

APLICACIÓN DE CONTROL DE MOVIMIENTO - EMPAQUETADORAS

Sistema de Control de máquina Flowpack

Descripción de la máquina:

En este tipo de máquinas cabe diferenciar los siguientes requerimientos de control:

Control de movimientos: se trata de sincronizar los 3 o 4 motores principales de la máquina, que son los siguientes:

- **Cinta principal:** el producto es alimentado por una cinta que marca la producción de la máquina, desde 50 a 300 productos por minuto según el tipo de producto y prestaciones de la máquina, que lleva unas piezas de separación para encasillar los productos.
- **Arrastre de papel:** el plástico o papel de envase se arrastra con unas roldanas calentadas que hacen a su vez el cierre longitudinal de la bolsa.
- **Corte:** un cabezal cizalla giratorio sincronizado con la cinta principal y calentado que se ocupa del corte y sellado transversal de la bolsa.
- **Alimentación de film:** en máquinas muy rápidas se hace necesario desbobinar motorizadamente la bobina de film.

Centrado del dibujo: para bolsas que incorporan un dibujo o logotipo, el mismo debe quedar centrado con el producto y con la longitud correspondiente, para lo que se incorpora un detector de las marcas que el plástico lleva impresas en fase con los dibujos.

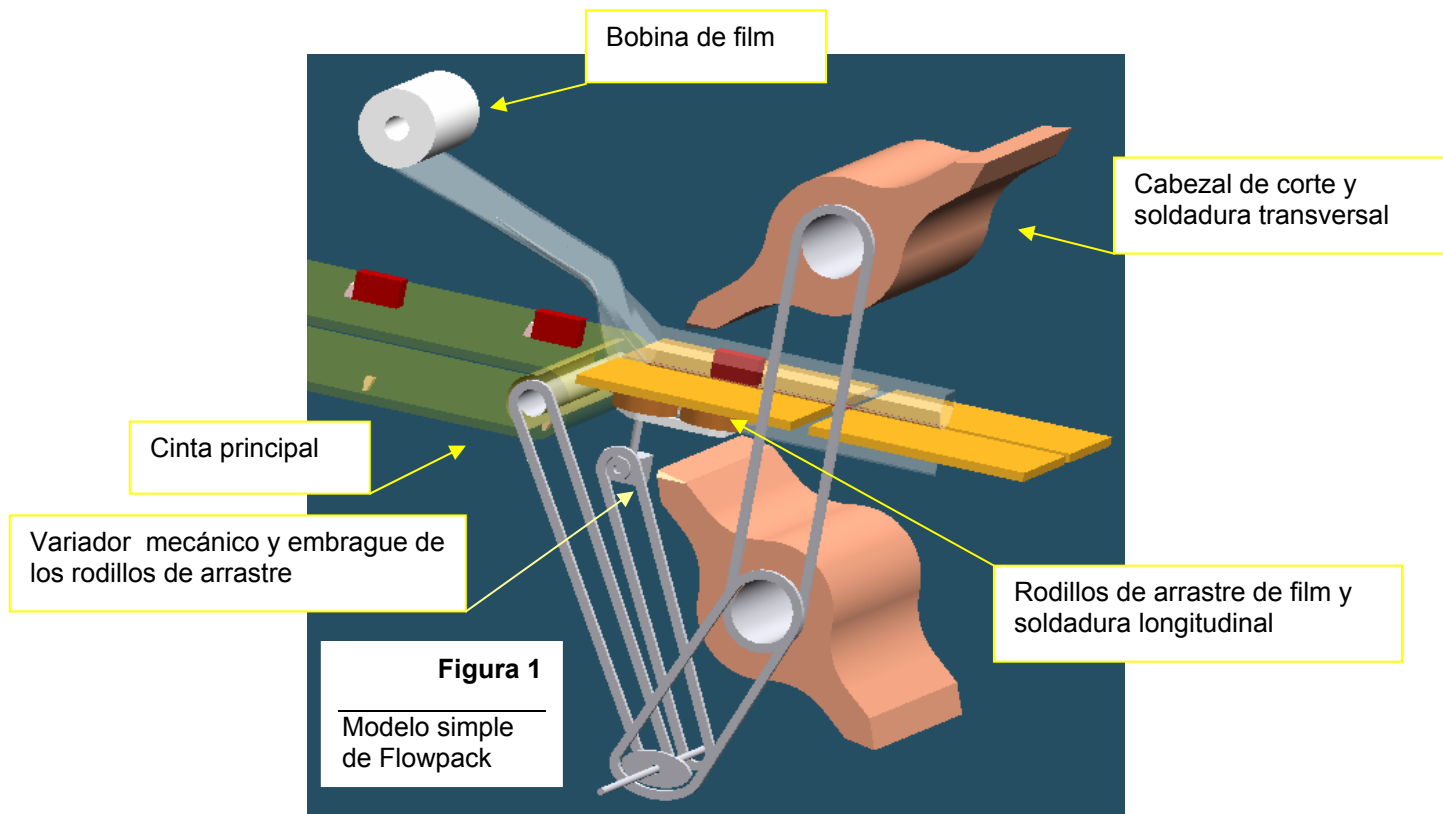
Control de temperaturas: en las distintas zonas de soldadura del plástico, se debe mantener temperaturas adecuadas al tipo de material y a la velocidad de trabajo.

