal deseada.

Una vez se completa la configuración, pulsar "OK" y después, en la pantalla Trace, presionar "START"



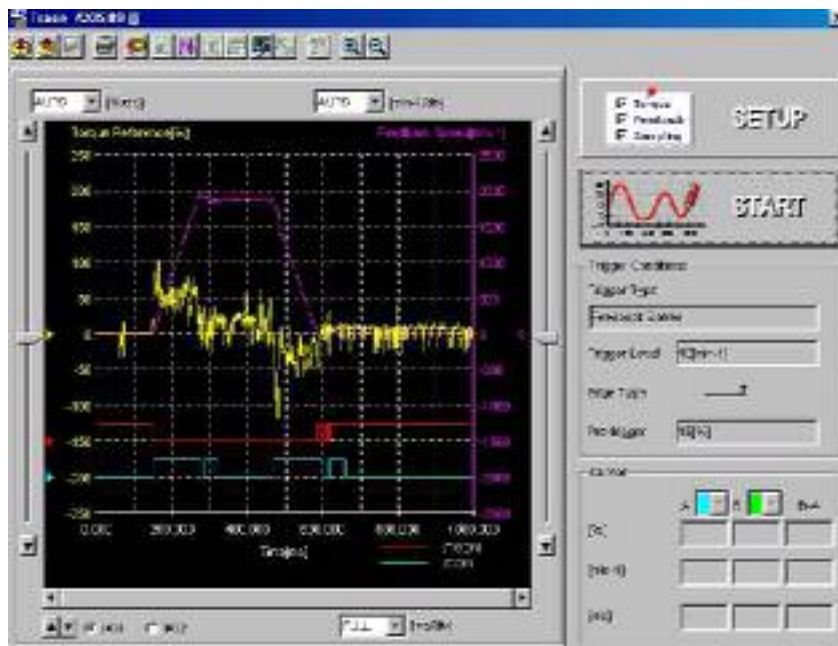
Captura del Seguimiento (Trace)

El software está esperando a que ocurran las condiciones para la activación (trigger).

Una vez que estas condiciones se cumplan y la captura haya terminado en el servodriver, comienza la transferencia de la información al PC.

Cuando esto ha terminado, las gráficas tomadas se muestran como sigue:

La pantalla muestra el gráfico del movimiento. Se puede comparar con la señal tomada de un osciloscopio normal (página 5) y la monitorización analógica. Ambas son gráficas del mismo movimiento.



Pantalla del Seguimiento (TRACE)

El comando de pulsos (posición) se procesa (filtrado y escalado) y entra en el lazo de posición. La salida del lazo de posición es la referencia de velocidad que llega a la entrada del lazo de velocidad. Notese que la velocidad es la derivada de la posición.

La salida del lazo de velocidad es la aceleración deseada (la derivada de la velocidad) pero este valor es la entrada del lazo de par. La relación entre aceleración y par es dada por la inercia (J) siguiendo la fórmula:

$$T = J \cdot \alpha$$

T = referencia de Par

J = Inercia del sistema: Inercia del motor (Jm) + Inercia de la carga (Jl)

α = Aceleración angular deseada

Es por esto que conocer la inercia del sistema es tan importante. Si la inercia es la correcta, cuando la salida del lazo de velocidad decide que la correcta aceleración es α_0 la salida de par producirá la deseada aceleración y entonces, el comportamiento del sistema será como el que se espera y el sistema será estable.

La multiplicación por la inercia del sistema es una multiplicación interna que es transparente al usuario.

Este valor de la inercia de la carga puede ser Pn103 o Fn007 de acuerdo a la regla siguiente:

Pn110.0=2 Autotuning deshabilitado.

- Pn103 es usado. Fn007 se actualiza pero este valor no tiene efecto.

Pn110.0=1 Autotuning Online.

- Pn103 se usa como valor de inercia de la carga tras dar alimentación.
- Después del primer cálculo de Fn007, este valor se usa como valor de inercia de la carga.
- Cada vez Fn007 se actualiza y el nuevo valor es usado como inercia de la carga.

Pn110.0=0 Autotuning en la operación inicial.

- Pn103 se usa como valor inicial de inercia de la carga tras dar alimentación.
- Después del primer cálculo de Fn007, este valor se usa como valor de inercia de la carga.
- El valor interno de inercia de la carga no se actualiza otra vez con los nuevos valores de Fn007. No es posible monitorizar el valor interno usado como inercia de la carga en este caso.

Nótese que, en cada opción la inercia de la carga siempre se calcula en Fn007, la diferencia es la forma en que se usa este valor. En todos los casos se puede forzar a escribir manualmente los contenidos de Fn007 en Pn103.

