

Tema 51

INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS.

Introducción.

La creciente automatización que se observa en el campo de la ingeniería de fabricación, no es un hecho aislado en el panorama tecnológico actual, sino que es una manifestación más dentro de la tendencia general que en este sentido aparece en cualquier actividad humana en los países industrializados.

El control numérico se presenta según esta tendencia, como el desarrollo más avanzado y reciente que aplicado a máquinas-herramienta permite el funcionamiento de éstas, sin ninguna intervención humana.

Una de las causas que ha provocado este incremento espectacular en la automatización de máquinas de producción, reside en las transferencias de tecnología que desde otros campos de la técnica se dirigen hacia la ingeniería de fabricación dando lugar a elementos de control más potentes y fiables.

De estos campos, se pueden citar como los más significativos, los siguientes: la electrónica fundamental (estado sólido), la electrónica digital (circuitos integrados), la teoría de control y las técnicas de programación.

Pero todo esto no quiere decir, que desde que el hombre se planteó el problema de producir de forma económica, no se hicieran considerables esfuerzos por conseguir una mayor automatización en las máquinas de fabricación, inicialmente sobre todo, en el sentido de alcanzar mayores cadencias de producción.

Posteriormente, se han aplicado a las máquinas-herramientas, criterios de funcionalidad diferentes como por ejemplo: rentabilidad, precisión, repetibilidad, fiabilidad, flexibilidad, mejora de las condiciones de trabajo, etc.

Por otra parte y de forma paralela, el concepto de automatización se ha ido gradualmente ampliando de forma que actualmente se habla de automatización de un sistema de fabricación en vez de automatización de una máquina-herramienta.

Este cambio es debido a la diferente concepción de la fabricación que tiende a considerarse como un sistema integrado por todas las operaciones que intervienen en el proceso, a través del cual, se persigue la eficiencia del conjunto.

El rendimiento de una unidad de fabricación se puede medir de diversas maneras, entre ellas: por los costes de fabricación, por la productividad y por los beneficios.

Es de interés resaltar, que en las elaboración de los costes de fabricación intervienen además de los costes de mecanizado y de montaje y ensamblado, los que se derivan de los movimientos de las piezas por el taller (mantención) y los de almacenamiento temporal de éstas (almacenaje).

Por lo tanto, se puede decir que los costes de fabricación dependen únicamente de los costes de producción y de la calidad del diseño del producto a fabricar.

La productividad refleja el rendimiento del sistema en relación con otras unidades productivas, que operan con el mismo objetivo y no necesariamente con los mismos equipos. Se podría definir como la relación entre las salidas y las entradas al sistema productivo.

En relación con los beneficios, es necesario hacer hincapié que no sólo dependen de los costes de fabricación y de la productividad del sistema, sino que también de las cantidades producidas y su valor máximo, no se alcanza simultáneamente con el de las demás funciones.

De todo ello se deduce, que en función del nivel de automatización de una máquina-herramienta, se pueden conseguir para esta misma máquina, diferentes aplicaciones todas ellas económicamente rentables.

El concepto de flexibilidad en las máquinas-herramientas.

El concepto de flexibilidad de una máquina-herramienta es una idea que está en cierta manera, asociada con el nivel de automatización de la máquina que se trate.

Por flexibilidad se entiende la capacidad que posee una máquina herramienta para producir piezas diferentes tanto en sus formas geométricas como en el número y tipo de mecanizados, de manera que sus tiempos de acomodación sean mínimos (principalmente tiempos de preparación).

O sea que una máquina-herramienta será tanto más flexible cuanto menores sean sus tiempos de preparación.

Por lo tanto, la flexibilidad de una máquina-herramienta es la característica que establece el dominio de su campo de aplicación y que para máquinas de fabricación mecánica se mide indirectamente por el tamaño de la producción.

De esta forma, si se desea producir grandes cantidades de piezas idénticas de manera continua a lo largo de un período de tiempo determinado se necesitará un sistema o una máquina poco flexible, en cambio, será necesaria una gran flexibilidad si lo que se pretende es fabricar piezas distintas en series reducidas.