Salidas auxiliares de levas: la máquina dispone de una serie de mecanismos que deben activarse cada ciclo de máquina del mismo modo que una leva, como por ejemplo puede ser una inyección de gas en la bolsa.

Tradicionalmente, el sincronismo entre los diversos movimientos se realiza mecánicamente, con un motor principal y un sistema de transmisiones por cadenas, variadores mecánicos y embragues, como se muestra en el modelo de la figura 1.

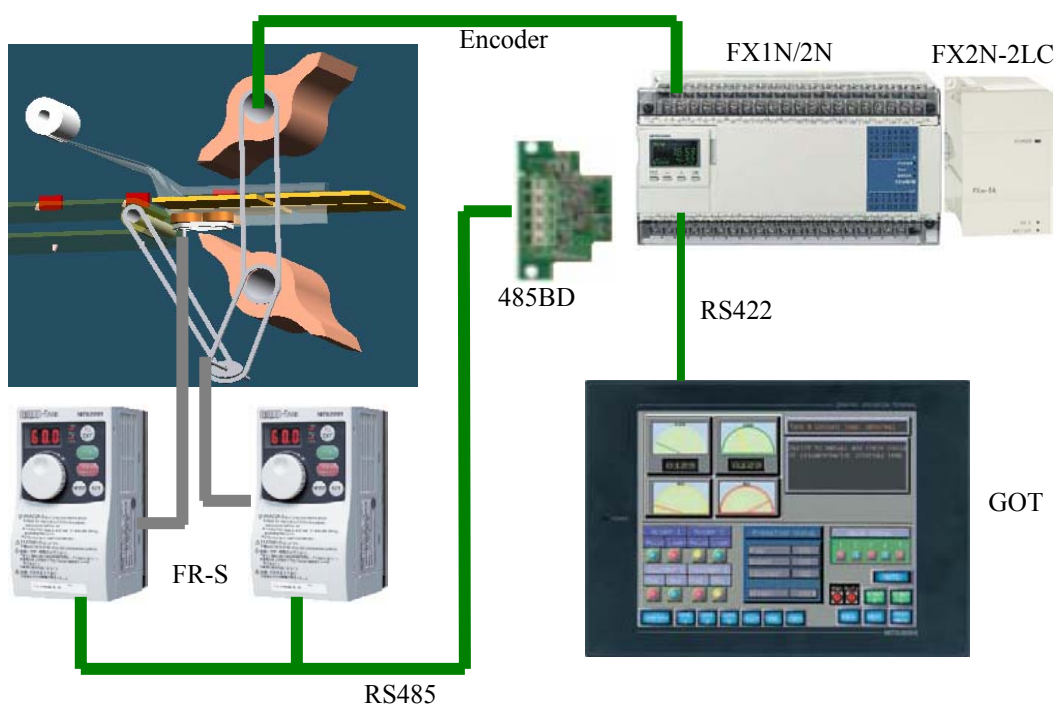
El cabezal de corte está necesariamente sincronizado en posición con el avance del producto, produciéndose un giro completo ($\frac{1}{2}$ giro en el caso del modelo de la figura 1, al tener 2 cuchillas) con el avance de cada casilla. Además el corte debe coincidir con el hueco entre productos, por lo que el sistema debe poder ponerse en fase, para lo que se dispone de un embrague que permite mover el cabezal con la cinta parada para buscar la fase (no se muestra en el modelo). Además se dispone de una conexión mediante mecanismo excéntrico, de modo que el cabezal se acelera en el momento del corte, y se decelera en la entrada y salida de producto para permitir el paso sin que hagan contacto.