2.3. Limitación del Autotuning.

El firmware en el servodriver Smart Step usa un modelo mecánico interno para calcular la inercia del sistema, pero este modelo sólo funciona bien en ciertas condiciones. Si no se cumple alguna de las condiciones siguientes, los resultados no serán fiables:

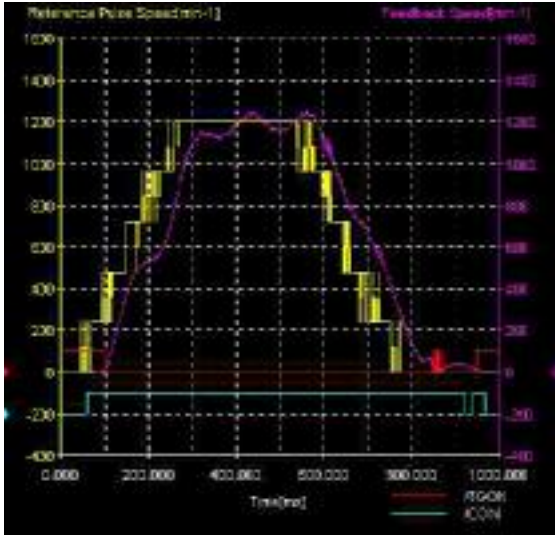
- Que la velocidad máxima mayor de 500 rpm.
- Que el par de pico sea mayor del 50% del par nominal.
- Que la inercia de la carga no cambie más rápido de 200 ms.

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

- Que el servomotor no alcance su límite de par (300% del par nominal).
- Que la rigidez no sea muy baja (mayor que 1).
- Que la fricción no sea muy alta (menos del 50% del par nominal).
- Que no haya una fuerza siempre aplicada (Gravedad en ejes verticales).

2.4. Procedimiento en modo sencillo (Usando dip switch).

- Poner a ON el switch de Autotuning.
- Aplicar un pulso de referencia de manera que se cumplan todos los requerimientos para un autotuning válido.

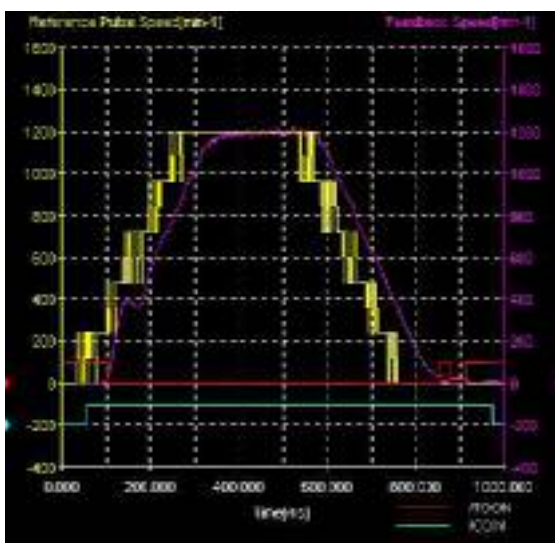


Esta es la respuesta de un sistema mecánico ante una señal de tren de pulsos con rampas de aceleración y deceleración (en amarillo se presenta la velocidad de los pulsos y en morado la velocidad de la realimentación) durante el primer movimiento, es decir que la inercia de la carga no ha sido calculada todavía.

La rigidez está seleccionada a 4 y la inercia inicial de la carga a 0.

Como se puede ver, la ejecución es muy pobre.

- Después de varios movimientos, la inercia de la carga ha sido calculada y si no va a cambiar, se puede poner a OFF el switch del Autotuning. En este momento, la inercia calculada es almacenada permanentemente en la EEPROM y no se calcula otra vez.
- Si la inercia de la carga va a cambiar en una cantidad importante pero siempre dentro de los límites del autotuning, se puede dejar a ON el switch de Autotuning todo el tiempo.



Y esta es la respuesta a la misma referencia después de dos movimientos. La inercia de la carga ha sido calculada y la ejecución claramente mejorada.

Es posible encontrar alguna discontinuidad durante la aceleración. Esto es debido a la corrección entre que la inercia de la carga ha sido calculada y el valor se ha hecho efectivo.

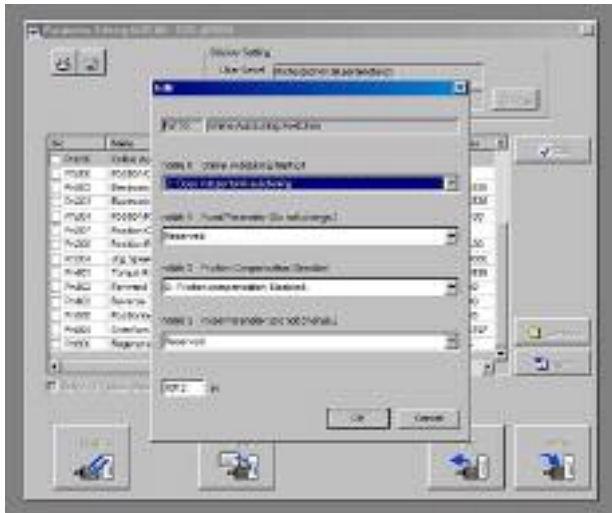
2.5. Procedimiento en modo avanzado.

En modo avanzado hay dos formas diferentes de hacer autotuning según se seleccione el parámetro Pn110.0. Las posibilidades son:

- =0 Autotuning calculado una vez tras alimentación
- =1 Autotuning calculado continuamente.
- =2 Autotuning no ejecutado.