Las condiciones de fabricación para cada uno de estos dos casos expuestos son muy diferentes por lo que también lo serán sus costes de fabricación, su productividad y su beneficio. Para el primer caso es lógico esperar que se alcanzará una productividad más elevada pues el tamaño de la producción permite la implantación de máquinas-herramientas diseñadas específicamente para la fabricación de una pieza determinada.

En este sentido, es interesante indicar que en estudios realizados en el Japón sobre la productividad en el sector de los trans-formados metálicos, demostraron que el valor de la productividad alcanzada en la fabricación en grandes series era como mínimo doble que la obtenida para fabricaciones en pequeñas y medias series.

En definitiva, la flexibilidad y el tamaño de la producción económica son variables relacionadas de forma inversa.

Tipos de producción.

Los medios de producción y los métodos de organización son muy distintos según el tipo de producción de que se trate. Es por esto que es necesario establecer que tipos de producción utilizan medios y métodos semejantes, con el fin de intentar relacionar de una manera sistemática las características de las máquinas-herramienta que intervendrán en un determinado tipo de producción.

Es frecuente clasificar los modos de fabricación en tres tipos de producción: producción en series largas, medianas y pequeñas.

Los límites de cada uno de estos tipos no están claramente definidos ya que depende de múltiples factores, entre ellos, el más significativo podría ser la complejidad de la pieza a fabricar.

A título únicamente orientativo, se pueden considerar para los diferentes tipos de producción los valores dados en el cuadro:

COMPLEJIDAD DE LA PIEZA

TIPO DE PRODUCCIÓN	REDUCIDA	MEDIA	ELEVADA
serie grande	100.000	50.000	10.000
serie mediana	500-100.000	300-50.000	100- 10.000
serie pequeña	500	300	100

Por otra parte, si la producción de una máquina-herramienta se especifica en piezas por hora, generalmente se trata de una máquina orientada a la producción en grandes series.

Si se indica una producción en número de piezas por serie y número de series, probablemente se trate de una producción en series medianas.

Algunos tipos de máquinas-herramienta más características en relación con su campo de aplicación.

Máquinas-herramientas para series grandes.

En general, las máquinas-herramientas orientadas a la producción en grandes series suelen ser máquinas especiales, siendo la más característica, la máquina de transferencia o transfer. Esta denominación se debe a que la pieza para ser completamente mecanizada necesita trasladarse a lo largo de una serie de puestos de trabajo situados a los lados de la cadena de desplazamiento de la pieza, de manera que en cada uno de ellos, se realiza parte del mecanizado total. De esta forma, la pieza en bruto se introduce por un extremo de la cadena de transporte y aparece por el otro extremo completamente mecanizada por lo que las operaciones de mecanizado y mantenimiento quedan integradas en la misma máquina.

El número de estaciones de trabajo así con la complejidad de éstas dependen de la pieza y de los mecanizados a realizar.

El sistema de control consiste en una asociación de dispositivos sencillos, fundamentalmente orientados al arranque, parada o inversión de los motores que accionan los diferentes movimientos de la máquina. Estos dispositivos operan simultáneamente y más o menos sincronizados los unos con los otros, siendo generalmente de tipo neumático, hidráulica o electromecánico.

Con la aplicación de máquinas de transferencia en producciones en grandes series, se pueden obtener los siguientes beneficios:

- a) Reducción de mano de obra.
- b) Menor espacio ocupado.
- c) Reducción de la duración del ciclo operacional.
- d) Reducción del coste de mecanizado.
- e) Aumento de productividad.

Como inconvenientes más grandes que presentan se pueden citar:

- a) Necesidad de asegurar el nivel de producción de la máquina.
- b) Inversión inicial elevada.
- c) Tiempos de preparación de la máquina muy largos.
- d) Paro total de la máquina por fallo de algún componente.

