



■ ANTECEDENTES

Cabos Marinos del Sureste, S.A. de C.V., se encuentra en el proceso de implementación de un programa de eficiencia energética debido al importante potencial de ahorro de energía que tiene en su planta ubicada en Mérida, Yuc., con el propósito de disminuir sus costos de operación y mantener su competitividad en el mercado, así como para contribuir a la preservación de los recursos no renovables requeridos para la generación de la energía eléctrica y la reducción de contaminantes que esto implica.

Dado lo anterior, decidió establecer contacto con el FIDE para la realización de un proyecto del tipo I-2, denominado "Proyectos de Ahorro de Energía Eléctrica en Empresas Altamente Consumidoras, con Recuperación del Costo Financiero".

Cabos Marinos del Sureste, es una empresa dedicada a la fabricación de cabos y redes de plástico. Se encuentra ubicada en Calle 24 No. 506 X 65, Col. Miraflores en Mérida, Yucatán, C.P. 97179. Tiene 3 turnos de trabajo, durante las 24 horas del día.

El servicio de energía eléctrica de la planta es suministrado por la Comisión Federal de Electricidad mediante la tarifa HM, región peninsular. Las características eléctricas de esta empresa son las siguientes:

- a) Consumo de energía eléctrica promedio: 282,075 kWh/mes
- b) Demanda máxima promedio mensual: 457 kW
- c) Factor de carga: 77.93 %

d) Costo promedio del kWh: \$0.738 IVA incluido

e) Monto promedio de facturación mensual: \$208,227.00

DIAGRAMA DE PROCESO



DESCRIPCION DEL PROCESO

Cabos Marinos es una empresa dedicada a la fabricación de cuerdas de fibra sintética (polipropileno, nylon y poliéster). El proceso de producción consta de 5 etapas.

- Pigmentado
- Extrusión de fibra de polipropileno
- Torcido
- Cableado
- Empaquetado

El proceso de pigmentado consiste en la adición de pigmento de color y aditivos a la resina plástica, que es el polipropileno.

El proceso de extrusión consiste en la compresión y el calentamiento de la resina plástica; lo anterior por medio del trabajo mecánico ejercido por un tornillo que comprime el material y por resistencias eléctricas que están en contacto con el husillo de la máquina para fabricar fibras.

La fibra o hilo de polipropileno es estirado a través de trenes y medios de estiraje que pueden ser hornos o planchas, lo que al reordenar las cadenas de la resina plástica, incrementa las características mecánicas de las fibras.

El proceso de torcido consiste en torcer en grupos fibras individuales para formar cordones de cable. Estos cordones pasan a la cableadora y sale un cable ya terminado.

El trabajo de las resistencias eléctricas es regido por un controlador de temperatura llamado pirómetro, el cual está censando constantemente la temperatura y manda una señal a un dispositivo eléctrico de encender o apagar las resistencias.

Existen varios tipos de pirómetros. El que tienen actualmente las máquinas de Cabos Marinos, son de tipo On/Off, en éstos el

encendido de las resistencias manda todo el flujo de energía hasta alcanzar una temperatura predeterminada, sin embargo al haber una inercia térmica, la banda de temperatura en ella es muy grande y esto ocasiona que la energía se desperdicie.

Existen controles llamados PID, siglas de Proporcional, Integrador, Derivador, que tienen como función reducir significativamente la banda térmica de la resistencia y con ello las pérdidas por calor excedido se reducen y se ahorra energía.

■ AREAS DE OPORTUNIDAD

Sustitución de controles de temperatura en las diferentes zonas de las líneas de extrucción de tipo ON/OFF a tipo PID.-El objetivo del sistema propuesto, es que se puedan monitorear y controlar los niveles de temperatura de las resistencias eléctricas y evitar, con un control preciso a través del PID, las variaciones de temperatura que significan un incremento en el consumo de energía eléctrica, lo cual permite mantener la operación de las resistencias eléctricas solamente el tiempo requerido.

El arreglo se puede ver en la siguiente figura:

La propuesta del proyecto de ahorro de energía eléctrica consiste en lo siguiente:

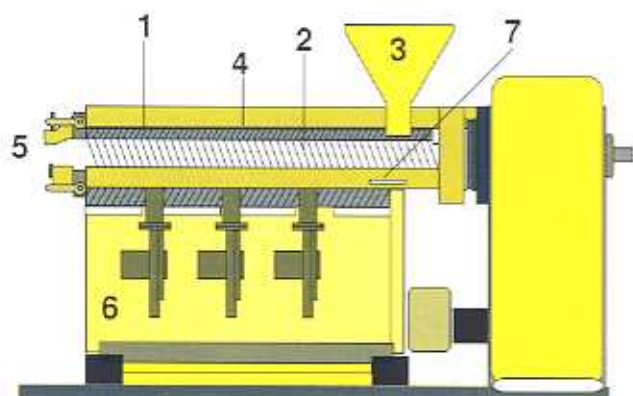
Cuando se requiere mayor precisión en el control de temperatura, se utiliza un control electrónico de temperatura el cual consta de 3 partes: entrada, block de control y salida.