El switch de Autotuning a OFF es equivalente a Pn110.0=2 y a ON es equivalente a Pn110.0=1. No hay equivalencia para Pn110.0=0

El procedimiento es el mismo que en modo sencillo:



Configuración del Autotuning

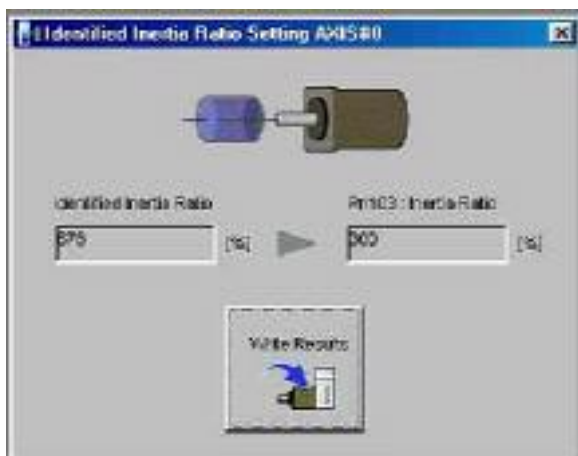
Este es el parámetro de autotuning en el WMON WIN.

Si se selecciona la compensación por fricción (Pn110.2) de acuerdo con el sistema, la precisión del cálculo de la inercia aumenta.

Para fricciones < 10% del par nominal, seleccionar no compensación. Para fricciones entre 10% y 30%, seleccionar compensación pequeña y para fricciones entre 30% y 50% seleccionar compensación grande.

No hay fiabilidad en los resultados obtenidos para fricciones mayores de 50%

- Poner el parámetro Pn110.0 a 0 ó 1, según se desee.
- Aplicar un pulso válido de referencia.
- Almacenar el resultado del Autotuning usando el software o la consola de programación.



Escritura de la inercia en Pn103

Este es el proceso para almacenar los resultados del autotuning usando WMON WIN, si se trabaja con los parámetros. La relación de inercias identificada es el valor que el servo está usando si el autotuning está activo.

Pn103 es el valor que se está utilizando si el autotuning no está activo y la primera vez tras la alimentación si está activo (hasta que se ejecuta el primer cálculo de inercia).

Almacenar el resultado tiene el mismo efecto que pasar de ON → OFF el switch de autotuning en el modo sencillo.

- Decidir si se deshabilita el autotuning o no.

NOTA 1: Es interesante almacenar el resultado del autotuning incluso si se va a dejar siempre activo. Almacenar este resultado significa escribir el valor calculado en Fn007 a Pn103. Cuando no se ha hecho todavía ningún cálculo (o el autotuning está desactivado), el sistema trabaja con el parámetro Pn103; almacenando el autotuning implica que se comenzará controlando el motor usando un valor válido y evitar el comportamiento transitorio.

Esta nota también es válida para el modo sencillo pero el número de parámetro es transparente al usuario.

NOTA 2: Incluso si el autotuning está desactivado, se puede ver el valor de la relación de inercias identificadas (Fn007) cambiando algunas otras veces. Esto significa que los cálculos de inercia de la carga se hacen todo el tiempo pero si el autotuning se desactiva, el valor calculado no se aplica y el servodriver trabaja con el valor en Pn103.

Los gráficos en modo avanzado son similares a los de en modo sencillo.

3.- AJUSTE DE GANANCIAS

3.1. Introducción

Una vez que el autotuning ha sido ejecutado con éxito, es hora de establecer las ganancias del sistema. Nótese que, si la inercia del sistema se ha calculado adecuadamente, la dinámica del sistema se definirá sólo por las ganancias.

Esto significa que, para una cierta ganancia, la dinámica será siempre la misma independientemente de la carga. Por ejemplo: el perfil de velocidad de un motor para cierta referencia será igual para un motor sin carga que para un motor cargado con diez veces la inercia del motor (si las ganancias son las mismas en ambos casos).

Por supuesto, esto es válido siempre que el sistema cumpla con los requerimientos para un adecuado Autotuning.

Este hecho es muy bueno ya que permite separar el: “modelado de la carga”, ajustado por la inercia y el “ajuste dinámico” configurado por las ganancias. En muy poco tiempo, el ingeniero de aplicaciones puede adquirir cierta experiencia que acorte el tiempo de la puesta en marcha.

El nombre de “Rigidez” no es casual y hace referencia a la rigidez (en el significado mecánico de la palabra) del sistema mecánico unido al eje del motor. Un sistema que tiene un backlash (piñones) grande o es elástico (cinta trapezoidal) tiende a ser inestable y no acepta ganancias altas. Por el contrario, la fricción tiende a estabilizar un sistema. Si está familiarizado con la electrónica, es muy similar a tener un sistema R-L-C resonante.

Por el contrario, un sistema que tiene un acoplamiento muy rígido normalmente acepta ganancias muy altas y por lo tanto muy altas dinámicas.

3.1. Modo sencillo (Usando dip switch).

En modo sencillo, las ganancias se ajustan usando el switch rotatorio. Este ajuste se llama "rigidez" y define cómo de grandes son las ganancias y cómo de cerca sigue el motor la referencia marcada. Si el parámetro es demasiado grande el sistema puede hacerse inestable.

El valor de 1 significa las ganancias más pequeñas y A indica las ganancias mayores. Valores de B a F son iguales que A.

