

Diagnosís energética en el sector industrial

De aquí en más uno de los grandes aportes en materia energética quedará a cargo de la conservación de la energía. En los últimos años, a partir del segundo gran aumento del petróleo en 1979, la caída del consumo a nivel mundial, fue motivada en partes iguales por la depresión económica y por las medidas severas de racionalización del consumo en los países altamente industrializados. En esta nota, el Licenciado José M. Carcione analiza medidas que se pueden adoptar en el sector industrial para lograr resultados similares.

INTRODUCCION

La necesidad de lograr una utilización más racional y económica de la energía en el sector industrial, obliga a establecer una metodología de trabajo para determinar las acciones más convenientes, desde el punto de vista técnico y financiero.

La diagnosís energética sistematiza el trabajo de adquisición y elaboración de datos para definir los flujos de energía en una planta industrial. Establecidos los flujos en forma cuantitativa se pueden determinar los lugares de la planta donde se está provocando una mala utilización de la energía, y de acuerdo a los datos obtenidos, determinar las acciones más adecuadas para la solución del problema.

Estas acciones se pueden considerar en tres niveles distintos. El primer nivel corresponde a pequeñas modificaciones en las instalaciones, que pueden ser llevadas a cabo por el personal de mantenimiento de la compañía. El segundo requiere inversiones más importantes, pero sin cambios relevantes en la tecnología del proceso o los servicios. Finalmente, el tercer nivel requiere el diseño y reestruc-

turación de ciertos sectores de la planta que involucran la producción y los servicios.

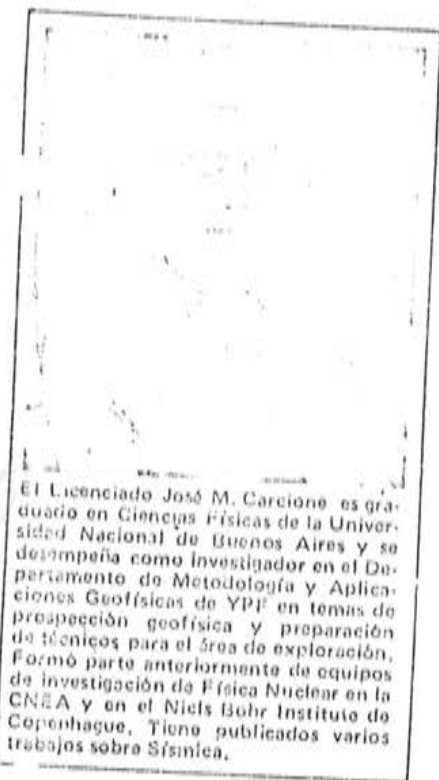
En el presente artículo se ejemplifican acciones que pertenecen a los tres niveles y, particularmente, se consideran en detalle los sistemas eléctrico y de iluminación, con recomendaciones que pueden implementarse por el personal de la planta.

LA DIAGNOSIS ENERGETICA

El objetivo fundamental de la diagnosís energética es establecer las posibilidades que existen para ahorrar y recuperar energía en todas las áreas de una planta industrial, incluyendo producción y servicios. Más específicamente, consiste en:

- determinar si los flujos de energía satisfacen criterios racionales.
- aplicar el índice de consumo correcto a cada producto o servicio, introduciendo procedimientos para medir el mismo y establecer una adecuada distribución de costos.
- identificar todos los casos de utilización irracional de energía en el sistema.

Una vez realizada, la diagnosís



El Licenciado José M. Carcione es graduado en Ciencias Físicas de la Universidad Nacional de Buenos Aires y se desempeña como Investigador en el Departamento de Metodología y Aplicaciones Geofísicas de YPF en temas de prospección geofísica y preparación de técnicos para el área de exploración. Formó parte anteriormente de equipos de investigación de Física Nuclear en la CNEA y en el Niels Bohr Institute de Copenhague. Tiene publicados varios trabajos sobre Sísmica.