Por otro lado y dentro de las producciones en largas series, se encuentran máquinas cuyos

automatismos son igualmente sencillos y la secuencia de las operaciones de mecanizado se accionan unas en relación con las otras, pero a diferencia con las máquinas de transferencia, el grado de simultaneidad es muy bajo. Estos automatismos se aplican a máquinas con producciones unitarias, esto es, máquinas que únicamente tienen posibilidad de trabajar simultáneamente una sola pieza. Como máquina representativa de este grupo se puede citar el torno automático de levas.

Los movimientos de la máquina-herramienta se ajustan por medio de una leva que gira a una velocidad determinada y constante de manera que el valor del desplazamiento es fijado por el valor del radio de la leva y su velocidad por la variación relativa de éste.

Como normalmente se suelen montar en esta máquina varios carros portaherramienta es necesario realizar varias levas para el control de cada uno de estos carros.

Con objeto de reducir los tiempos de mecanizado, se hace que las herramientas trabajen simultáneamente o sobre soportes comunes.

Como ventajas que presenta el torno de levas para producciones elevadas se tiene:

- a) Baja inversión.
- b) Alta productividad.
- c) Fácil mantenimiento.
- d) Ciclos operacionales cortos.

En cambio, presenta como desventajas principales:

- a) Tiempos de preparación largos.
- b) Necesidad de realizar las levas para cada pieza y por lo tanto poca flexibilidad.

Máquinas-herramientas para series medias.-

Las máquinas-herramienta aplicadas principalmente a series medianas disponen de automatismos muy diversos, siendo uno de los más característicos el que se realiza a base de interruptores de topes y matrices.

Para ello el mecanizado se descompone en operaciones elementales, que constan de movimientos simples y acciones sencillas, tales como :

- a) Desplazamiento longitudinal entre los topes o levas.
- b) Desplazamiento transversal entre topes.
- c) Selección de velocidades.
- d) Sentido de giro del husillo principal.
- c) Conexión, refrigeración, etc.

La programación se realiza por medio de una matriz cuyas filas indican las funciones o

acciones que pueden realizar la máquina y las columnas la secuencia de las operaciones.

En las intersecciones de las filas con columnas, existe un agujero donde se introduce una ficha que cierra el circuito de mando de la función indicada en la fila y en la operación definida por la columna.

Las principales ventajas de este tipo de máquinas, residen en que su preparación es sencilla y su flexibilidad mayor que la de las máquinas anteriormente comentadas y limitada únicamente, por el número de operaciones definidas en la matriz. La necesidad de realizar un reglaje cuidadoso de los topes de los movimientos es el principal inconveniente, siendo necesario valores de tiempos de preparación medios.

Máquinas-herramientas para pequeñas series.-

Como se comentó en su momento, los límites que separan los tiempos de producción no son fijos ni claros y lo mismo sucede con la aplicación de un determinado tipo de máquina.

Así, pues, en las producciones en series pequeñas se encuentran sistemas aplicados a máquinas-herramienta tales como, los de copiado, los controles programados numéricamente y el control numérico como los más característicos.

Los sistemas de copiado pueden ser mecánicos, hidráulicos, electromecánicos o electrónicos, en los cuales los desplazamientos de la herramienta se obtienen a partir de los que realiza un palpador al recorrer una plantilla confeccionada especialmente para cada serie de piezas a fabricar.

Este sistema permite realizar piezas de formas complicadas, pero en general no permite controlar otras acciones de la máquina-herramienta precisando intervenciones frecuentes del operario.

En el control programado numéricamente el valor de los desplazamientos se indican en el panel por medio de un multiconmutador donde además, se suele poder programar alguna otra función de la máquina como por ejemplo: velocidades, giros de torreta, conexión del refrigerante, etc.

Este tipo de control debe necesariamente montar un sistema de medida de los desplazamientos de los carros de la máquina para que por medio de un circuito comparador indicar si ha alcanzado el valor del desplazamiento programado en el panel.

