

Generadores termoelectricos

Generación de energía sin partes móviles

Por **Eduardo Bollati**

Corporex S.A., servicio técnico autorizado de generadores Global Thermoelectric

Los generadores termoelectricos son generadores de corriente continua de baja potencia sin partes móviles. Se utilizan para aplicaciones en instalaciones remotas no habitadas. Generan en base a la combustión de gas natural, gas de boca de pozo o licuado. Se usan además en la industria del petróleo y del gas para protección catódica, sistemas SCADA y telecomunicaciones.

Historia

El efecto termoeléctrico fue observado por Thomas Seebeck a mediados del siglo XIX.

Cuando se calienta la unión entre dos materiales distintos, se crea una diferencia de potencial en los extremos no calentados (fríos) y circula, si se juntan dichos extremos, una corriente eléctrica (figura 1).

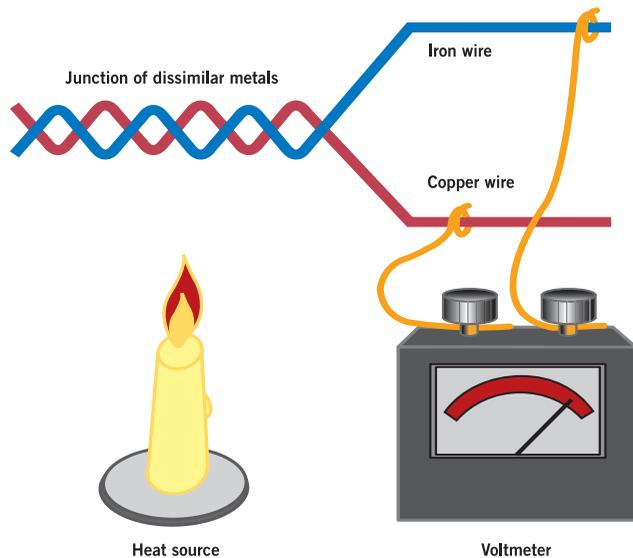


Figura 1. Efecto Seebeck.

Treinta años después, Jean Peltier descubrió que la circulación de corriente en esas circunstancias causa absorción o liberación de calor.

Lord Kelvin (William Thomson) relacionó luego ambos enunciados en un tercer efecto termoeléctrico, llamado luego "efecto Thomson", que establece que, al circular una corriente en la dirección de un gradiente térmico por un conductor homogéneo, se establece un efecto calefactor o refrigerante lateral.

La teoría básica de los generadores y refrigeradores termoeléctricos se terminó de delinear a principios del siglo XX. Para aplicaciones prácticas se necesitaban materiales con un alto coeficiente Seebeck, alta conductividad eléctrica y baja conductividad térmica.

La tecnología de semiconductores permitió obtener materiales adecuados a partir de la década del 40. Ya en la segunda guerra mundial Rusia utilizó generadores termoeléctricos a base de antimonio-zinc para alimentar equipos de comunicaciones militares.

En la década del 50, se desarrollaron las primeras termocuplas para sistemas de seguridad por falta de llama, que resultaron la aplicación más masiva del efecto termoeléctrico y que se encuentran hoy en día en casi todos los calefones, termotanques, hornos y calefactores a gas domiciliarios.

Con el correr de los años se fabricaron generadores termoeléctricos (conocidos como TEG por su sigla en inglés: *ThermoElectric Generator*) con diversos materiales semiconductores y con resultados variados.

En la década del 60, se desarrollaron generadores alimentados por radioisótopos para el programa espacial Apolo y para comunicaciones con la luna, de los que derivarían los materiales utilizados en la mayoría de los generadores comerciales actuales.

Los generadores termoeléctricos son un producto para aplicaciones muy específicas, mientras que otros derivados de la misma tecnología, como las termocuplas de seguridad, se emplean masivamente. Dada su simplicidad, se usan también módulos termoeléctricos de efecto Peltier para aplicaciones de refrigeración y control de temperatura de baja capacidad.

Principio de funcionamiento

Un generador termoeléctrico convierte directamente calor en electricidad. El calor induce la circulación de una corriente eléctrica al fluir desde el quemador de gas a través del módulo termoeléctrico (termopila). Para generar electricidad mediante el efecto termoeléctrico se necesitan un módulo termoeléctrico y una diferencia de temperatura entre ambas caras del mismo. Dado que la circulación de corriente también genera migración de calor, las fuentes caliente y fría deberán aportar y disipar calor continuamente para mantener esa diferencia.