Por otra parte, los rodillos de arrastre disponen de un variador de velocidad mecánico que permite al usuario modificar la velocidad relativa respecto del avance de producto, para conseguir el longitud de la bolsa deseado. También se dispone de un embrague para cambiar el juego de piñones y tener dos velocidades, que llamaremos velocidad normal y velocidad alta. Este cambio de velocidades permite el centrado del dibujo, como se explicará más adelante.



Sistema de automatización con control independiente de los rodillos de arrastre

Se describe ahora una solución de control donde se dispondría de un variador de frecuencia para el motor de cinta y cabezal, y otro independiente para los rodillos de arrastre, sustituyendo el variador mecánico y el embrague del mismo por un control electrónico con el PLC y los variadores. El sistema completo constaría de:



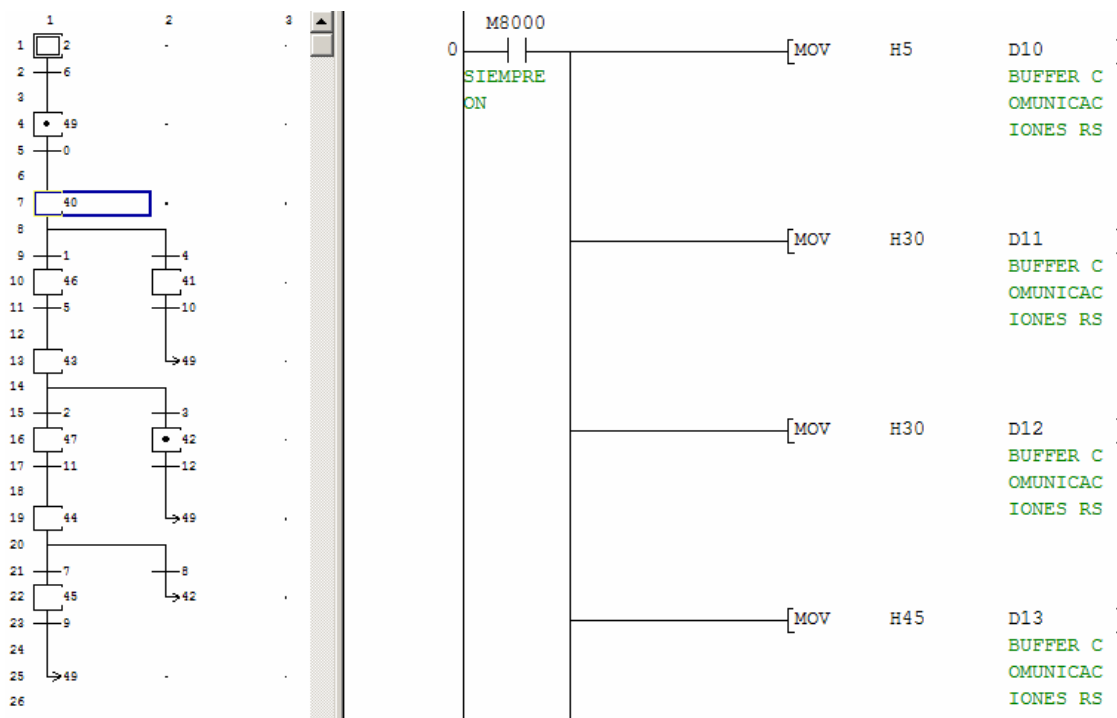
Solución al control de movimientos

En el sistema propuesto, un variador de frecuencia controla la velocidad de cinta y cabezal de corte (sincronizados mecánicamente), y la frecuencia de trabajo se escribe por comunicaciones RS485, con las siguientes ventajas frente a otros sistemas:

- **Potenciómetro directo al variador:** la integración en comunicaciones permite al usuario memorizar las velocidades de trabajo junto con los programas que crea en la pantalla para los diferentes productos. También es posible ajustar automáticamente las temperaturas en función de la velocidad de producción, para garantizar una soldadura correcta.
- **Salidas analógicas:** el sistema con comunicaciones es más preciso, "inmune" a ruidos, más económico, y permite regular la velocidad máxima desde la misma pantalla, sin tocar parámetros del variador. Además las comunicaciones permiten otras funciones además de escribir la velocidad como lectura de estado y alarmas.
- **Multivelocidades por salidas digitales:** de esta forma la máquina está limitada a un rango de velocidades, además puede ser incluso más caro.

Por otra parte, el uso de comunicaciones es para nosotros una forma de ofrecer un paquete completo de equipos.

A nivel de programa, es una ventaja utilizar SFC y crear un bloque independiente para gestionar las comunicaciones:



El segundo variador se ocupa del arrastre de papel, que se desbobinaría mecánicamente, sin motorizar. La velocidad de este motor se calcula en el PLC en función de la velocidad del principal, y del longitud de paquete designado por el usuario, haciendo la función del variador mecánico. Las ventajas son notables:

- Simplificación del sistema mecánico, con un importante ahorro económico en equipos, montaje y mantenimiento.
- Posibilidad de incorporar el dato de longitud al programa de usuario, con lo que el cambio de productos para el usuario se reduce a cambiar el programa en la pantalla, y no tienen que ajustar el variador mecánico.

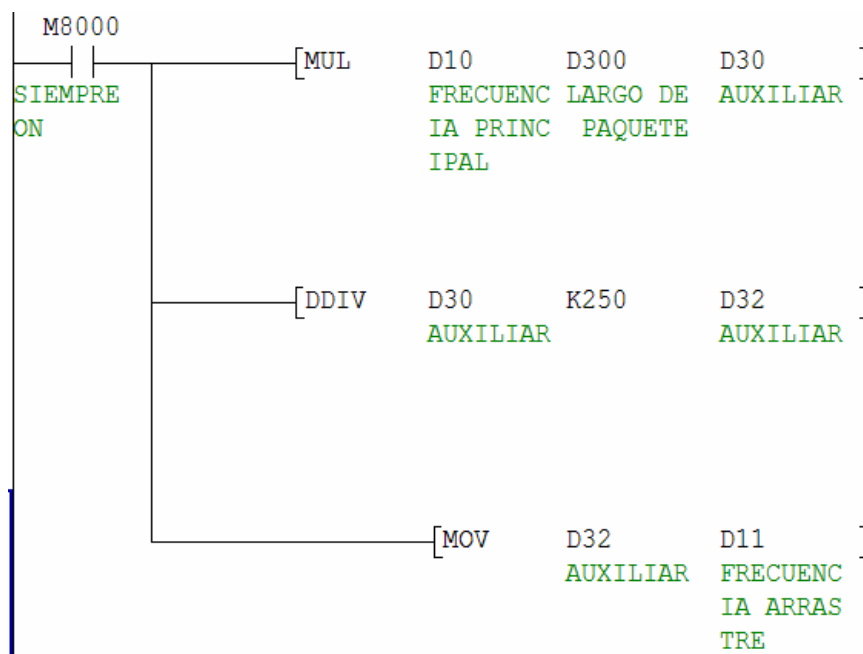
A nivel de programa, se debe incluir un cálculo de proporción para realizar esta función, como se comprueba a continuación:

$$LONGITUD\ PAQUETE = VEL_{FILM} \cdot T_{CICLO} = K_2 \cdot FREC_{ARRASTRE} \cdot T_{CICLO}$$

$$T_{CICLO} = \frac{K_1}{FREC_{PRINCIPAL}}$$

$$LONGITUD\ PAQUETE = K_2 \cdot K_1 \cdot \frac{FREC_{ARRASTRE}}{FREC_{PRINCIPAL}}$$