La precisión que se puede alcanzar con esta máquina es buena y el tipo de preparación es corto de forma que su flexibilidad queda únicamente limitada por el número de operaciones que se pueden programar, o lo que es lo mismo por el número de conmutadores de que dispone el panel de control.

Finalmente, el control numérico de máquinas-herramientas representa el grado más elevado

de automatización que se puede aplicar a una máquina-herramienta y su denominación procede de que a diferencia de los otros sistemas, todos los datos necesarios para el funcionamiento de la máquina, se indican de forma numérica directamente en el panel de mando del equipo.

Control numérico de máquinas-herramientas.

Como se ha indicado, el control numérico (CN) es un sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la máquina, lo que supone controlar o automatizar las siguientes acciones:

- a) Los movimientos de los carros
- b) El valor de las velocidades
- c) Los cambios de herramienta
- d) Los cambios de pieza
- e) Las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes , lubricación, etc .
- f) El estado de funcionamiento (averías, funcionamiento defectuoso, etc
- g) El control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, etc.)

La información necesaria para la realización de una pieza constituye el programa, el cual es escrito en un lenguaje codificado por medio de caracteres alfanuméricos y grabado en un soporte físico generalmente del tipo de cinta de papel.

Descripción de las fases que intervienen en el lanzamiento de una pieza en una MHCN.

Conviene que para una mejor evaluación de las prestaciones de una máquina-herramienta con CN y una mejor comprensión de los siguientes apartados, describir, aunque sea de una forma somera, la pauta a seguir para el lanzamiento de una pieza en una MHCN.

Estas fases serán:

1. Escritura y comprobación del programa
2. - Acopio de herramientas y materiales
- 3.- Preparación de la máquina
4. - Comprobación del programa en máquina

Escritura y comprobación del programa.-

A partir de la información que se dispone de la pieza en bruto y de su plano, se traza el plan de mecanizado, se eligen las herramientas a utilizar así como sus condiciones de corte y se establece el utillaje necesario para la colocación de la pieza en la máquina-herramienta.

En función de las características de la MHCN y de su modo de programación, se escribe el programa de la pieza en hojas especiales de programación para que después de revisado, se escriba en el correspondiente soporte de información.

Al hacerse esta fase de trabajo independientemente y fuera de la máquina-herramienta de control numérico permite que ésta siga trabajando sobre otra pieza.

Acopio de materiales.-

Cuando la máquina-herramienta con control numérico está próxima a finalizar el mecanizado de las serie de piezas lanzadas con anterioridad, se prepara alrededor de ella las herramientas y el utillaje necesario así como las piezas a mecanizar.

Preparación de la máquina.

La preparación de la máquina consiste en colocar el utillaje (si es necesario) en la máquina, las herramientas en la correspondiente torreta o almacén de herramienta (actualmente la mayoría de máquina-herramienta con control numérico disponen de alguno de los dos sistemas) y se coloca la cinta del programa en la lectora del CN. Por último, se coloca la pieza.

Comprobación del programa de la pieza.

En esta fase, se indica al control el origen de la pieza y se pone en marcha la MHCN procesando el programa bloque a bloque con objeto de comprobar si su contenido es correcto. A veces esta comprobación se realiza en vacío, es decir, sin colocar la pieza sobre la máquina con el fin de detectar movimientos de la herramienta anormales y generalmente a velocidades superiores a las de trabajo.

Al final de la actuación de cada herramienta, se miden las superficies mecanizadas por éstas y se procede a su reglaje si las cotas obtenidas no coinciden con las deseadas.

De esta descripción rápida de las fases de preparación de una pieza, se advierte que el trabajo de preparación de una máquina en el sentido clásico, se transforma en una fase de programación y en una fase de comprobación y ajuste. Mientras la primera, como se ha dicho, se realiza fuera de la MHCN, la segunda aún siendo de corta duración puede acortarse en función de la habilidad del operario y de los medios con que se cuenta.

Breve reseña histórica del control numérico de máquinas--herramientas.