La entrada es la parte del controlador de temperatura que recibe e interpreta la información del sensor, específicamente amplifica, quita ruidos y valoriza la señal del sensor de temperatura, que normalmente es un termopar.

El block de control es el cerebro que recibe la señal de entrada que es la temperatura actual y la compara con la temperatura preestablecida, diciéndole a la salida lo que tiene que hacer a través de algún algoritmo. En un control tipo ON/OFF, el block de control le dirá a la salida prende o apaga la resistencia. En controles más sofisticados, el block de control le dirá a la salida cuánta potencia aplicar cuando se apaga o enciende la resistencia.

La salida es la parte del control que ejecuta las acciones tomadas por el block de control. Este mecanismo de salida manda la corriente a las resistencias.

Figura 1. Diagrama de una extrusora



- 1.- Cilindro.
- 2.- Tornillo.
- 3.- Embudo.
- 4.- Elementos de calentamiento.
- 5.- Terminal de la resina de salida.
- 6.- Ventiladores de enfriamiento.
- 7.- Canal para la circulación del líquido usado para el enfriamiento en el punto donde empieza la alimentación.

Las 3 partes descritas con anterioridad, trabajan juntas con el fin de mantener un buen control de temperatura. Existen 2 formas en las que el block de control trabaja, con un sistema del tipo ON/OFF o PID.

El metodo de control ON/OFF es la forma más simple de controlar la temperatura electrónicamente, y trabaja de la siguiente manera:

El controlador de temperatura encenderá las resistencias, calentando hasta que alcancen la temperatura de trabajo, en ese momento las apagará. Sin embargo, aun cuando la resistencia esté apagada, la temperatura continuará subiendo por encima de la temperatura fijada en el control. Este fenómeno es conocido como un sobre disparo a la temperatura preestablecida en el control.

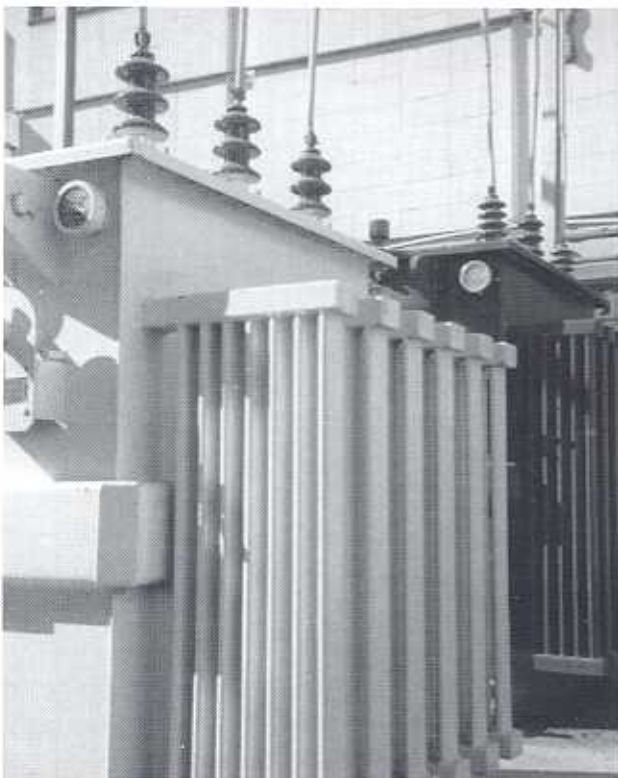
Al ir consumiendo la energía calorífica, la temperatura real del elemento calentado

descenderá por debajo de la temperatura preestablecida hasta alcanzar nuevamente la temperatura de encendido.

La diferencia entre la temperatura preestablecida y la temperatura de encendido se denomina histeresis. Esta característica marca la calidad de control de temperatura, y es muy importante porque de ella depende la vida útil del elemento de salida (que normalmente es un contactor), por el número de encendidas que dará en su vida útil.

La resistencia volverá a encender hasta alcanzar la temperatura preestablecida, se volverá a apagar y este ciclo de encendido apagado continuará tantas veces como energía calorífica consume el elemento a calentar.

Para muchas aplicaciones, el control ON/OFF es una forma barata de controlar la temperatura, pero para formas más precisas existen los controles denominados PID.



Las siglas PID denominan un controlador de tipo proporcional, integrador y derivativo, que tiene como objetivo eliminar las desviaciones hacia arriba y hacia abajo de la temperatura preseleccionada.

El control proporcional tiene como objeto estabilizar la temperatura de trabajo, reduciendo fuertemente el sobredisparo de temperatura sobre la temperatura preseleccionada. Desafortunadamente, al cerrar el diferencial entre la temperatura de trabajo y la temperatura preseleccionada, se presenta una condición de caída de temperatura.

El control integrador tiene como función eliminar la condición de caída de temperatura provocada por el control proporcional.

Los controles proporcionales e integradores no logran eliminar el sobredisparo de temperatura principalmente en los arranques y tampoco durante la operación. El control derivativo tiene como tarea básica eliminar este fenómeno, del sistema, contestando la situación de qué tan rápido o lento está subiendo o bajando la temperatura del sistema.