Seguir las siguientes pautas para configurar el switch rotatorio:

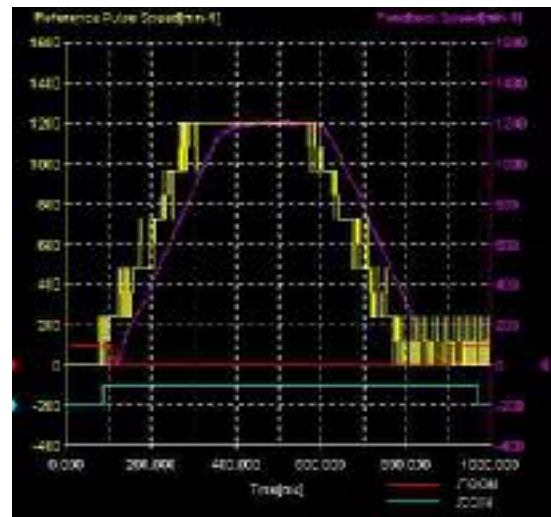
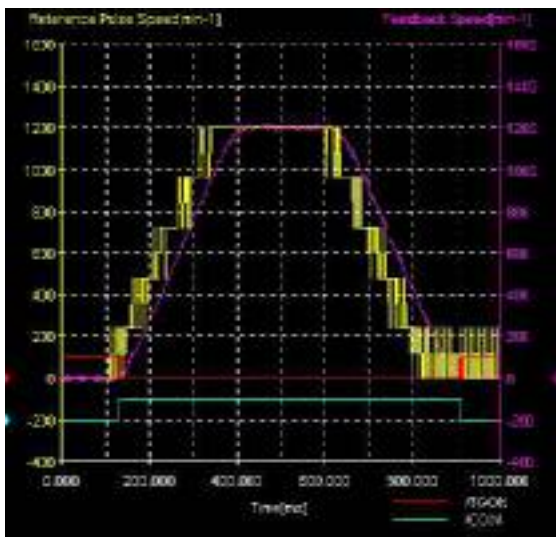
VALOR	RIGIDEZ	APLICACIÓN
0	Modo Avanzado	----
1	MUY BAJA	Robots articulados, cintas transportadoras, cadenas, piñón-cremallera
2	BAJA	
3		
4	MEDIA	Mesas X,Y, robots coordinación cartesiana, maquinaria de propósito general.
5	ALTA	Husillos a bolas, alimentadores y en general todos los acoplamientos directos al eje del motor.
6		
7		
8		
9	MUY ALTA	
A to F		

El método de ajuste es muy sencillo. Configurar el switch rotatorio de acuerdo a la tabla de arriba y aplicar al servodriver el pulso de referencia deseado. En caso de dudas es mejor seleccionar un paso menos (rigidez más baja).

Ver la respuesta a la referencia. Si la respuesta es demasiado lenta o el error de posición es demasiado grande, aumentar el valor del switch rotatorio. Por otro lado, si la respuesta es una vibración o inestabilidad o el motor emite ruido, reducir el valor del switch rotatorio.

En este gráfico se puede ver la velocidad del comando de pulso (amarillo) y la velocidad de realimentación (morado) con el swith rotatorio en 3 (valor bajo).

Todas las "esquinas" aparecen redondeadas y hay un gran retraso en el seguimiento de la referencia.



En este gráfico el switch rotatorio está en 5. Las "esquinas" no están tan redondeadas y el motor va siguiendo la referencia más de cerca.

3.2. Modo avanzado (Usando parámetros).

3.2.1. PI + Ajustes de filtro.

Para permitir el ajuste en modo avanzado, se debe situar el switch rotatorio en la posición cero, en este caso la rigidez se establece via Fn001. El switch rotatorio puesto a 'X' o el switch rotatorio=0 y Fn001=X tienen el mismo efecto. Lo que el valor de la rigidez está haciendo es cambiar las diferentes ganancias según la tabla siguiente.

RIGIDEZ	Pn100	Pn101	Pn102	Pn401
1	15	15	4000	250
2	20	20	3500	200
3	30	30	3000	150
4	40	40	2000	100
5	60	60	1500	70
6	85	85	1000	50
7	120	120	800	30
8	160	160	600	20
9	200	200	500	15
A a F	250	250	400	10

En el modo sencillo, los cambios se hacen internamente de forma transparente al usuario. La función Fn007 puede usarse con la consola de programación pero no con WMON WIN II. Para los ajustes con Fn007, seguir el mismo proceso que en modo sencillo.

A veces los ajuste con el switch rotatorio o Fn007 no son suficientemente buenos y es necesario una modificación manual de cada uno de ellos para obtener un óptimo resultado. Ver en el manual la descripción de cada parámetro y situarlo en el diagrama de bloques (página 7) para una mejor comprensión.

3.2.2. Ajuste Feedforward.

De acuerdo al lazo de posición, hay dos parámetros adicionales que pueden ser útiles para obtener un seguimiento casi perfecto: La ganancia feedforward de posición (Pn109) y el filtro del comando feedforward (Pn10A).

