



Circuito de control para hornos de secado de transformadores

Vladimir Quiroga

Noviembre del 2001

Resumen / Abstract

El trabajo muestra un circuito eléctrico de control y fuerza diseñado para garantizar el correcto funcionamiento de los hornos que se utilizan para el secado de los transformadores de distribución. Se analiza su secuencia de funcionamiento y las posibilidades que presenta este diseño en cuanto al aumento de la fiabilidad de la instalación.

Palabras clave: circuito eléctrico de control, hornos de secado de transformadores

The work shows an electric circuit of control and force designed to guarantee the correct operation of the ovens that we use in our industry for the drying of the distribution transformers. It is analyzed their operation sequence and the possibilities that this design *presents for the increase of the security of the installation*.

Key words: electric circuit of control, ovens of drying of transformers

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades que la Empresa Eléctrica de Ciudad de La Habana realiza en la transmisión y distribución de la energía, el transformador de distribución desempeña un papel fundamental.

Existen dos entidades dentro de esta organización de las cuales va a depender de manera significativa la satisfacción de la demanda que de estos transformadores se produce en el país y fundamentalmente en Ciudad de La Habana:

- La fábrica de transformadores Latino.
- El taller de reconstrucción de transformadores de la UEB de producción.

Estas unidades poseen un proceso de trabajo escalonado por áreas, donde se va conformando la producción hasta su total terminación. En dicho

proceso organizado se encuentra la introducción al horno de los equipos, los que permanecerán a una temperatura estable durante un tiempo determinado a fin de eliminar la humedad en sus elementos aislantes y elevar de manera general su aislamiento eléctrico. Estos hornos se utilizan además, para el proceso de prensado de las bobinas y el secado de los transformadores secos impregnados con barniz dieléctrico.

La importancia de estos hornos es vital ya que su correcto funcionamiento depende en buena medida la calidad general del transformador y la necesaria agilidad del proceso productivo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, estos deben contar para su adecuada labor de un sistema de control y fuerza capaz de satisfacer los siguientes requerimientos:

- Disponer de una fuente de alimentación al nivel de voltaje adecuado y con la capacidad requerida para este tipo de instalación.
- Las resistencias eléctricas deben ser correctamente distribuidas para que se logre un valor de temperatura estable dentro del horno en un tiempo establecido de acuerdo con los requerimientos del proceso.
- Conexión y desconexión de la energía en un rango de temperatura establecido.
- Protección de los elementos que se introducen en el horno para el caso de incremento de la temperatura por encima de los niveles adecuados.
- Protección eléctrica de la instalación ante la existencia de fallos en los circuitos.
- Correcta elección de los elementos de acuerdo con los requerimientos técnicos de la lógica del circuito.
- Accesibilidad, seguridad y estética general de la instalación.

El no cumplimiento de estos factores por los circuitos anteriormente usados, condujo a la existencia de un grupo de dificultades que provocó paradas innecesarias del proceso productivo, y en algunas ocasiones, pérdidas materiales de consideración debido al daño causado a los transformadores introducidos en los hornos.

En el trabajo se presenta un circuito de control y fuerza, el que teniendo en cuenta el historial de fallas de los esquemas anteriormente usados, solucionó las problemáticas presentadas.