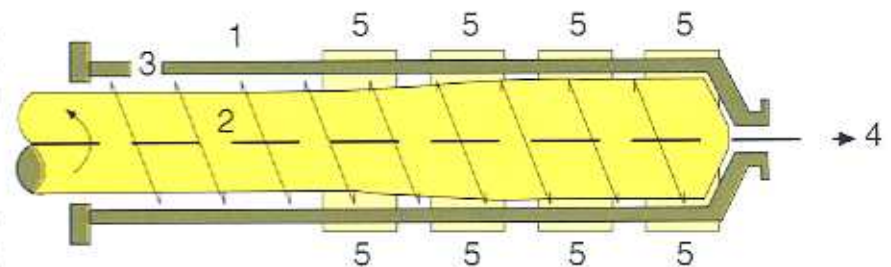
Otra parte importante del sistema tiene que ver con los mecanismos de salida que proporcionan la energía a las resistencias. El parámetro de decisión de estos elementos tiene que ver con el tiempo de ciclo de operación. El tiempo del ciclo es el periodo en el cual el mecanismo de salida completa el ciclo de encender la resistencia, apagarla y volverla a prender. Existen 3 tipos de mecanismos de salida: contactores electromecá-

nicos, relevadores de desplazamiento de mercurio y relevadores de potencia de estado sólido SSR.

Los controladores de temperatura PID, al requerir de tiempos de ciclo muy cortos para reaccionar rápidamente, solo pueden trabajar con relevadores de desplazamiento de mercurio o relevadores de potencia de estado sólido SSR.

A continuación se muestra, cómo están distribuidos los controles ON/OFF en las líneas de extrusión.

Figura 2. Detalle de una extrusora



- 1.- Cilindro.
- 2.- Tornillo rotativo.
- 3.- Entrada para la carga de resina en estado sólido.
- 4.- Salida para la resina fundida.
- 5.- Dispositivos de calentamiento.

■ APLICACION DE LAS MEDIDAS

Cabos Marinos del Sureste, cuenta con máquinas de extrusión con pirómetros ON/OFF y sus correspondientes contactores electromecánicos.

La forma en la que se llevaron a cabo las pruebas de ahorro energético fue la siguiente:

- a) Se colocó un equipo de medición y se registró la corriente que circulaba del contactor a la resistencia en cada una de las

zonas del extrusor, el cual opera midiendo aproximadamente 5,756 veces este parámetro durante 24 horas. A través del software que viene con el equipo se calcularon los kilowatts consumidos durante un día por la resistencia controlada mediante un pirómetro tipo ON/OFF.

- b) Se quitó el controlador de temperatura ON/OFF y se colocó en el mismo extrusor, en el mismo sitio y bajo las mismas condiciones de operación, uno del tipo PID, se instaló el equipo de medición y se dejó trabajando el mismo periodo, esto es, 24 horas. Con ayuda del software se calculó la demanda de energía eléctrica de este periodo de operación.
- c) Se comparó la energía utilizada por controladores PID con la consumida por controladores tipo ON/OFF en las diferentes zonas de control de la máquina. Finalmente, se llevó a cabo el análisis y se obtuvo un promedio de ahorro energético en la máquina.
- d) Esta evaluación se realizó en el extrusor número 2 (en sólo 1 de los puntos de con-

trol, ya que este equipo tiene 6 puntos de control y en total en todas las líneas de extrusión se tienen 96 puntos de control), contando con todos los registros evaluados por el equipo de medición.

■ CONCLUSIONES

El ahorro de energía obtenido en esta empresa ha sido muy atractivo, tanto por el nivel de consumo evitado, como por la alta rentabilidad de la inversión requerida, esto le ha permitido a Cabos Marinos del Sureste, obtener un ahorro de energía eléctrica de 462,378.24 kWh al año, lo que representa un 13.66 %. Con respecto a su facturación, el ahorro logrado equivale al 15.11 %.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
Mariano Escobedo No. 420, 1er piso, Col. Anzures, México, D.F.
C.P. 11590 Tel.: 5545 2757 Consulte nuestra página web:
<http://www.fide.org.mx>

RESUMEN DE LOS AHORROS DE ENERGIA ELECTRICA DETERMINADOS

LINEA	NUMERO DE ZONAS	AHORRO DE ENERGIA (kWh/año)	AHORROS ANUALES (\$)	INVERSION (\$)	PERIODO DE RECUPERACION (años)
1	11	52,980.84	43,258.86	50,600.00	1.17
2	8	38,531.52	31,460.99	36,800.00	1.17
3	10	48,164.40	39,326.23	46,000.00	1.17
4	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
5	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
6	8	38,531.52	31,460.99	36,800.00	1.17
7	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
8	8	38,531.52	31,460.99	36,800.00	1.17
9	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
10	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
11	9	43,347.96	35,393.61	41,400.00	1.17
12	7	33,715.08	27,528.36	32,200.00	1.17
	96	462,378.24	377,531.83	441,600.00	1.17