Aunque todavía existe la tendencia de presentar el CN como un sistema de reciente desarrollo, la realidad es que su nacimiento se remonta a la década de los cuarenta. Por otra parte, existen razones que justifican esta postura, pues tanto su perfeccionamiento como la evolución de la problemática de taller, han sido factores decisivos para una utilización más generalizada de estos equipos.

La primera aplicación aparece hacia el año 1.942 cuando la Bendix Corporation mecaniza una leva tridimensional para un regulador de una bomba de inyección en el cual las condiciones a cumplir eran tan exigentes que obligaron a realizar el control de los movimientos de los ejes de la máquina directamente a partir de los datos obtenidos mediante un calculador.

En 1.947 Parsons Corporation fabrica los álabes de rotores de turbinas para helicópteros a base de conectar una mandrinadora a un computador cuya entrada de datos se realiza por medio de tarjetas perforadas.

En 1.949, la US Air Force a la vista del aumento de la complejidad en las piezas y a los frecuentes y constantes cambios en la configuración de éstas en el campo de la aeronáutica, contrata con Parsons Corporation la realización de una unidad de control la cual es desarrollada por el Massachusetts Institute of Technology. En 1.951 se finaliza el diseño y es en 1.952 cuando se presenta de una manera satisfactoria, conectada a una fresadora Cincinnati modificada.

La designación de este sistema con el nombre de control numérico se debe precisamente a este Instituto.

En 1.955 siete marcas presentan máquinas de control numérico en el Machine Tool Show, casi todas ellas fresadoras para mecanizados de contorneado. La preparación de la cinta de papel es muy laboriosa y necesita de amplios conocimientos sobre matemáticas y programación de computadores.

El Gobierno Federal Americano ante una actitud reservada por parte de los fabricantes en la utilización de estos sistemas, hace construir 200 máquinas que pone a disposición de los industriales que deseen experimentar con ellas.

A partir de este momento, se observa un mayor auge en su aplicación, llegando a exponerse en la feria de Chicago de 1.960 hasta cien máquinas de control numérico siendo en su mayoría máquinas controladas punto a punto y cuyo precio se situaba en no más de 50.000 \$ de aquel año.

De esta manera, en el año 1.967, se llega a disponer de un parque de MHCN para los siguientes países según se indica:

USA 9.300	Francia 540
Inglaterra 1.350	Japón 400

Alemania 800 Suecia 240

La tasa de crecimiento de máquinas instaladas sigue aumentando con el tiempo, de forma que para el año 1.974 se tiene:

USA 58.000	Francia 2.600
Inglaterra 4.100	Italia 2.560
Alemania 4.800	España 240
Japón 12.000	

Actualmente, se puede cifrar el parque de máquinas--herramientas de control numérico en España del orden de 1.400 máquinas.

El incremento en la utilización de MHCN no es debido únicamente a las características de estos equipos, sino a los avances producidos en otros conductos industriales (electrónica, control, computadores, etc.) originando CN más fiables y de mayor potencia. De tal forma ha sido importante esta influencia que se podría hablar de cuatro generaciones de CN que precisamente coinciden con la evolución que han tenido los componentes electrónicos y así se diría que:

La primera generación coincide con la utilización de válvulas.

La segunda generación coincide con la utilización de transistores.

La tercera generación coincide con la utilización de circuitos integrados.

La cuarta generación coincide con la utilización de microprocesadores.

Por supuesto que la evolución en el diseño mecánico de las máquinas-herramienta con CN aunque tal vez menos espectacular, ha tenido gran importancia sobre todo por su influencia en las condiciones de rentabilidad de la máquina. Basta para ello pensar en la evolución del tamaño de las máquinas y de los dispositivos especiales que se han desarrollado con ellas, como cambiadores de herramientas y de piezas.

Tipos de máquinas conectadas a un CN.