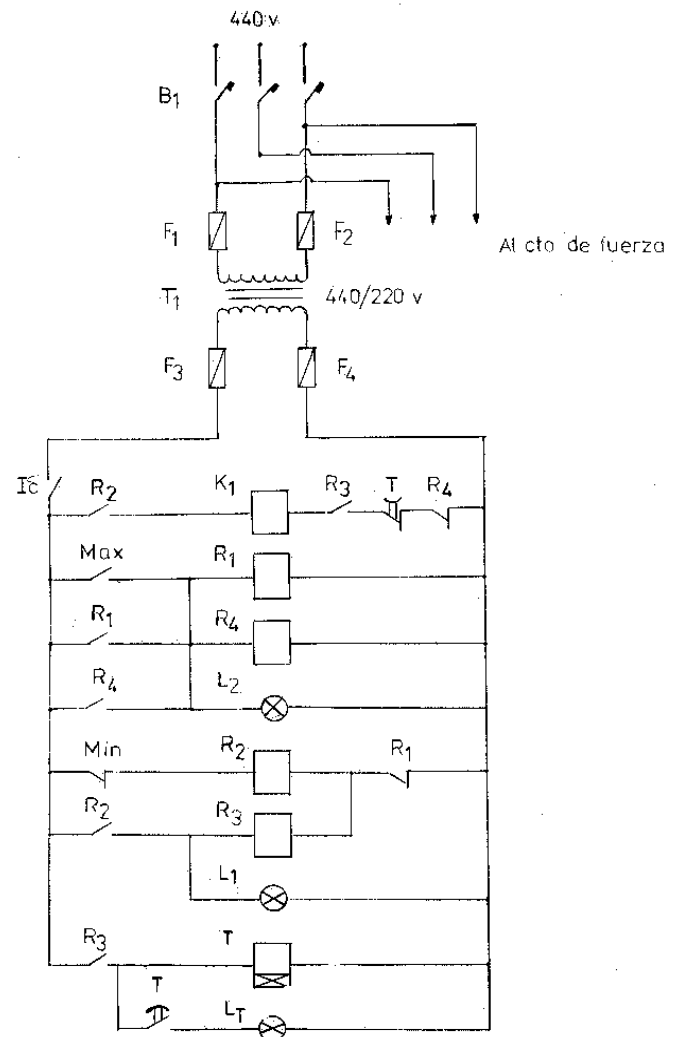
DESARROLLO

El circuito está compuesto en su parte de fuerza de un banco de resistencias conectado en delta, desde una fuente trifásica de 440 V, estas resistencias debe garantizar el desprendimiento de calor necesario para alcanzar la temperatura requerida dentro del recinto del horno de secado.

El circuito de control posee una secuencia de trabajo diseñada con la finalidad de gobernar de manera óptima el proceso y reducir a un mínimo las posibles fallas y el daño que puedan estas ocasionar (figura 1).

El diseño como tal, presenta las siguientes posibilidades:

- Ubicación de todos los elementos del circuito (fuerza, control y protección) en un gabinete compacto y con las condiciones necesarias de accesibilidad, seguridad y estética.



1
Circuito eléctrico de control de la instalación.

Esto determina que los componentes del circuito se encuentren debidamente ubicados en el espacio realmente requerido para su correcto funcionamiento, se garantiza la debida protección del polvo y de otros elementos nocivos, así como la eliminación de la posibilidad que exista manipulación por parte de personal no calificado. Se reduce además, la longitud de los conductores para el cableado y se facilitan las labores de mantenimiento, ajuste o reparación de la instalación.

- Utilización de un transformador para alimentar los circuitos de control de la instalación partiendo del alimentador común de la misma.

Es importante que el circuito cuente con un transformador de este tipo por las siguientes razones:

1. Reducción del nivel de voltaje de la parte de fuerza a un valor más bajo para el circuito de control con el fin de aumentar la seguridad de la instalación.

2. Ante una falla en la parte de fuerza se produce la desconexión total de los circuitos.
3. Presencia de un nivel de voltaje estable en los terminales del circuito de control.

Este elemento no se encontraba presente en los circuitos que se utilizaban anteriormente, utilizando para la alimentación del control un potencial tomado entre fase y tierra del propio circuito de fuerza o de alguna alimentación externa que en muchas ocasiones se encontraba alimentando otras cargas.

- Protección eléctrica para sobrecarga y cortocircuito tanto de los elementos de control como de fuerza.

En este sentido, se garantiza la protección de los elementos de fuerza con un interruptor automático de caja moldeada (IACM) de un valor de corriente nominal adecuado a la carga instalada y con la capacidad interruptiva requerida para los niveles de corriente de cortocircuito existentes en cada punto.¹ Los elementos del circuito de control quedan protegidos con la conexión de fusibles de fusión rápida por la entrada y la salida del transformador.

La ausencia de una debida protección es una deficiencia técnica que se observa continuamente en circuitos de este tipo; un cortocircuito puede fundir los terminales de cualquiera de sus elementos provocando inadecuado funcionamiento del mismo o su inutilización total. Generalmente, se comete el error de fiar la protección del circuito de control a un desconectivo de valor nominal muy superior al requerido, el cual no está diseñado para esta función.

- Funcionamiento del ciclo habitual de trabajo con el contacto de mínima temperatura, o sea, se garantiza con este contacto el intervalo de conexión-desconexión del circuito alrededor de la temperatura establecida por el proceso.

Para este caso se analizará la secuencia de funcionamiento en su etapa inicial (figura 2).