En un sistema con sólo ganancia proporcional del lazo de posición, existe un error de posición (error de seguimiento) que es proporcional a la velocidad del motor. Si se incrementa la ganancia del lazo de posición, se reduce el error de posición en proporción pero, por supuesto, esto no es siempre la mejor solución ya que no se puede aumentar indefinidamente esta ganancia de posición porque se llegaría a inestabilidad. La solución es usar la ganancia feedforward de posición y el filtro (Pn109 y Pn10A).

Si sólo interesa llegar a la posición de destino y lo que pase durante el posicionado no es de vital importancia, entonces estas ganancias no son importantes para la aplicación (por ejemplo, una aplicación de corte en longitud). Pero, si lo que ocurre en el posicionado es importante y se quiere un seguimiento cerrado durante todo el posicionado (por ejemplo una sincronización maestro-esclavo), es importante configurar correctamente estas ganancias.

El comando de posición se diferencia para obtener el perfil del comando de velocidad. Este perfil del comando de velocidad se añade a la referencia interna de velocidad después de haber sido filtrado y escalado. En el "mundo ideal", es decir, suponiendo que no existen perturbaciones y que la referencia es buena, si Pn109=100% y Pn10A=0, el perfil de velocidad añadido es el mejor y el error de posición es cero independientemente de la velocidad. En este caso se tendrá un error de posición durante la aceleración y desaceleración.

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

Pero no existe el “mundo ideal” por lo que a veces es necesario filtrar la velocidad comandada para obtener un perfil suave y a veces no es posible una completa compensación (Pn109=100) porque el sistema se hace inestable.

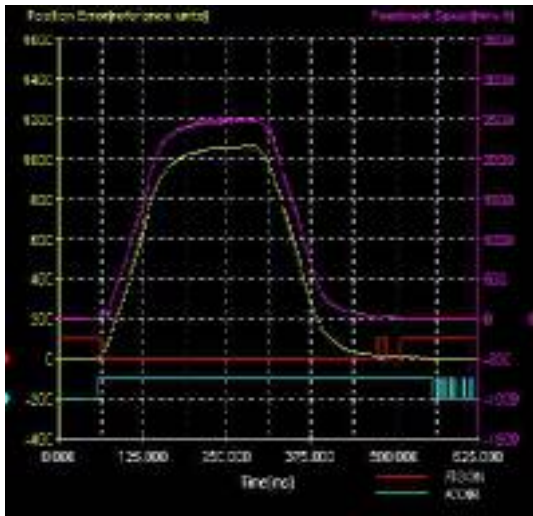


Gráfico de la velocidad de realimentación (morado) y el error de posición (amarillo) con:

Pn109=0
Pn10A=0

Se puede ver claramente que el error es proporcional a la velocidad. Un sistema con sólo ganancia proporcional tiene esta típica “cola” en la aproximación final (lento final del posicionado) porque si el error de posición es pequeño, entonces, la referencia de velocidad es también pequeña. Incrementando manualmente Pn102 se puede reducir esta aproximación final.

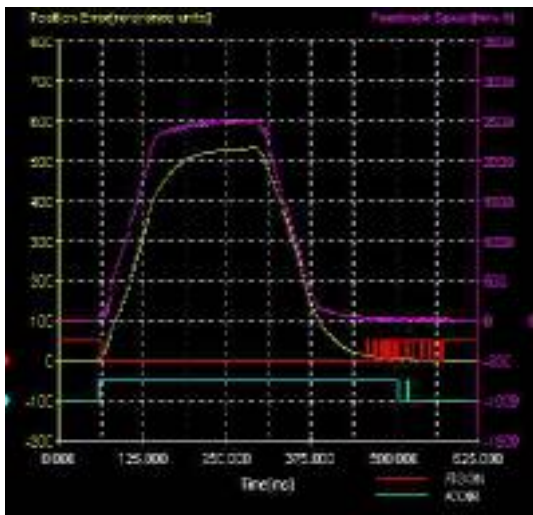


Gráfico de la velocidad de realimentación y del error de posición con:

Pn109=50
Pn10A=0

Compensando con el 50%, el error de posición es la mitad del valor sin compensación. El resto de ganancias son las mismas que en la anterior gráfica.

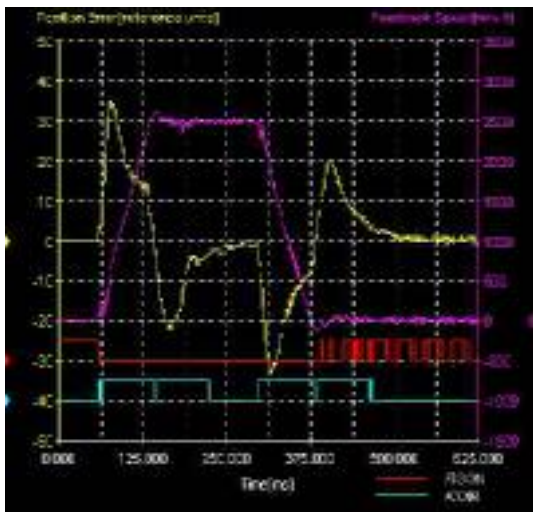


Gráfico de la velocidad de realimentación y el error de posición con:

Pn109=100
Pn10A=0

Compensando 100%, el error de posición es cero cuando se alcanza el estado estacionario. El error de posición ocurre durante la aceleración y desaceleración pero, incluso allí, el error es pequeño.