ABSTRACT

From now on, energy conservation should be one of the main resources to ensure demand supply. Within the last years, a 50% decrease in goods occurred as a result of drastic saving measures promoted in countries with high economic development. In this note, José M. Carcione analyzes the possibilities of energy conservation in the industrial sector.

provea t
ra decid
ben ton
diagnos
da com
periódic
lice un
ra tend
energía
Las
energía
trias u
maria,
frecua
METO
DIAG
La
siguie
- ar
si
d
se
p
ci
- e
u
r
r
e
1. l
l
gur
ané
cirt
es
o l
qu
pr
tré
ha
m
bi
pl
di
2
o

Un cuestionario general permite la recolección preliminar de datos para disponer de un panorama de la situación energética.

provee todos los datos necesarios para decidir sobre las acciones que deben tomarse para ahorrar energía. La diagnosis energética puede ser utilizada como un instrumento de control periódico y, en el caso de que se realice una única vez, es conveniente para tener un panorama del uso de la energía en la planta.

Las industrias cuyo consumo de energía por producto es alto (industrias metalúrgicas y de química primaria, por ejemplo) requieren una frecuencia de control alta.

METODOLOGIA DE LA DIAGNOSIS ENERGETICA

La diagnosis puede llevarse a cabo siguiendo el siguiente orden lógico:

- análisis detallado del flujo de energía por planta, por sección individual y por producto. Este análisis se basa en la medición de determinadas variables que permiten calcular el flujo energético.
- examinar las oportunidades de obtener un mejor uso de la energía y realizar un análisis técnico y económico de las acciones que se requieren.

1. Recolección preliminar de datos

Esta reunión de datos inicial asegura una interpretación efectiva del análisis posterior. Naturalmente, las circunstancias difieren si la diagnosis es conducida por el personal interno o por especialistas externos. De cualquier modo, esta recolección de datos preliminar, que se puede realizar a través de un cuestionario general, hace posible disponer de un panorama de la situación energética, que si bien es elemental, es suficiente para planificar los pasos sucesivos de la diagnosis.

2. Mediciones de las variables que definen los flujos de energía

En base a la información obtenida en el punto 1, se prepara un programa

de trabajo para realizar las mediciones. Además de las mediciones que conciernen a la utilización de la energía (temperatura, humedad, intensidad de corriente, etc.) es conveniente considerar datos sobre las características de diseño, eficiencia, condiciones de operación, año de fabricación, condición, mantenimiento y velocidad de operación de los medios de producción. También es importante la información que pueden aportar los operadores y técnicos que trabajan en la planta. Para esta recolección de datos es conveniente preparar formularios que aseguren una tarea sistemática y que facilite el posterior procesamiento de los datos.

Instrumentos de medición

El número y precisión de las mediciones depende del grado de detalle que se requiera en el análisis. Esto está ligado a la importancia que tiene el factor energía en el sistema a estudio.

El objetivo es realizar aquellas mediciones que permitan, con la menor dificultad, establecer los flujos de energía. Estas mediciones son:

2.1.1. Temperatura: La medición de la temperatura es importante para determinar las pérdidas térmicas. Para tener una idea de éstas es preciso medir la temperatura de los posibles efluentes (gases calientes) y de las superficies externas de los aparatos.

2.1.2. Iluminación: Cuando la iluminación es un factor importante es necesario controlar su eficiencia.

2.1.3. Electricidad: En toda planta hay instalaciones, realizadas por el proveedor de indicadores de consumo eléctrico (potencias real, reactiva y máxima), tal que se puede tener, diariamente, el valor de la energía eléctrica absorbida.

2.1.4. Presión: La presión es una de las variables particularmente sujetas a control, también por razones de seguridad.

2.1.5. Caudales: Es muy importante

medir el volumen de combustible utilizado en la planta. Para ello es imprescindible instalar medidores de caudales. Los combustibles más usuales son líquidos y gaseosos.

2.1.6. Composición de los gases de combustión: Cuando la combustión es casi completa, los productos de combustión consisten en anhídrido carbónico (CO_2), monóxido de carbono (CO), vapor de agua, oxígeno y nitrógeno.

2.1.7. Humedad: Para medir la humedad del aire, por ejemplo en procesos de secado, se utilizan los psicrómetros, que están formados por un termómetro de bulbo seco y otro de bulbo húmedo.

3. Definición de los flujos de energía

Una vez que todas las mediciones han sido realizadas y se dispone de los datos necesarios, el próximo paso es establecer la manera que el consumo total de energía se reparte entre los varios usos. Luego, para cada uso, es preciso identificar el modo en que la energía se distribuye entre los varios sistemas que componen la planta. Para cada sistema se debe realizar el balance energético, para lo que se necesita: a) determinar exactamente una superficie ideal que delimita el sistema. b) identificar el flujo entrante y el saliente a través de dicha superficie. Estos flujos están generalmente asociados con:

3.1. Combustibles: cuyo flujo (Kcal/h) se obtiene multiplicando el caudal de combustible (m^3/h) por su valor calorífico (Kcal/ m^3).