Es decir, variando la PROPORCIÓN de frecuencias se consigue una longitud de paquete determinada. Para concretar la longitud en mm por ejemplo, habría que conocer las constantes que dependen de los reductores empleados, los diámetros primitivos de piñones, etc.. No obstante es posible obtener un resultado empírico poniendo la máquina a trabajar con los 2 variadores a la misma frecuencia, y medir la longitud obtenida que será la constante requerida. Si la longitud obtenida es 250mm por ejemplo, el cálculo en el PLC sería el siguiente:

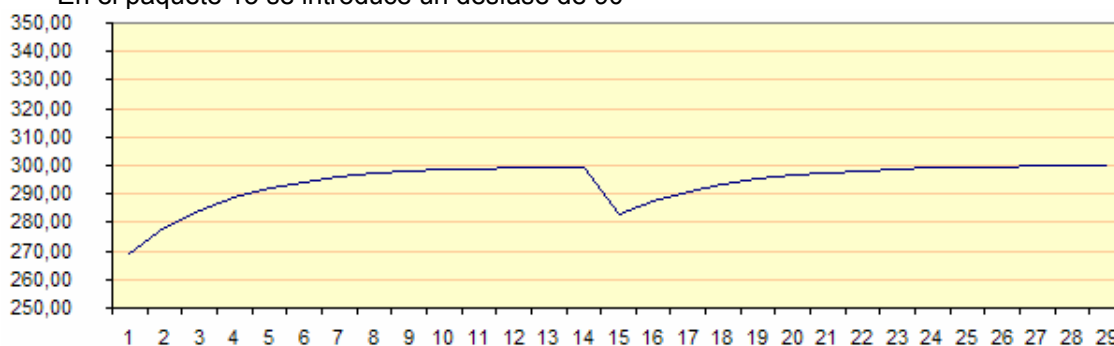


Solución al centrado del dibujo

En el caso de que el film tenga dibujo y deba quedar centrado con el producto, es necesario introducir un mecanismo de corrección, que tradicionalmente se resuelve con un cambio de velocidad en el arrastre, introduciendo en el sistema mecánico un embrague para cambiar un juego de piñones por otro. Se tienen entonces 2 velocidades, una normal y otra rápida, y en cada ciclo se pone la velocidad rápida en un punto fijo del ciclo, y se vuelve a la velocidad normal en la detección de la marca. Con este mecanismo se consigue que la longitud del paquete resultante sea la distancia entre marcas, y para que quede centrado se regula la fase del punto fijo de disparo respecto del corte.

En la siguiente gráfica se muestra el resultado teórico de LONGITUD PAQUETE frente a NUMERO DE PAQUETE, que se produce para los siguientes datos:

Longitud ajustada con variador mecánico: 240mm
Longitud real, distancia entre marcas de papel: 300mm
Relación de piñones en velocidad rápida: 140% de la normal
En el paquete 15 se introduce un desfase de 90°



Con el sistema propuesto, el centrado se resuelve perfectamente con un cambio de velocidad en el variador de arrastre, imitando al sistema mecánico descrito, y ofreciendo las siguientes ventajas:

- La simplificación mecánica al evitar embrague y juegos de piñones es notable, de nuevo con el consiguiente ahorro de costes. El variador de frecuencia FR-S tiene una respuesta excepcional en los cambios rápidos de velocidad.
- La relación de piñones es ahora un dato de PLC que puede modificarse a voluntad por el fabricante o el usuario, obteniendo una flexibilidad que permite ajustar la máquina al tipo de producto.
- El cambio de fase para centrado, se realiza fácilmente desde la pantalla.
- Es posible introducir una secuencia de ajuste automático que evitaría al usuario ninguna intervención en los cambios de tipo de film o producto.