Como se ve, en el “mundo real” comienzan a verse signos de inestabilidad.

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

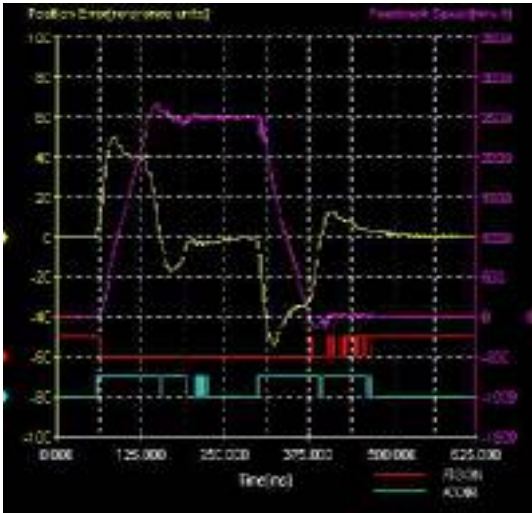


Gráfico de la velocidad de realimentación y el error de posición con:

Pn109=100
Pn10A=200

Compensando 100%, el filtro reduce las perturbaciones y así el error de posición se reduce y es menor en la zona de aceleración/deceleración. El tiempo de posicionado también se acorta y sólo hay un pequeño "overshoot" (sobrepico) al final de la aceleración pero no en la deceleración.

El efecto del filtrado se muestra mejor en los siguientes gráficos que muestran similares ajustes pero con una carga rígida en el eje del motor. En este caso, la rigidez está seleccionada en 6.

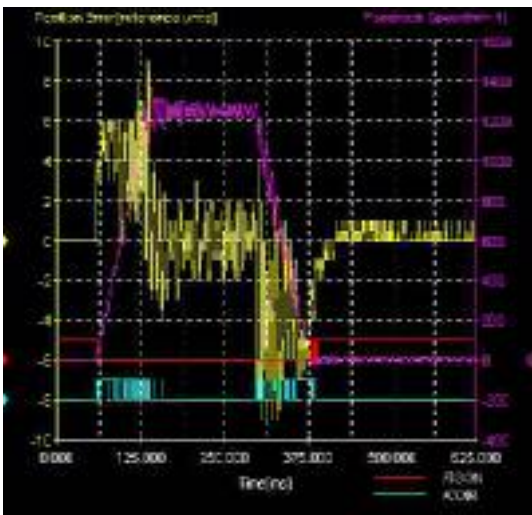


Gráfico de la velocidad de realimentación y el error de posición con:

Pn109=100
Pn10A=0

Compensando 100%, el error de posición es muy pequeño y está limitado a la aceleración y la deceleración pero claramente se puede ver una perturbación.

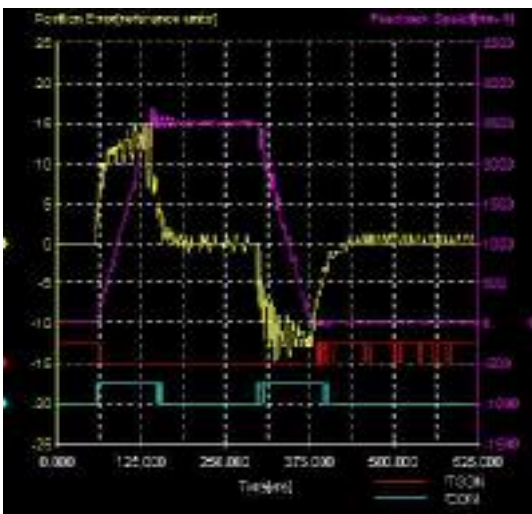


Gráfico de la velocidad de realimentación y el error de posición con:

Pn109=100
Pn10A=200

Compensando 100%, el filtro reduce las perturbaciones y así el error de posición también se reduce y es menor excepto en la zona de aceleración/deceleración. El tiempo de posicionado se acorta también y hay sólo un pequeño "overshoot" (sobrepico) al final de la aceleración pero no en la deceleración.

4.- AJUSTE DE REFERENCIA

4.1. Introducción

A veces, los pulsos de referencia que se reciben no son los más idóneo y es necesario adaptarlos para que coincidan con los requisitos del controlador y la aplicación. El servodriver Smart Step tiene varias opciones para hacerlo.

4.2. Modo sencillo

a) *Ajustes del tipo de pulsos:*

En modo sencillo, se puede seleccionar entre dos tipos diferentes de comando de pulsos dependiendo de la posición del switch 3. Véase la tabla siguiente para la configuración.