3.2. Potencia eléctrica: el flujo eléctrico (KW) se obtiene, por ejemplo, midiendo la tensión V (Volt), la intensidad I (Amper) y el factor de potencia $\cos\phi$, como

3.3. Materiales cuya temperatura difiere de una temperatura de referencia: el flujo térmico (Kcal/h) se obtiene multiplicando el caudal de material

Una vez delimitado el sistema examinado, se deben verificar las posibilidades existentes para reducir la entrada de energía.

por su calor específico y por la diferencia de temperatura.

3.4. Materiales sujetos a conversiones físico-químicas (reacciones químicas, cambios de fase): cuyo flujo es el producto entre el caudal del material y la energía característica de la conversión.

3.5. Dispersión térmica en superficies: que se determinan de acuerdo con las leyes de transmisión del calor, por conducción y radiación.

Determinación de las acciones a ejecutar

Una vez que el sistema bajo examen ha sido delimitado por una superficie ideal, se debe proceder a verificar las posibilidades existentes para reducir la entrada de energía; ya sea, aumentando la eficiencia o utilizando parte de la energía saliente. Es conveniente realizar el análisis del sistema energético de una planta industrial considerando por separado los siguientes ítems:

4.1. Sistema de iluminación: El propósito de la investigación aquí es la racionalización del sistema (distribución de las fuentes luminosas) manteniendo la iluminación suficiente para el trabajo y la seguridad, la evaluación del consumo específico de las fuentes luminosas, el estudio de la posibilidad de aplicar interruptores automáticos, etc. Este tema se tratará en el punto 5).

4.2. Sistema eléctrico: Causas frecuentes de pérdida son, por ejemplo, el mal estado de los conductores, sobre todo en viejas plantas industriales, y el sobredimensionamiento de motores, lo que hace necesario corregir el factor de potencia.

El tema de la mejora del factor de potencia junto con otras consideraciones para el ahorro de energía en el sistema eléctrico se tratará en el punto 6.

4.3. Sistema Térmico. Recuperación

de energía: En ciertos casos, sobre todo en calderas de pequeño tamaño que no están acopladas de la mejor manera con sus quemadores, se produce un exceso de aire en la cámara de combustión. Otro problema es la aislación térmica inadecuada que se puede encontrar, frecuentemente, en conductos de distribución de agua caliente o vapor.

El problema de la recuperación del calor ha surgido en los últimos tiempos, ya que en el pasado no se tuvo en cuenta debido al bajo costo de los combustibles. Este problema es de tipo tecnológico y está conectado con la eficiencia que pueda lograrse con los intercambiadores de calor.

4.4. Proceso de producción: Es en el proceso de producción donde más oportunidades hay para recuperar energía, especialmente recuperación de energía térmica. Normalmente tal, recuperación consiste en el precalentado de líquidos o gases a expensas del calor residual emitido por otros procesos. Este calor residual se puede utilizar para el proceso mismo o para calefacción. Esta última oportunidad es, frecuentemente, la más ventajosa en términos económicos.

La reducción de pérdidas en el proceso de producción depende de los beneficios económicos que pueden ser obtenidos, considerando, por supuesto, la inversión necesaria para llevar a cabo la reducción.

4.5. Sistemas de aire acondicionado y de calefacción: El procedimiento de análisis utilizado puede ser el siguiente: Tomar las mediciones correspondientes para calcular la cantidad de energía que se consume en un período de tiempo dado, por ejemplo un año. Considerar el clima, el diseño, la orientación del edificio, la calidad térmica de las paredes y techos, la temperatura interna requerida, etc., para determinar la cantidad de energía que se necesita.

La comparación de la energía que realmente se consume y la que se re-

quiere da una medida del ahorro que puede obtenerse.

4.6. Organización del mantenimiento: En plantas pequeñas el perjuicio económico no es significativo si no se lleva a cabo un mantenimiento periódico, pero en plantas de tamaño medio la necesidad del mismo es importante, especialmente en los sectores térmico y de iluminación.