Aunque el CN se ha orientado fundamentalmente hacia máquinas-herramienta que trabajan por arranque de viruta, su utilización no queda restringida a estas aplicaciones . A título ilustrativo, se relacionan a continuación, diversos tipos de máquinas que se emplean conectadas a CN:

- Taladradoras
- Fresadoras
- Mandrinadoras
- Tornos
- Centros de mecanizado

Rectificadoras
Punzonadoras
Máquinas de electroerosión
Máquinas de soldar
Máquinas de oxicorte
Dobladoras
Plegadoras
Máquinas de dibujar
Máquinas de trazar
Bobinadoras
Máquinas de medir por coordenadas
Manipuladores
Robot

Clasificación de los sistemas de control numérico.

Como consecuencia de las diferencias entre las máquinas a automatizar, de las dificultades técnicas en el diseño de las unidades de control y de condicionamiento económicos, se han originado diversos tipos de controles numéricos, que pueden ser clasificados de acuerdo con dos conceptos diferentes :

- a) Según el modo de controlar las trayectorias de la herramienta.
- b) Según la forma física de realización del control.

Según el punto primero, se tienen tres tipos de controles:

- 1) Control numérico punto a punto
- 2) Control numérico paraxial
- 3) Control numérico continuo o de contorneado

El control numérico punto a punto sólo permite posicionar la herramienta en los puntos ordenados al control, realizando los desplazamientos en vacío según trayectorias paralelas a los ejes o a 45° con ellos. Se aplica principalmente a taladradoras, punteadoras y Punzonadoras y rara vez a mandrinadoras.

El control numérico paraxial permite mecanizar superficies paralelas a los ejes de la máquina y en algunos casos a 45° con ellos. Se puede aplicar en principio a cualquier tipo de máquina-herramienta.

El control numérico continuo o de contorneado permite a la herramienta describir trayectorias geométricas precisas. Estas trayectorias son normalmente lineales y circulares, existiendo controles con posibilidad de realizar desplazamientos parabólicos. Se llama continuo porque exige un control constante y continuado de la trayectoria de la herramienta y la denominación de contorneado por la

posibilidad de realizar formas geométricas cualesquiera. Se aplica principalmente a fresadoras, tornos, mandrinadoras y centros de mecanizado.

Según la estructura de funcionamiento interno del control se pueden distinguir tres tipos: CN, CNC y DNC.

La denominación de CN (Control numérico) se destina para la designación de aquellos controles donde cada una de las funciones que realiza son implementadas por un circuito específico destinado únicamente a este fin.

El control numérico CNC (control numérico computador) es aquel cuya estructura interna es semejante a la de un computador. La ejecución de los circuitos del control se realiza a base de microprocesadores o bien, mediante la aplicación de un minicomputador.

Todos los controles numéricos que se fabrican actualmente, son del tipo CNC y por ello se reservan las iniciales CN, para cuando se de sea hacer referencias genéricas sobre el tema.

Con la designación de DNC (control numérico directo) se indica la estructura formada por un conjunto de controles numéricos (CN o CNC) conectados a un computador como si fueran sus sistemas periféricos.

Tipos de control. Bucle de servomecanismo o control de posicionamiento.

El control numérico de un órgano móvil tiene por objeto conducirlo automáticamente a una posición determinada, sea una trayectoria recta o curva. Cuando una orden ha sido emitida, es preciso cerciorarse de que el útil adopta la posición exacta. Para ello se utilizan dos sistemas:

1. Sistema de bucle cerrado.
2. Sistema de bucle abierto.

Sistema de bucle cerrado. Principio de un servomecanismo de posición.

El principio de un servomecanismo de posición consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. La señal que se emite al motor es función de la relación entre la posición y la orden.

Las máquinas que utilizan este sistema normalmente tienen dos bucles de retorno de información, uno para el control de la posición y otro para el control de la velocidad de desplazamiento del móvil, ya que momentos antes de alcanzar la cota deseada disminuye la velocidad de éste para conseguir un posicionado correcto.

Para este tipo de bucle se utilizan dos motores de corriente continua, corriente alterna o

hidráulicos.

Sistema de un bucle abierto.

En este sistema se suprime el retorno de la información por la introducción de motores paso a paso. El principio de funcionamiento de estos motores se presta particularmente bien para máquinas que trabajan por contaje de impulsos.

El motor paso a paso comporta un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que su bobina de mando recibe un impulso eléctrico.

Entre el generador y el motor se ha dispuesto de un circuito de apertura y cierre. El contador preseleccionado cierra la puerta cuando ha recibido el número de impulsos correspondientes al desplazamiento a realizar.

Medida de los desplazamientos.

La medida de los desplazamientos o de las posiciones de los órganos controlados es la base de los sistemas de control numérico que funcionan en bucle cerrado a través del captador de posición. (En las máquinas-herramientas con control numérico que trabajan en bucle abierto no hay captadores, ya que la función de medida está a cargo de motores de accionamiento de paso a paso).

El papel del captador de posición es el de transformar el desplazamiento del móvil de magnitud mecánica en magnitud eléctrica, para ser analizado por el equipo de control y proceder a su tratamiento correspondiente.

Clasificación de los captadores de posición.

Cualquiera que sea el tipo de control numérico que está conectado a la máquina-herramienta, el captador de posición puede ser de un tipo u otro, ya que ello no afecta al buen funcionamiento del conjunto MHCN.

Los captadores de posición se pueden clasificar en función de los siguientes conceptos:

- * Por la naturaleza de las informaciones cedidas: analógicas o digitales.
- * Por la relación entre la magnitud mecánica y la magnitud eléctrica: absoluta o incremental.
- * Por el emplazamiento del captador en la cadena de control: medida directa o indirecta;
- * Por la forma física del captador: lineal o rotativo.

Captadores de posición analógicos y digitales.

Un sistema de medida analógica da una correspondencia entre las posiciones del órgano de

la máquina controlada y un valor físico, tal como una tensión o una fase. La precisión de la medida depende de la del captador y de su poder de resolución, así como de los factores mecánicos que intervengan en el ciclo de medición. Un sistema de medida digital no permite caracterizar más que un número finito de posiciones, con la exclusión de toda posición intermedia.

Captadores de posición absolutos o incrementales.

** Captadores de posición absolutos.*

Los captadores absolutos dan una señal ligada de manera unívoca al valor medido, independientemente de toda medida anterior. La existencia de esta relación unívoca permite referir todos los puntos medidos a un punto fijo adoptado como origen fijo. Los captadores de posición absolutos, a su vez, pueden ser de tipo analógico o digital.

** Captadores analógicos absolutos.*

Para los captadores analógicos absolutos, al desplazamiento del órgano controlado corresponde una variación continua y unívoca de un valor físico. Un ejemplo claro de este principio de funcionamiento es el representado en la figura adjunta, en la que a lo largo del recorrido del órgano móvil se ha tendido una resistencia, a lo largo de la cual un cursor da una tensión en función del recorrido que se efectúe en uno u otro sentido.

En un captador analógico, la medida se realiza de una forma continua, es decir, a cada posición del órgano móvil le corresponde una señal eléctrica e, inversamente, a cada señal eléctrica le corresponde una posición dada.

En la práctica, la amplitud o la fase de una tensión alterna se utilizan como valores analógicos; estas señales son resultantes de los captadores inductivos, capacitivos u ópticos. Dentro de esta categoría se encuentran el resolver y el inductosyn.

** Captadores digitales absolutos.*

En este caso, el campo de medida está subdividido en un número entero de pasos de longitud dada e idéntica y cada paso está caracterizado de manera unívoca por un número codificado. Este número codificado está dado en el código binario puro. Con un número n de pistas paralelas se pueden discernir 2^n pasos diferentes. El número correspondiente a un paso viene dado por medio de células fotoeléctricas, ya que según que la cara, delante de la cual se encuentra, una sea opaca o transparente se obtiene el estado lógico 0 ó 1.

** Captadores de posición incrementales.*

Estos captadores tienen dividido su campo de medida en un número entero de pasos o incrementos de longitud definida e idéntica; no puede haber diferencia entre unos y otros.