Después de cerrar el breaker general B1 del circuito, el paso de la energía a través de los fusibles F1 y F2 hacia el transformador de control T1 reduciéndose la tensión para los elementos de mando a 220 V y colocando el esquema en posición de funcionamiento lo que se va a producir al cerrarse el interruptor de mando Ic situado en el frente del gabinete metálico. Al cerrarse, el interruptor Ic se energiza el relé de control R2 a través del contacto normalmente cerrado del instrumento registrador de temperatura y a continuación el relé R3 permitiendo con el cierre de ambos la entrada del magnético principal

K1 y la alimentación del banco de resistencias del horno.

Cuando se alcanza la temperatura requerida (entre 100 y 120 °C) se produce la apertura del contacto normalmente abierto del registrador desconectándose entonces los relés R2 y R3 y con ellos el contactor K1. El ciclo, pero en un tiempo más breve debe repetirse ininterrumpidamente hasta que transcurra el número de horas demandadas por el secado. Este ciclo de trabajo es señalizado por el piloto de señalización L1 el que se alimenta por medio del relé R2.

- Conexión en cascada de elementos (conexión serie de relés) con la finalidad de imponer dos etapas de bloqueo para la entrada y salida del contactor magnético principal.

Una de las fallas más frecuentes en estos circuitos lo constituye la ausencia de apertura o cierre inadecuado del contactor magnético principal debido fundamentalmente a la mala operación del elemento que debe garantizar esta operación en cualquiera de sus variantes de secuencia (instrumento registrador-contactador o instrumento registrador-relé auxiliar-contactador). Con la conexión serie de relés se desea evitar, en lo fundamental, la dependencia del funcionamiento del contactor de un solo elemento para su desconexión en el ciclo de apertura del mismo al haberse arribado al máximo de temperatura.

La redundancia de elementos para esta operación no implica en modo alguno el aumento de la posibilidad de falla, pues las distancias de cableado son mínimas, además, se utilizan relés de amplia capacidad de contactos y producidos en todo caso por fabricantes de prestigio.²

- Desconexión por alta temperatura por medio de tres etapas de protección.

Este es un aspecto en el cual se trabajó de manera particular en el diseño del circuito pues como resultado de esta falla los daños materiales que se producen son muy elevados.

La protección para el caso de alta temperatura es garantizada, de manera inicial, por medio del contacto de máxima del instrumento registrador el cual logra la desconexión total de dos maneras (figura 1).

1. Cierre del contacto de máxima, alimentación del relé R4, desconexión del contactor K1 y sellaje del relé R4 impidiendo de esta forma el retorno a la secuencia anterior.

2. Cierre del contacto de máxima, entrada del relé R1, desconexión de R2 y R3 y entrada del relé R4 desconectando a K1 y sellándose para evitar la secuencia anterior. Este proceso de avería es señalado por el piloto de señalización L2, alimentado desde R1 o R4.

Como una tercera opción y dispositivo de respaldo a los elementos encargados de la desconexión por alta temperatura se introduce en el circuito el temporizador T, el cual se energiza desde el momento inicial de trabajo del circuito por medio del relé R3. Este temporizador debe estar regulado para que sus contactos operen en un tiempo ligeramente superior al que habitualmente toma el proceso para subir la temperatura desde el valor mínimo hasta el máximo establecido por el proceso. La desconexión se logra por medio del contacto normalmente cerrado con tiempo para abrir colocado en serie con la alimentación al contactor principal siendo además señalado por el piloto de señalización Lt.

Es cuestión sumamente importante conocer la característica de trabajo del horno en el cual se realice la instalación pues ello conlleva que se produzca en caso que sea necesario la desconexión en el tiempo y a la temperatura requeridas.

A modo de ejemplo, se analiza uno de los hornos que se utilizan para el proceso de secado de transformadores en el Taller de Reconstrucción de la UEBP de la Empresa Eléctrica de Ciudad de La Habana, cuya curva característica de trabajo se muestra en la figura. 2.