4.7. Producción autónoma de energía eléctrica: Esta posibilidad es viable, por ejemplo, en el caso de consorcios de firmas o de plantas que requieren para su proceso de producción una gran cantidad de calor a baja temperatura (industria del papel, por ejemplo).

4.8. Contratos de provisión de electricidad y de combustibles: De acuerdo al sistema de tarifas aplicadas para la provisión de energía eléctrica, es posible identificar para cada configuración de consumo, los términos contractuales que pueden minimizar el costo correspondiente. Lo mismo vale para los contratos de provisión de combustibles.

4.9. Incidencia del ahorro de energía en la economía de la empresa: Las acciones que se ejecuten para ahorrar energía deben ser compatibles con la eficiencia global de la compañía. Por ejemplo, no sería rentable que para llevar a cabo la acción debiera suspenderse el proceso de producción un período de tiempo que ocasione pérdidas elevadas.

5. Sistema de iluminación

5.1. Definición de las variables

Las variables fundamentales que intervienen en los cálculos son las siguientes:

5.1.1. Flujo luminoso: Es la cantidad de energía emitida en la unidad de tiempo. Representa, por lo tanto, la potencia luminosa. Se mide en lúmenes (lm). El flujo luminoso varía con la tensión y la temperatura.

5.1.2. E
nosa: E
minoso
absorbi
teórica
incande
10 a 20
paras c
vapor
180 la
5.1.3.
noso p
de en l
A me
luna l
ción
día el
5.1.4.
tico:
jetos
Se l
dear
ce v
se of
valor
men
dus
un
per
enc
val
ilu
ne
lot
5.
er
m
si

Los esfuerzos para un uso racional de la energía en el sector eléctrico interesan en dos ámbitos: el del productor y el de la fase de utilización final.

5.1.2. Eficiencia de una fuente luminosa: Es la relación entre el flujo luminoso (lm) y la potencia eléctrica absorbida (W). La eficiencia máxima teórica es de 680 lm/W. Una lámpara incandescente tiene una eficiencia de 10 a 20 lm/W, mientras que las lámparas de mayor eficiencia son las de vapor de sodio a baja presión con 180 lm/W.

5.1.3. Iluminación: Es el flujo luminoso por unidad de superficie. Se mide en lux, que corresponde a 1 lm/m². A modo de ejemplo: una noche de luna llena tiene 0.2 lux, una habitación bien iluminada, 500 lux, y un día claro nublado, 20000 lux.

5.1.4. Índice de rendimiento cromático: Es la capacidad de iluminar objetos sin alterar sus colores naturales. Se ha establecido una escala que va desde 0 a 100. Una fuente cuyo índice va desde 70 a 85 puede considerarse con buen rendimiento cromático.

En la Tabla I se puede apreciar el valor de la iluminación (lux), recomendable para algunas actividades industriales. Estos valores representan un rango de utilización conveniente, pero se puede obtener un ahorro de energía significativo ateniéndose al valor inferior para el nivel general de iluminación y aumentando, donde es necesario, el nivel con iluminación localizada.

5.2. Consideraciones finales

Para una mejor utilización de la energía en lo que respecta a la iluminación deben considerarse las siguientes acciones:

- revisar el nivel de iluminación en relación con el color de las paredes y el techo, de tal manera que aumente el coeficiente de reflexión.
- revisar la proporción entre iluminación general e iluminación localizada.
- sustituir progresivamente las lámparas existentes por otras de mayor eficiencia, dentro de las limitaciones posibles.

**TABLA I
VALORES DE ILUMINACION DESEABLE**

ACERIAS	
Producción y laminación	150 - 300
Trafilado y extrusión	200 - 400
Sala de motores	150 - 300
Control de laminación	400 - 800
Sala de comando	300 - 600
ALTOS HORNOS	
Depósito de minerales	50 - 100
Área de carga, canales de colada	100 - 200
ASTILLEROS NAVALES	
Sección trazado	400 - 800
Sección montaje	200 - 200
FABRICA DE PAPEL	
Molienda, pasta y manufactura	150 - 300
Corte, forma y decoración	200 - 400
FABRICA DE AUTOMOVILES	
Sección mecánica	200 - 400
Cadena de montaje	250 - 500
Sección carrocería	300 - 600
INDUSTRIA TEXTIL	
Bobinado	200 - 400
Hilado	400 - 800

- examinar la conveniencia económica de la utilización de interruptores automáticos.
- examinar la posibilidad de mejorar la disposición de los aparatos de iluminación.
- estudiar la conveniencia de incrementar la utilización de la iluminación natural.

6. Sistema eléctrico

La economía de la energía en el sector eléctrico interesa en dos ámbitos distintos: el primero concierne al

productor, en lo que respecta a la fase de conversión de la fuente primaria en electricidad y su sucesiva transmisión y distribución; el segundo corresponde a la fase de utilización final, el sector residencial y el industrial. Este último ámbito, el industrial, se trata a continuación.

6.1. El factor de potencia

Todas las instalaciones que alimentan artefactos eléctricos como se mencionadas, de acuerdo a la potencia aparente, que corresponde al producto

El uso eficiente de los motores y transformadores en la industria hace posible mejorar adecuadamente el factor de potencia.

to de la tensión por la corriente. En ciertos aparatos (por ejemplo lámparas a filamento) la potencia aparente absorbida es toda la potencia activa; en cambio en otros que poseen circuitos magnéticos (tales como motores y transformadores), una parte de la potencia aparente absorbida es utilizada para excitar los circuitos magnéticos. Esta "potencia magnetizante" se denomina, generalmente, potencia reactiva. El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente; es igual a uno en el primer caso considerado e inferior a uno en el segundo caso. El factor de potencia es también igual a $\cos \phi$, donde ϕ es el desfase entre la tensión y la corriente.

6.2. Mejora del factor de potencia

Se puede mejorar el factor de potencia utilizando las máquinas de un modo racional, teniendo en cuenta, entre otras cosas:

- uso de los motores y transformadores correctamente dimensionados.
- no dejar que los motores y transformadores funcionen sin carga.
- no mantener en ejercicio motores defectuosos.

Cuando estas consideraciones no mejoran suficientemente el factor de potencia, se puede recurrir a la utilización de condensadores estáticos. Cuando el aparato absorbe, para su funcionamiento, potencia reactiva, un condensador incluido en el circuito eléctrico genera tal tipo de potencia. Se tiene así una compensación y el factor de potencia del sistema resulta mejorado.

6.3. Consideraciones finales

En el diseño de instalaciones eléctricas, con el objeto de evitar pérdidas de energía, se debe tener en cuenta:

- el correcto dimensionamiento de las instalaciones de transformación y distribución de la energía eléctrica.
- la adopción de un sistema para mejorar el diagrama de carga y reducir los picos, con disminución al mínimo del funcionamiento a baja carga. Para ello, instalar interruptores que desconecten los motores y transformadores en caso de falta de carga.
- evitar el problema de las cargas simultáneas.

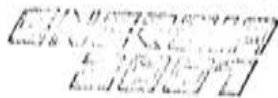
En instalaciones ya existentes se debe considerar:

- mejora del factor de potencia, que permite que los aparatos utilicen menos corriente eléctrica y por lo tanto, se produzcan menos pérdidas de energía en los conductores.
- un relevamiento sistemático de los datos relativos al consumo en un determinado período de tiempo: potencia y factor de potencia, y horas de utilización. Del examen de estos datos se puede verificar la conveniencia del contrato realizado con la compañía de electricidad.

La información vertida en este artículo deriva del curso "Local Energy Planning" organizado por "The International School on Solar Energy and other Renewable Sources", en la ciudad de Roma, durante los meses de setiembre y octubre de 1983. □

BIBLIOGRAFIA:

- "Energy diagnosis and saving in industry", R. Calò, (1983).
- "Electrical Engineering Principles", F. B. Lockwood y R. Dunstan, Heinemann Educational Books Ltd. (1971).
- "El laboratorio del Ingeniero Mecánico", J. S. Doolittle, Editorial Hispano Americana S.A. (1962).



Desde la primera quincena de junio a través de la Radio América -en el 120 de su dial- dentro del programa REFLEXIONES que se transmite de 22 a 23 horas, ENERGIA 2001 aborda todos los miércoles los temas más importantes y actuales de su área específica, mediante entrevistas hechas en directo, a figuras de primer nivel.

Hasta el momento han ocupado nuestra tribuna las siguientes personalidades:

Doctor Arturo Sábato
Ingeniero Luis A. Rey
Ingeniero Oscar Vicente
Doctor Félix Herrero

Doctor Pedro J. Lesta
Ingeniero Carlos Robertson Lavalle
Doctor Facundo Suárez

Un programa para la docencia en el área energética.