SW 3	Comando	PIN entrada	FORWARD (adelante)	REVERSE (atrás)
1	PLS/SIG	1:+PULS 2:-PULS 3:+SIGN 4:-SIGN		
0	CW/CCW	1:+CW 2:-CW 3:+CCW 4:-CCW		

b) *Ajustes de la resolución:*

Se puede seleccionar entre cuatro resoluciones diferentes con los switches 4 y 5 como sigue:

SW 4	SW5	RESOLUCION
X1	1000 P/R	1000 pulsos por revolución del motor
X1	500 P/R	500 pulsos por revolución del motor
X10	1000 P/R	10000 pulsos por revolución del motor
X10	500 P/R	5000 pulsos por revolución del motor

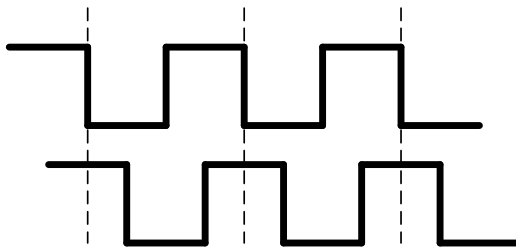
Nótese que el encoder del motor es de 2000 pulsos por revolución, lo que significa que tenemos 8000 cuentas por revolución (recuérdese el factor x4). Si se selecciona la resolución de 10000 pulsos por revolución se puede tener un cierto error. Sin embargo este error no es acumulativo.

4.3. Modo avanzado

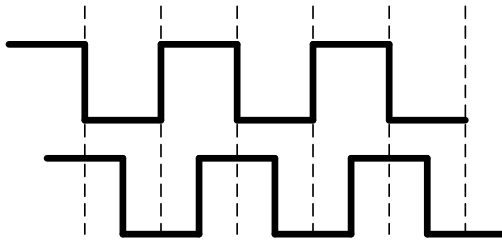
a) *Ajustes del tipo de pulso:*

Los ajustes se realizan en el parámetro Pn200.0. Comprobar el manual I533-E1-01 (página 2-24) para más detalles. En este caso existen más posibilidades debido a la cuadratura de los pulsos (como la señal que viene desde un encoder line driver con cuadratura de los pulsos). En el caso de pulsos con cuadratura se puede seleccionar la resolución X1, X2 o X4 como sigue:

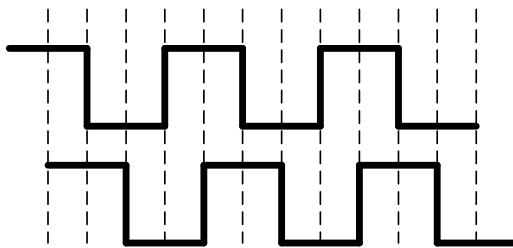
- Ajustando el servodriver SMART STEP -



Escalado x1. Cada ciclo completo de cuadratura se toma como un pulso de referencia.



Escalado x2. El flanco de subida y el flanco de bajada de una de las señales de cuadratura marca los diferentes pulsos.



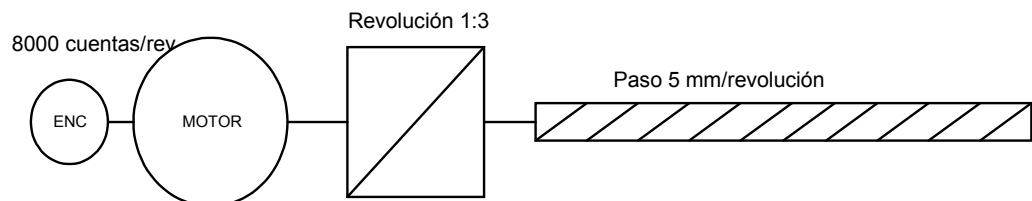
Escalado x4. Esta es la máxima resolución que se puede obtener con una señal de cuadratura. Cada flanco en cada señal determina un pulso de referencia diferente. Estos pulsos de encoder x4 se llaman "flancos" o "cuentas".

b) *Ajustes de la resolución.*

El ajuste de la resolución se hace via dos parámetros, numerador (Pn202) y denominador (Pn203), que ayudan a ajustar las unidades del comando de pulsos. Internamente, el servodriver trabaja siempre usando los pulsos del encoder del motor x4; el encoder es de 2000 pulsos por revolución entonces la resolución es de 8000 cuentas por revolución.

Un ejemplo que puede ayudar a la comprensión de la configuración de estos parámetros:

Se va a mover un husillo a bolas con un paso de 5 mm conectado a un servomotor a través de una reductora 1:3. Se quiere una resolución de 1µm (esta resolución es muy típica en una aplicación de máquina-herramienta).



El proceso para obtener la correcta relación de reducción es el siguiente:

$$1\mu m \cdot \frac{1mm}{1000\mu m} \cdot \frac{1rev_husillo}{5mm} \cdot \frac{3rev_motor}{1rev_husillo} \cdot \frac{8000encoder_cuentas}{1rev_motor}$$

$$1\mu m = \frac{24000}{5000} encoder_cuentas = \frac{24}{5} encoder_cuentas$$

Es bastante evidente que:

Pn202=24

Pn203=5

Es muy importante notar que, incluso si se envía un número de pulsos que da una parte fraccional después de la reducción, la parte fraccional no se pierde sino que se acumula para que el error no sea acumulativo.