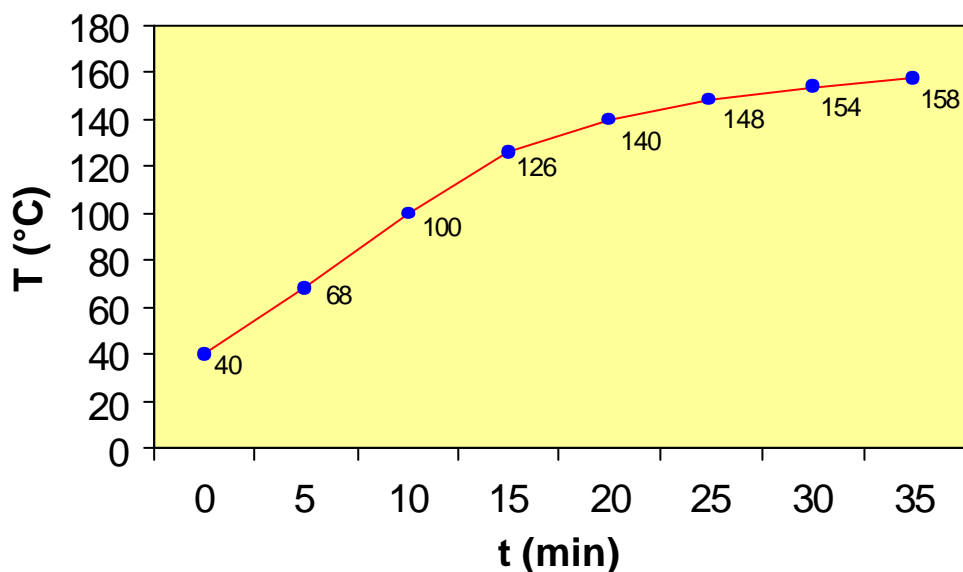
El instrumento registrador de temperatura de este horno está regulado para que abra su contacto de mínima a los 110 °C, lo cual se produce a los 12 min., aproximadamente, partiendo del momento inicial de trabajo, o sea, de la temperatura ambiente que existe en el horno en el momento que se realiza la conexión del mismo. Posteriormente en su proceso habitual toma alrededor de 6 min. el ciclo de conexión y desconexión de la energía.

En este caso, el temporizador se encuentra ajustado para la desconexión a los 20 min., lo cual garantiza la necesaria tolerancia requerida por las variaciones de temperaturas que puedan existir ajenas al proceso.

Si se observa la curva característica de trabajo se puede determinar de acuerdo con los valores dados anteriormente que para el caso de falla de los elementos previos encargados de la desconexión por alta temperatura, el temporizador desconectaría el contactor magnético principal sobre los 140 °C, para el caso de funcionamiento en el ciclo inicial y en su ciclo habitual alrededor de los 156 °C que no resultan ser temperaturas peligrosas para un tiempo breve y único para este caso de exposición a las mismas de acuerdo a las clases de aislamiento que poseen los materiales que se utilizan actualmente para la construcción de los transformadores.

- Chequeo del intervalo de tiempo de conexión y desconexión del circuito con el objetivo de localizar averías que inciden directamente en el proceso.

Es conveniente que exista en estos circuitos un elemento capaz de determinar, por medio del comportamiento de una variable del proceso, el buen



Característica de trabajo de un horno de secado de transformadores del taller de reconstrucción.

comportamiento del mismo. El intervalo de conexión-desconexión durante el secado es una fuente de información importante con estos fines y puede ser utilizado para determinar fallas del proceso en general.

El uso del temporizador T el cual se conecta desde el momento inicial por medio del relé R3 conduce a una vigilancia del tiempo que toma el horno en alcanzar la temperatura estable de trabajo. Un incremento notable de este tiempo produciría la desconexión total delatando anomalías del circuito tales como resistencias abiertas, fases abiertas de la alimentación o algún otro tipo de desbalance.

- Señalización luminica de las etapas de funcionamiento y de las averías que se presenten en el circuito.

Durante el ciclo de trabajo se recomienda la señalización de las etapas de encendido y apagado y los posibles fallos que puedan presentarse.

Todo lo anterior resulta importante pues le proporciona al operario una información visual del comportamiento del proceso. Esto se logra en este circuito por medio de los pilotos de señalización L1, L2 y Lt, los que se localizan en el panel frontal del gabinete metálico.

CONCLUSIONES

Como conclusiones del trabajo, se pueden plantear las siguientes:

- Se realizó un diseño que dio solución a un grupo de problemáticas que se presentaban con los circuitos eléctricos de control y fuerza de los hornos de secado de transformadores.
- Se ejecuto un trabajo de montaje que dio respuesta a las expectativas creadas en cuanto a las mejoras de la calidad de la instalación.
- Se crearon las condiciones para la generalización del trabajo al cumplir este con los objetivos propuestos.

REFERENCIAS

1. *Mitsubishi Electric*, PSS y Super Series 3 A-1600 A, enero, 2000.
2. *Omron Electronics, Catalogue*, 2000-2001.

AUTOR

Quiroga Fuentes Vladimir

Ingeniero electricista, Máster en Ciencias, Unidad Empresarial de Base de Producción (UEBP), Empresa Eléctrica, Ciudad de La Habana

e-mail: orestes@cipel.ispjae.edu.cu

