

DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TEMPERATURA

CONTROLES DE TEMPERATURA DE LAZO SIMPLE

Este tipo de control es un instrumento que compara la señal del sensor, la compara con una señal interna deseada (se llama a este punto setpoint) y ajusta la salida del dispositivo calefactor para mantener, tan cerca como sea posible, el equilibrio entre la temperatura medida y la temperatura deseada. Aquí la frase clave es "tan cerca como sea posible". Existen varios métodos de control para conseguir esto. Trataremos de explicar brevemente los más comunes.

CONTROL SI – NO (ON-OFF)

La selección del control de temperatura correcta para una aplicación dada, depende del grado de control requerido por la aplicación. La solución más simple que puede necesitar una aplicación dada puede solucionarse con lo que se llama control sí/no (on-off). El control sí/no trabaja como el termostato del hogar, o sea la salida del control es 100 % sí o 100 % no. La sensibilidad del control sí/no (también llamado "histéresis" o "banda muerta") se diseña de modo que la salida no cambie de sí a no demasiado rápido. Si el rango de histéresis es muy angosto, habrá una conmutación demasiado rápida que se conoce como traqueteo. Este traqueteo hace que los contactos de los contactores y elementos calefactores tengan una vida más corta. Entonces la histéresis deberá ajustarse de modo que haya un retardo suficiente entre los modos "sí" y "no". Debido a la necesidad de esta histéresis habrá siempre lo que se llama "overshoot" y "undershoot". El "overshoot" es la magnitud en que la temperatura rebasa a la del setpoint, el "undershoot" es lo contrario. Vea la figura 1a. Debido a la histéresis necesaria, esta oscilación de temperatura estará siempre presente, la magnitud de esta oscilación dependerá de las características del sistema térmico en cuestión.

PROPORCIONAL EN EL TIEMPO

Hay procesos que necesitan un control más preciso que la que puede dar el sistema sí/no. Un control proporcional en el tiempo, trabaja de la misma manera como el control sí/no mientras la temperatura del proceso está por debajo de lo que se llama la banda proporcional. Esta banda proporcional es el lugar debajo del setpoint en el cual el control proporcional comienza a actuar o sea que la proporción entre sí y no comienza a cambiar. En la parte baja de la banda proporcional, el tiempo sí es mucho mayor que el tiempo no. A medida que la temperatura se aproxima al setpoint, el tiempo sí disminuye y el tiempo no aumenta. Esto cambia la potencia efectiva y ocasiona una disminución en la velocidad a la cual la temperatura del proceso aumenta. Esta acción continúa ya que se estabiliza en algún lugar debajo del setpoint. En este punto se obtiene el control. Esta diferencia entre el punto de control y el setpoint se llama "droop" (caída). (Figura 1b).

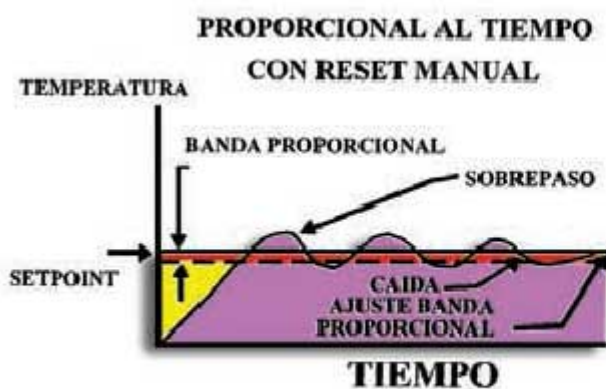


Figura 1a

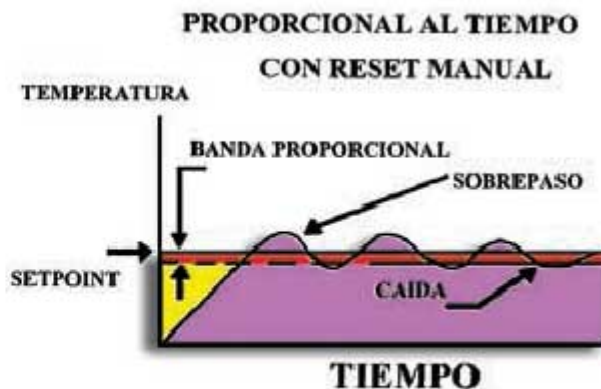


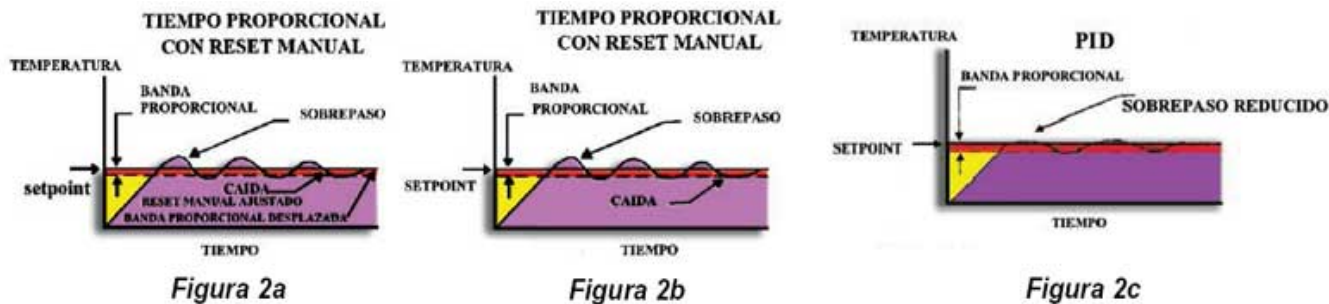
Figura 1b

ACCION INTEGRAL

Si la caída en el control proporcional en el tiempo, no se puede tolerar en un proceso, se debe agregar la función integral de control. La función integral que se encuentra en los controladores de corte automático emplea un algoritmo matemático para calcular la magnitud de la caída y luego ajustar la salida para cortar el control y llevarlo más cerca del setpoint.

Esta acción de corte automático tiene efecto solamente dentro de la banda proporcional. Si esta acción se efectúa fuera de la banda proporcional el sistema se hace inestable. Los controles integrales están preparados para impedir este efecto.

En muchos controles que no tienen control automático se sustituye esta función por un potenciómetro que ajusta manualmente a la banda proporcional. Vea las Figs. 2a y 2b.



DERIVADO

El sobrepaso de temperatura es cuando el proceso, durante su ciclado, sobrepasa el setpoint. Este sobrepaso puede ser pequeño e insignificante o lo bastante grande como para causar problemas con el proceso. El sobrepaso puede ser perjudicial en muchos procesos por lo que debe ser evitado.

En todos los tipos de controles considerados hasta ahora tienen sobrepaso. La función derivada puede usarse en estos casos para prevenir el exceso de temperatura. La función derivada anticipa con qué rapidez se llega al setpoint. Hace esto midiendo la velocidad de cambio de la temperatura del proceso y forzando al control a entrar antes en una acción proporcional disminuyendo la velocidad del cambio de la temperatura del proceso. Esto resulta en una temperatura que entra al setpoint en forma suave y así previene un sobrepaso excesivo al inicio del proceso o cuando el sistema cambia, por ejemplo, cuando la carga cambia o por la apertura de la puerta del horno tiene lugar.

Por lo común, el control más exacto es aquel que es proporcional, tiene control automático y es derivado. Este tipo de control se conoce como PID (Proporcional, Integral, Derivado). Observe la figura 2c.

AJUSTE DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

CONTROLES SÍ-NO (ON-OFF)

El ajuste de los sistemas sí-no consiste en el ajuste de la histéresis variando los puntos en los cuales el control se hace "sí" o "no".

PID

Proporcional (P), Proporcional más integral (PI) y Proporcional más integral más derivado (PID)

Existen varios métodos para el ajuste de estos tipos de controles. La mayoría requiere una considerable cantidad de paciencia por parte del técnico. El que sigue es uno de esos métodos.

El primer paso es el ajuste de la banda proporcional. Si el controlador tiene ajustes para la parte integral y derivada, habrá que ponerlos en cero. El ajuste de la banda proporcional selecciona la velocidad de respuesta (a veces llamada ganancia) que necesita un control proporcional para conseguir la estabilidad del sistema.

La banda proporcional debe ser más ancha, en grados, que las oscilaciones normales del sistema, pero no demasiado ancha como para amortiguar la respuesta del sistema. Comience con la banda proporcional lo más angosta posible. Si existen oscilaciones se debe aumentar la banda proporcional en pequeños incrementos, esperando cada vez varios minutos para que el sistema se estabilice, hasta el punto en el cual la caída comienza a aumentar. En este punto las variables del proceso deberán estar en un estado de equilibrio en algún punto por debajo del setpoint.

El paso siguiente es el ajuste de la acción integral o de reset. Si el control tiene un ajuste manual, se lo ajusta hasta que la caída del proceso se ha eliminado. El problema con el ajuste manual es que cada vez que se cambia el setpoint de valor, posiblemente tengamos una caída otra vez y haya que ajustarlo nuevamente.

Si el control tiene reset automático, se ajusta el mismo a su inicio de modo que halla el mínimo número de repeticiones por minuto para permitir el equilibrio del sistema. En otras palabras se ajusta el auto reset en pequeños pasos, permitiendo que el sistema se equilibre después de cada paso, hasta que empiecen pequeñas oscilaciones. Luego se retrocede con el ajuste hasta que las oscilaciones se detengan y se restablezca el equilibrio. En este punto el sistema se ajustará automáticamente para los errores de caída.

El último parámetro de control para ajustar es la función derivada. Siempre se debe ajustar esta función a lo último. Si este ajuste se hace antes del reset, éste se irá de límites, y habrá que comenzar todo el proceso nuevamente.

La función del ajuste derivado es reducir en todo lo posible cualquier sobrepaso de temperatura. El ajuste derivado es uno basado en el tiempo medido en minutos sintonizado para trabajar con el tiempo de respuesta del conjunto del sistema.

El ajuste inicial deberá ser la mínima cantidad de minutos posible. Se aumenta el ajuste en muy pequeños incrementos. Después de cada ajuste se debe esperar hasta que se equilibre. Luego se incrementa el setpoint en una magnitud moderada. Vigile la acción del control cuando se llega al setpoint. Si existe un sobrepaso, se aumenta la acción derivada en una pequeña cantidad y se repite el procedimiento hasta que el sobrepaso se elimina. Algunas veces el sistema se hace lento y nunca llega al setpoint. Si esto ocurre, disminuya el ajuste derivado hasta que el proceso llega al setpoint.

AUTOAJUSTE

El ajuste de todos los parámetros de control no es simple. La tecnología moderna ha permitido el desarrollo del autoajuste. La mayoría de los fabricantes ofrecen controles de temperatura de simple lazo con la opción del ajuste de parámetros en forma automática, lo que elimina los inconvenientes del ajuste manual. La mayoría operan sobre un sistema analizando el ciclo de comienzo desde el inicio hasta que llega al setpoint. Luego, aprendiendo de la respuesta característica del primer ciclo, se ajusta a sí mismo en forma óptima de acuerdo a la información del primer ciclo. La función de autoajuste continúa aprendiendo de los ciclos subsiguientes y reajusta los parámetros hasta que se consigue un control PID óptimo.

REGISTRO

En muchas aplicaciones es, a menudo, registrar la temperatura en forma permanente, ya sea por requerimientos gubernamentales, requisitos de fabricación, o simplemente como archivo para el análisis posterior de la marcha del proceso de fabricación.

La colección de datos en la industria, varía entre sistemas DCS (Distributed Control System) que ejerce tanto la función de registro y de control en forma simultánea en muchos puntos del proceso a sistemas manuales simples.

Otra forma común de grabar datos desde los sensores de temperatura es por medio de registradores gráficos. Estos se emplean desde hace mucho y aún tienen aplicación hoy en día. Los registradores gráficos de papel redondos toman la señal de un termopar, de un RTD (Pt100) directamente o señales de proceso analógicos desde los sensores usando transmisores. La ventaja de los registradores redondos es que las cartas están graduadas en períodos de tiempo exactos para aquellos que requieren registros por día, semana u hora. Los registradores de cinta, por otra parte, tienen la posibilidad de atender muchas más entradas y leerlas en forma consecutiva y luego imprimirlas. Muchos de los registradores de hoy en día son los llamados "híbridos". Estos registradores ofrecen muchas más funciones y habilidades que el registrador normal no tiene. Estos registradores híbridos tienen, entre otras, la posibilidad de grabar cada parámetro en distintos colores. Esto es importante ya que permite una fácil identificación de los puntos que el técnico está tratando de leer. También se proveen funciones adicionales tales como salidas para alarma, cambio del color de la impresión en condiciones de alarma, autodiagnóstico, etc. Los equipos basados en computadoras son programables y pueden configurarse de modo de satisfacer cualquier necesidad.

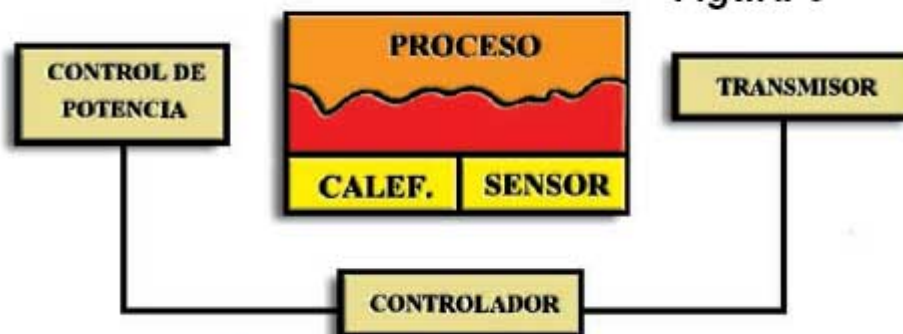
DISPOSITIVOS DE CONTROL FINAL

Hasta ahora hemos discutido brevemente a los sensores de temperatura, a los transmisores de temperatura, controles y registradores y grabadores. Otra área que merece nuestra atención en la discusión de temperatura y en la aplicación de su instrumentación, es la de los dispositivos de control final.

Para completar el lazo en un sistema de control de temperatura de lazo cerrado (figura 6), debe tener algún dispositivo que toma la salida del instrumento de control y lo convierte en producción de calor o frío.

CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO

Figura 6



Para el calentamiento eléctrico en la industria, normalmente por el dispositivo final debe circular una cantidad de corriente apreciable para calentar un proceso grande. Estos procesos no pueden ser controlados directamente por la salida de un controlador ya que normalmente la aptitud de manejar corriente de estos controladores no pasa de 5A. El dispositivo de control final puede ir desde un simple contactor, relevador de mercurio, relevador de estado sólido y controladores de SCR (tiristores).

Los contactores electromecánicos son los dispositivos de menor costo. El problema con los contactores es que la continua conmutación del mismo, resulta en una vida relativamente corta de sus contactos. Esto resulta en frecuente reemplazos de los contactos, con el agravante de que para este reemplazo muchas veces hay que detener el proceso, lo que provoca pérdidas adicionales. En los relevadores a desplazamiento de mercurio, la ventaja es que están sellados por lo que no existe, o casi, producción de chispas cuando los contactos se cierran, debido al desplazamiento del mercurio. No obstante, el mercurio ahora se encuentra en la lista de materiales peligrosos para la salud. El reemplazo de los relevadores de mercurio por relevadores de estado sólido es a menudo la respuesta. El relevador de estado sólido tiene la ventaja de no tener partes móviles que se gasten. Se seleccionan basándose en la aplicación particular. Es necesario conocer los requerimientos de la corriente de carga, también debe conocerse como se excita el relevador de estado sólido. Los hay que se disparan con CA y otros con CC. El modelo de CA puede excitarse directamente con la salida de relevador del controlador de temperatura. El modelo de CC trabaja normalmente con una señal de entre 3 y 32 voltios (de continua). Cualquier tensión en este rango hace que se cierre el circuito y toda la corriente vaya hacia la carga. Los contactores electromecánicos, de mercurio y de estado sólido tienen todos una cosa en común. Ellos conectan la potencia a la carga ya sea en total o en cero.

El control verdaderamente proporcional requiere lo que se llama típicamente "control de potencia". Este dispositivo se cumple empleando un rectificador controlado de silicio (SCR) el que puede dispararse de distintas maneras para cumplir con los requerimientos de una aplicación específica. El controlador con SCR normalmente recibe una señal proporcional desde el controlador de temperatura (normalmente 4-20mA) y la convierte en una salida de control proporcional al elemento calefactor por medio de "Encendido por ciclos", "encendido por tiempo fijo", "encendido por tiempo variable" y "ángulo de encendido variable". El encendido por ciclos proporciona una señal al calefactor mediante la conexión por un determinado número de ciclos y el apagado por otro número de ciclos. La proporción entre sí y no depende de la señal de comando desde el controlador de temperatura. Si la salida del controlador de 4-20mA es, por ejemplo, de 12mA, luego el controlador estará sí durante 30 ciclos y no durante 30 ciclos. Con controles variables en el tiempo, los tiempos sí y no son aún proporcionales a la señal de control, pero la base de tiempo cambia en función de la demanda. Usando el ejemplo de los 12mA, usted tendría la potencia sí durante un ciclo y luego la potencia no durante otro ciclo (demanda del 50%). Si usted tiene una demanda del 20 %, la potencia estará no durante un ciclo y no durante cuatro ciclos. Una de las ventajas más grandes en estos tipos de conmutación consiste en el cruce por cero de la onda sinusoidal de línea, lo que hace al sistema virtualmente inmune a la interferencia eléctrica.

Los controladores que trabajan mediante la variación del ángulo de disparo del SCR son verdaderamente proporcionales, ya que la magnitud de la corriente que pasa por los SCR puede ser controlada. Cuando el tiristor se dispara permanece conduciendo hasta que cambia la polaridad de su ánodo (la senoide pasa a través del punto cero). El punto de inicio de la conducción, sin embargo, puede comenzar en cualquier punto de la senoide. Por lo tanto, ya que el punto de inicio de la conducción no es cero, sino demorado dentro de la senoide, se controla la magnitud de la corriente por el SCR. Puede generar ruido de línea y ser susceptible al mismo en algunas aplicaciones.

Un par de aspectos del control por ángulo de fase hace a este tipo de control aún más interesante. Algunos tipos de calefactores eléctricos, tal como el carburo de silicio, cambian su resistencia con la temperatura de tal modo que cambios rápidos de la misma tienden a acortar su vida útil. Una disposición llamada arranque suave hace que el ángulo de disparo crezca lentamente de modo que el calentamiento de los calefactores también lo hace en forma lenta, alargando su vida útil.

Otro aspecto útil del control por ángulo de fase es la limitación de corriente. Los controladores de potencia con SCR poseen un transformador sensor de la corriente lo que impide que la circulación de corriente pase de un nivel preestablecido. Esto también alarga la vida de muchos calefactores. Aquí cabe una advertencia, si se establece un cortocircuito en los mismos, la corriente aumentará en forma excesiva, poniendo en peligro la integridad de los SCR, por esta razón se deberán incluir fusibles cuidadosamente calculados, en lo que respecta a su intensidad y a su tipo.

Autor: Arnoldo Galetto

<http://www.webelectronica.com.ar/news13/nota08.htm>