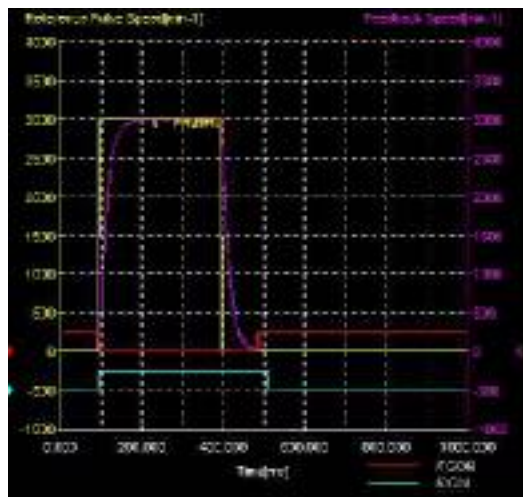
En el ejemplo anterior, si se envían 11 pulsos, el resultado será $11 \cdot 24/5 = 52.8$. El servomotor girará sólo 52 cuentas de encoder y el 0.8 se almacena. Si un segundo movimiento de 31 pulsos es comandado: $31 \cdot 24/5 + 0.8 = 148.8 + 0.8 = 149.6$, el motor se moverá 149 cuentas y 0.6 se almacenan.

Una relación de reducción fuera del siguiente rango puede provocar un comportamiento inestable: $0.01 > Pn202/Pn203 > 100$. Especialmente a velocidades pequeñas es muy probable tener oscilaciones.

c) *Filtro de comando de pulsos.*

A veces el controlador que da la referencia del comando de pulsos no es muy potente y sólo puede generar un tren de pulsos con una cierta frecuencia y con un número de pulsos pero no puede generar rampas de aceleración y deceleración.

Por supuesto, el motor no puede seguir un cambio repentino de frecuencia. Esto creará un movimiento muy brusco con un pico de corriente grande que normalmente no se desea. Una mala solución es hacer un ajuste "suave" con lo que se tendrá un error de seguimiento grande que suavizará el movimiento. La solución buena consiste en filtrar el comando para crear un comando de tren de pulsos que el motor pueda seguir y entonces ajustar las ganancias para seguir este comando de pulsos "modificado".



Esta es la forma de onda resultante si se comanda un tren de pulsos sin rampa de aceleración ni deceleración (amarillo).

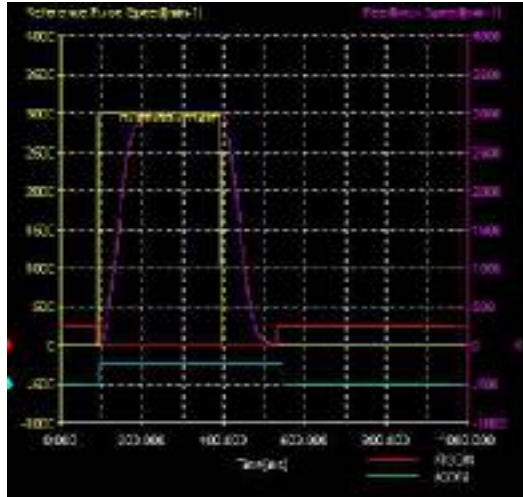
El motor intenta acelerar tan rápido como puede, esto significa un error de seguimiento y una repentina aceleración.

En morado, la velocidad de realimentación.

- Ajustando el servodriver SMART STEP -

Existen dos formas de filtrar la señal:

- Filtro lineal: El efecto es poner rampas lineales a la velocidad de entrada del comando de pulsos. Úsese este filtro cuando el generador de pulsos no da rampas y ajusta el tiempo dependiendo de la dinámica de la aplicación y el par del motor.

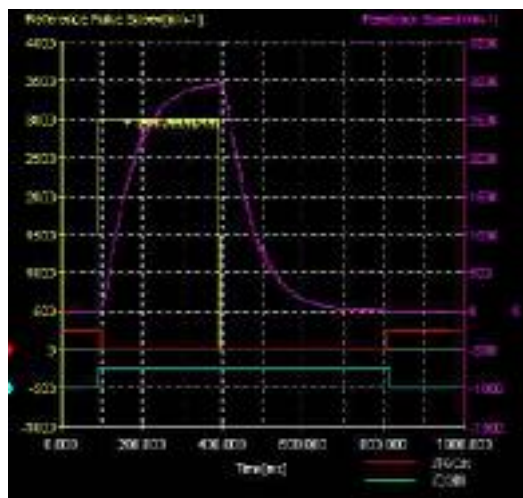


Esta es la forma de onda resultante cuando se aplica un filtro lineal de aceleración / deceleración.

Pn207.0=1
Pn208=6400

Se genera un perfil del comando de velocidad que el motor pueda seguir.

- Filtro de primer orden: Es un filtro exponencial estándar. Es muy útil cuando la relación de reducción es muy grande (cercano o por encima de 100) o muy pequeño (cercano o por debajo de 0.01) o cuando la frecuencia de los pulsos del comando no sea estable.



Esta es la forma de onda resultante cuando se aplica un filtro de primer orden.

Pn204=6400
Pn207.0=0

El uso normal para este filtro es suavizar el tren de pulsos del comando con una frecuencia inestable. Normalmente no se usa para rampas de aceleración y deceleración.

NOTA: No usar la ganancia Feedforward (Pn109) junto con estos filtros porque la cantidad feedforward se toma antes del filtro y, entonces, se mezclan referencia filtradas y no filtradas (ver figura 7). El resultado será inoperado e inestable.