A nivel de programa es tan simple como calcular una proporción para fijar una velocidad rápida, ponerla cuando el encoder alcance un ángulo determinado (que se modificaría para "mover" el dibujo y centrarlo), y volver a la normal cuando la fotocélula detecte marca. El cambio de velocidad puede ser recomendable hacerlo con multivelocidad, o sea, con una salida digital del PLC, por el retraso de las comunicaciones. En caso de utilizar FX2N con la tarjeta, o el nuevo FX3U, este retraso no sería un problema y se puede conmutar directamente por comunicaciones.

Solución al control de temperatura

Para el control de temperatura, el módulo FX2N-2LC dispone de 2 controladores PID autónomos, son salidas transistor para utilizar altas frecuencias en la conmutación de los relés de estado sólido que se montan para conmutar las resistencias.

Las ventajas son:

- El fabricante ofrece una imagen de máquina más alta con la temperatura integrada en pantalla, y simplifica su montaje del cuadro. Además evita tener que configurar los clásicos termo controles, puesto que el programa del PLC ya lo incorpora.
- El usuario puede almacenar las temperaturas de trabajo con los distintos programas de usuario, de forma que simplifica los cambios de producto, ahorrando tiempo y evitando que un usuario experto intervenga en los cambios.

A nivel de programa, basta introducir las líneas FROM/TO de control y monitorización del módulo.

Soluciones a las salidas auxiliares

Para la activación de salidas auxiliares de levas, el PLC dispone de 2 contadores de alta velocidad diferenciales que permiten conectar hasta 2 encoder directamente, y las instrucciones de comparación de alta velocidad para activar las salidas.

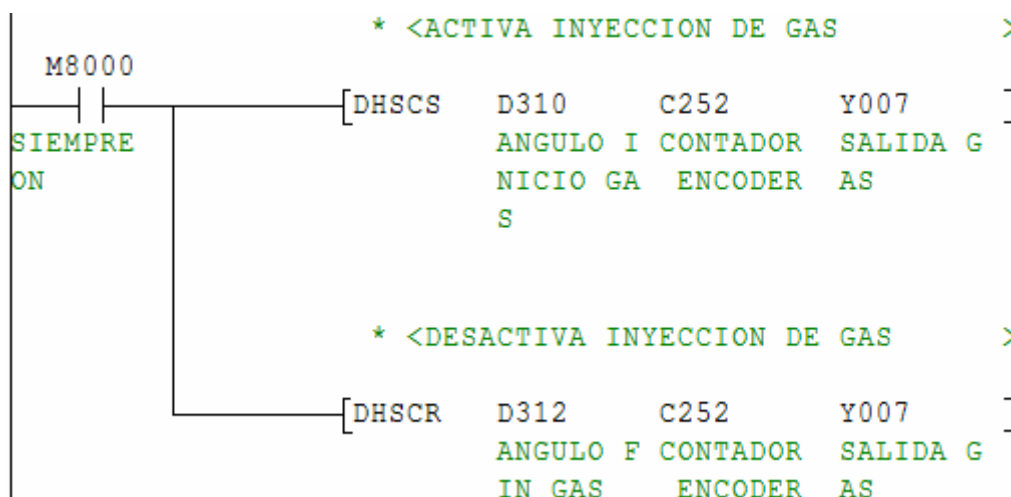
La ventaja de nuestro PLC es la notable facilidad y versatilidad de estas funciones, que facilitan la labor del fabricante.

A nivel de programa, se debe introducir por una parte, una línea de activación del encoder (ejemplo, contador A-B-Z en entradas X0-X1-X2):



y por otra parte, las líneas para activar las salidas.

Aquí cabe distinguir dos posibilidades. Una forma es utilizar las instrucciones de activación a alta velocidad que garantizan que el ciclo de scan no interfiera:



De esta forma se garantiza la activación en el tiempo de repuesta de la entrada de encoder, sin embargo está limitado a 6 instrucciones en el FX1N (se amplía a 32 en el nuevo FX3U). La otra opción es utilizar comparaciones de 32bits en el programa, con lo que se puede tener un pequeño retraso, pero que realmente no es significativo en estas funciones porque de hecho un relé o una electro válvula ya tienen de por sí un retardo que puede ser del orden o superior a un ciclo de scan. Quedaría así:

