

PROYECTO:

Ajuste, escalado y evaluación en condiciones de procesos productivos industriales de sistemas de combustión avanzados de alta eficiencia energética y bajas emisiones

WORKING PAPER:

Programación de secuencia de encendido automática definitiva y rampa de potencia

ELABORADO POR:

Juan Esteban Ferrer Ruiz
Camilo Echeverri Uribe
Yefferson López Zuluaga
Julián Esteban Obando Arbeláez
Andrés Adolfo Amell Arrieta

Fecha de elaboración: mayo de 2020

Revisión y aprobación:

Andrés Amell Arrieta

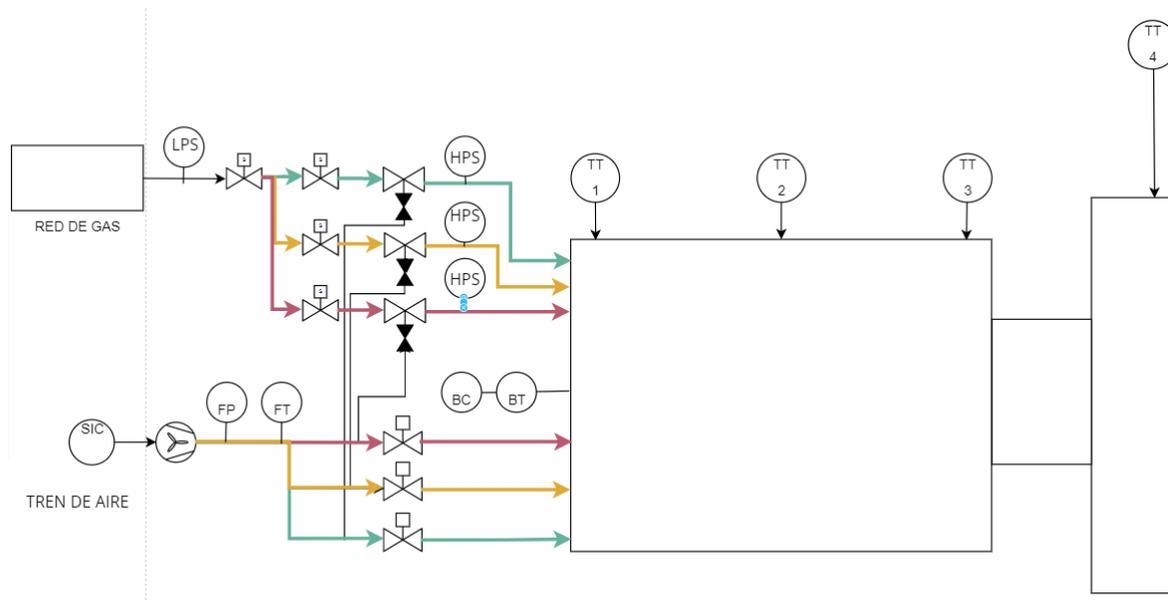


Universidad de Antioquia
Medellín

Programación de secuencia de encendido automática definitiva y rampa de potencia

En este documento se presenta de manera detallada cuál será la secuencia de encendido del horno de combustión sin llama escalado para el proceso de secado de arcilla en la empresa SUMICOL. Dicha secuencia fue construida con base en la norma NFPA 86 y de experiencia del Grupo GASURE en la operación de los hornos de combustión sin llama.

La instrumentación utilizada para la secuencia de encendido del sistema de combustión escalado para secado de arcilla es la siguiente:



- LPS: Presostato de baja presión.
- HPS: Presostato de alta presión.
- BT: Sensor detector de llama.
- BC: Controlador y monitor de llama.
- FT: Transmisor de flujo.
- PT: Transmisor de presión
- PS: Presostato de aire.
- SIC: Variador de frecuencia de ventilador.
- TT1, TT2, TT3: Termocupla tipo S.
- TT4: Termocupla tipo K.

La secuencia de operación automática fue programada siguiendo la secuencia que se muestra a continuación:

1. Cuando se enciende el sistema, en la pantalla HMI (Human-Machine interface) aparecerán dos opciones: MANUAL y AUTOMATICO. Cuando se le da clic al modo MANUAL, el sistema debe pedir una contraseña que solo tendrá el personal que esté capacitado para hacer pruebas de encendido, probar funcionalidad de elementos conectados, además de calibrar y poner a punto el sistema con sus diferentes elementos de control. Si se le da clic al botón de

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de las entidades que tienen derecho de propiedad intelectual sobre el documento.



AUTOMATICO, este botón abre una pantalla donde se muestra como es el montaje físico de la alimentación de aire y gas hacia el booster, así como lecturas de señales de las entradas analógicas (flujo másico de aire y temperatura del horno), encendido de la bujía, detección de llama y el estado de apertura o cierre de las válvulas de gas y aire, además del ventilador que suministra el aire de combustión.

2. Se le da clic al botón INICIO de la pantalla, esto inmediatamente inicia la secuencia de BARRIDO del booster. Esta secuencia se inicia con el ventilador funcionando a un porcentaje previamente calibrado, que corresponde a una frecuencia de operación, a un régimen en el que el ventilador de combustión ingrese el suficiente aire para que la llama se inicie sin que sea lo suficientemente alta para que se desprenda. Esta secuencia de operación automática NO se iniciará si el sensor de baja presión de gas no ha cambiado su estado de cerrado a abierto. Al presionar el botón de INICIO en esta forma, la pantalla del tablero mostrara un letrero de PRESIÓN DE GAS BAJA y no arrancará el motor del ventilador, ni tampoco se abrirán las válvulas de aire o gas.
3. Las válvulas de gas y aire tendrán los siguientes valores durante el BARRIDO:
 - Válvulas de aire para flameless (3) abierta un 2% para evitar fundición de boquillas.
 - Válvula de aire para modo llama (1) abierta con porcentaje modificable.
 - Válvula de gas de modo llama de apertura lenta cerrada durante el tiempo de barrido.
 - Válvulas de gas de modo flameless apertura lenta cerradas durante el tiempo de barrido.
 - Válvula de gas de flujo total de apertura rápida cerrada durante el tiempo de barrido.
4. Se temporiza un tiempo de barrido con el ventilador del aire de combustión encendido, válvula de aire abierta y las válvulas de gas cerradas para evacuar cualquier presencia residuos de gas combustible en la cámara de combustión que puedan generar algún tipo de problema en el encendido. Este tiempo de barrido es dado debido a que el ventilador estabiliza su frecuencia a la velocidad deseada en este tiempo. El tiempo de barrido final se calculará teniendo en cuenta el volumen total del booster y el sistema al cual estará conectado, lo cual incrementará el tiempo de barrido del sistema.
5. Pasado el tiempo de barrido, se genera una señal de encendido de chispa por medio de la bujía y se abren las válvulas de gas total 2 segundos luego de iniciar la chispa y modo llama 3 segundos luego de iniciar la chispa. Esto se debe a que el controlador de llama con el sensor UV se demora 3 segundos en iniciar su secuencia, y durante este tiempo el NO puede detectar una llama porque mostraría una señal de fallo. El controlador de llama NO es modificable en su secuencia de programación, por lo cual se debe adaptar el PLC a la secuencia de encendido del controlador de esta forma. Durante 8 segundos, si no hay llama, se reinicia el barrido y vuelve a empezar el proceso con el tiempo de barrido para evitar que el sistema tenga gas en su interior. Este procedimiento se repite 3 veces. Si el sistema no detecta la llama durante los tres intentos, se cierran las válvulas de gas, pero el ventilador del aire de combustión queda encendido para que barra todo el gas que haya quedado en el interior de la cámara de combustión. Luego de esto se apaga el ventilador del aire de combustión, y el sistema se debe reiniciarse desde el botón inicio para, luego de ejecutar las acciones necesarias para el



reencendido, volver a iniciar la secuencia desde cero. La operación de las válvulas entonces, queda como se lista a continuación:

- Válvula de aire para flameless (3) abierta un 2% para evitar fundición de boquillas.
 - Válvula de aire para modo llama (1) abierta con porcentaje modificable,
 - Válvula de gas de modo llama de apertura lenta abre luego de 3 segundos de iniciado el encendido.
 - Válvula de gas de modo flameless apertura lenta cerrada durante el tiempo de barrido.
 - Válvula de gas de flujo total de apertura rápida abre luego de 2 segundos de iniciado el encendido.
 - La señal de encendido de la bujía se da inmediatamente después de acabar el barrido. Esto debido a que el controlador de la bujía se demora 3 segundos en enviar la señal a la bujía, tiempo que es igual al que tiene el controlador de llama para operar en el modo de detección de llama.
6. Si el booster enciende, y el sensor de llama UV detecta la llama en su interior, el detector de llama deberá enviar una señal al controlador para que mantenga las válvulas de gas abiertas hasta que el operador decida apagar el proceso. Cuando el controlador de llama envía al PLC la señal de verificación de llama encendida, el sistema automáticamente cambia la frecuencia de operación del ventilador de combustión aumentándola, esto debido a que, con la llama ya detectada, se puede aumentar la frecuencia de operación del ventilador ya que este incremento el VFD (variador de frecuencia) aumenta naturalmente de manera muy lenta la velocidad del aire en las boquillas sin que la llama se desprenda. Además, el aumento en la velocidad del aire aumenta el flujo de gas de las válvulas neumáticas proporcionales de gas, lo cual hace que se incremente la potencia térmica, la temperatura aumente, y la llama sea más fácil de detectar por el sensor.
7. Se genera una curva de calentamiento en la pantalla del controlador y el operador puede cambiar el flujo de aire de los ventiladores de carga y combustión, así como el porcentaje de apertura de las válvulas de aire.
8. Cuando se da una temperatura igual o superior en su punto en las tres termocuplas del booster de 850 °C, se cambia el régimen de operación a modo flameless y se inicia un temporizador de 20 segundos el cual funciona mientras la temperatura se mantenga estable. Cuando se da el cambio a flameless luego de los 20 segundos, el funcionamiento de las válvulas es el siguiente:
- Válvula de aire para flameless (3) abierta con porcentaje modificable, pero inicial al 100%. Este cambio de apertura de la válvula se demora 90 segundos, ya que las válvulas tienen un movimiento muy lento.
 - Válvula de aire para modo llama (1) abierta con porcentaje modificable, pero al final de 0%.
 - Válvula de gas de modo llama de apertura lenta abierta. Luego de los 60 segundos de iniciar el modo flameless se cierra. Esta válvula debe dejarse abierta durante ese tiempo debido a que el cambio de régimen de operación de las válvulas de aire es muy lento, y la válvula de aire de modo flameless es quien controla la apertura de la válvula proporcional neumática del modo flameless, por lo que si se apaga inmediatamente después de hacer el cambio, la temperatura del booster empieza a



- caer por lo menos 15 °C luego de hacer el cambio a modo flameless, con lo cual habrían pérdidas de energía y se demoraría más tiempo en trabajar a la temperatura deseada.
- Válvula de gas de modo flameless apertura lenta abierta y trabajando durante 60 segundos con la válvula de gas de modo llama, aumentando durante ese tiempo el flujo de gas y evitando que caiga la temperatura.
 - Válvula de gas de flujo total de apertura rápida abierta.
9. Cuando se da una temperatura inferior a 800 °C, se cambia el régimen de operación a modo llama y se inicia el barrido nuevamente durante 50 segundos. El porcentaje de operación de las válvulas y los ventiladores es igual que en el modo llama iniciado durante el ciclo inicial.
10. Se genera un lazo de control PID entre la temperatura del proceso y la frecuencia del ventilador, en la cual, si la temperatura del proceso es inferior al SP SETPOINT programado, la frecuencia del ventilador PV aumenta de manera que suba la temperatura hasta el SETPOINT y haciendo que se estabilice en el punto determinado.