A esta categoría solamente pertenecen los captadores digitales.

** Captadores digitales incrementales.*

Conforme a la definición, los captadores utilizados en estos casos dan un impulso después de cada desplazamiento incremental, sin posibilidad de interpolar en el interior de este incremento y sin dar relación unívoca entre la posición y la señal producida. Estos pasos son materializados por señales binarias, por ejemplo blanco-negro, sobre una única pista de una regla óptica graduada.

Captadores de posición de medida directa o indirecta.

Se dice que es captador de posición de medida directa cuando no existe ningún elemento mecánico intermedio entre el elemento desplazable a controlar y el propio captador de posición, de tal manera que el movimiento realizado es directamente medido.

Corresponden a este grupo los captadores de posición de tipo regla (lineales) montados directamente sobre la mesa a controlar y también los de tipo circular cuando están colocados directamente sobre el eje del elemento que se desea medir.

Captadores de posición lineales o rotativos.

Esta clasificación de los captadores de posición está relacionada directamente con el tipo de movimiento que exige el principio de funcionamiento del captador. Cuando el captador es de tipo regla, como en el caso del inductosyn lineal o las reglas graduadas o codificadas, al exigir su principio de funcionamiento un desplazamiento lineal entre sus partes funcionales, éstos reciben el nombre de "captadores lineales".

Si, por el contrario, el captador es de tipo circular como los discos graduados o codificados o el propio resolver, se dice que son captadores de posición rotativos, ya que éstos necesitan una rotación para poder captar una medida.

Características principales de los captadores de posición.

** Campo de medida.*

Es el desplazamiento máximo que el captador puede medir.

** Poder de resolución.*

Es la variación de posición mínima que el captador puede apreciar. En el caso de una medida directa, el poder de resolución del conjunto es propio del captador y no puede ser modificado, salvo si se utiliza un captador rotativo y una cremallera de precisión montada sobre la guía. Si la medida es indirecta, el acoplar una relación de transmisión adecuada permite aumentar el poder de resolución del conjunto, que no está entonces limitado más que por la precisión de la transmisión.

** Precisión.*

Es la diferencia entre la señal real dada por el captador y la que daría un captador ideal en el mismo caso.

** Precisión de repetición.*

Por precisión de repetición se entiende la precisión según la cual se produce un mismo posicionamiento del elemento desplazable. Corresponde al campo que rodea la posición a medir, y se define a partir de la desviación media máxima obtenida en el seguimiento de varios posicionamientos en diversos puntos; está, pues, en relación con la componente aleatoria citada antes. En general, el valor de la precisión de repetición de los captadores utilizados en control numérico es dos o tres veces mejor que su propia precisión.

** Sensibilidad.*

Es la relación entre la variación de la señal de salida del captador y la variación correspondiente del valor medido (por ejemplo $mV/\mu m$).

** Ruido.*

Señal debida a los parásitos. Este debe ser tan pequeño como sea posible. Su influencia no es, por tanto, la misma para los captadores analógicos como para los captadores digitales.

** Sensibilidad en la dirección de desplazamiento.*

Es igualmente interesante tener una indicación inmediata del sentido de movimiento del elemento desplazable. Ningún captador posee por si mismo la posibilidad de detectar el sentido de movimiento; es necesario, siempre, realizar esta detección por medios externos.

** Velocidad máxima de detección.*

Esta velocidad es función del poder de resolución del captador. Un poder de resolución

elevado corresponde en general a una velocidad reducida e inversamente.

Finalmente, se hará notar que la precisión de medida del captador y la de la máquina con control numérico son dos cosas diferentes.

En general, la precisión resultante de la máquina es 2 ó 3 veces menor que la del captador, en razón de las transmisiones mecánicas, de efectos térmicos, etc.

Captadores de posición principalmente empleados.

DIGITAL

ANALÓGICO

INCREMENTAL

ABSOLUTO

ABSOLUTO

DIRECTO

INDIRECTO

DIRECTO

INDIRECTO

DIRECTO

INDIRECTO