En la práctica los elementos básicos de los generadores termoeléctricos son tres (figura 2):

- Fuente caliente: quemador o calefactor catalítico a gas en casi todos los casos.
- Dispositivo de conversión de energía: módulo termoeléctrico o termopila.
- Fuente fría: disipador de aluminio aletado, tubos refrigerantes o radiadores.

Los elementos termoeléctricos generan en una tensión muy baja (mV) pero suelen tener una buena capacidad de corriente. Por ejemplo, en el caso de las termocuplas usadas en los dispositivos de seguridad de llama domiciliarios la corriente generada en base a la llama piloto es suficiente

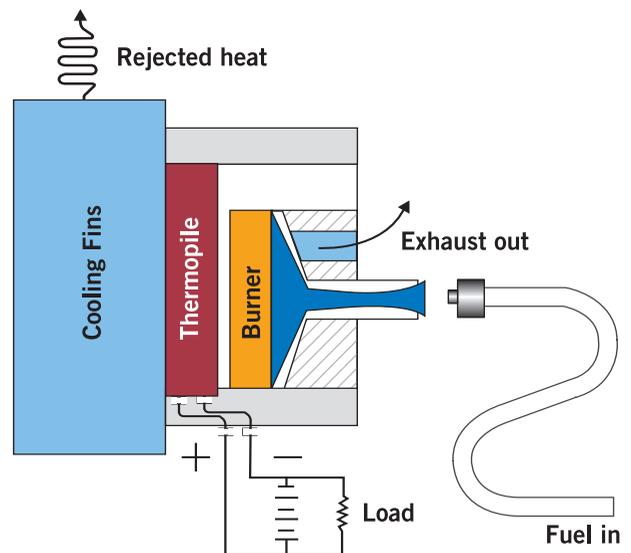


Figura 2. Esquema TEG.

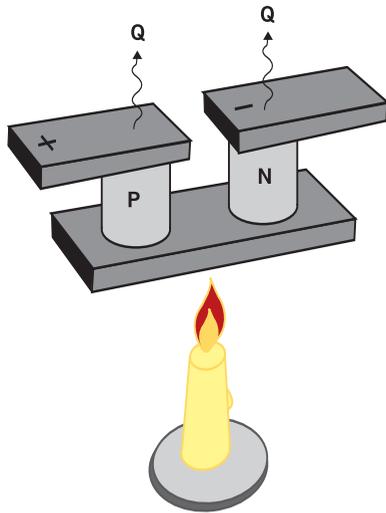


Figura 3. Elementos termoelectricos.

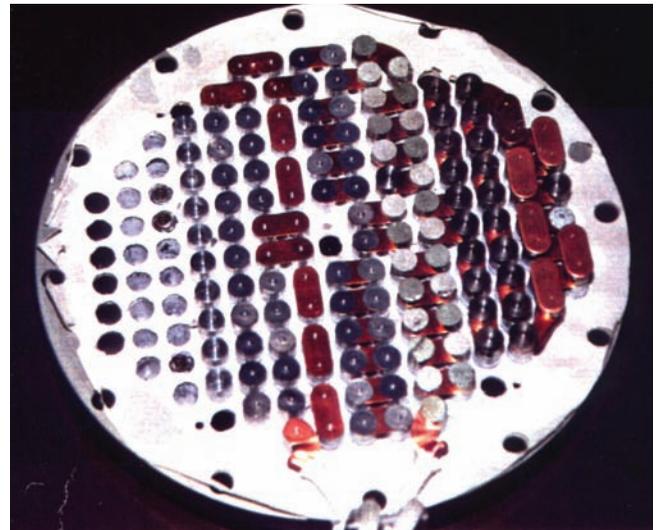


Figura 4. Termopila a medio construir.

para mantener la válvula de seguridad abierta, oponiéndose al resorte que tiende a cerrarla.

Un módulo termoelectrico o termopila consiste generalmente en varios elementos semiconductores (a veces cientos de ellos) con dopaje P y N conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo (figuras 3 y 4).

Los generadores se completan con diversos sistemas auxiliares, como ser los de gestión de combustible, ajuste de aire, seguridad, encendido y acondicionamiento de la tensión de salida.

Tecnologías

El corazón de los generadores termoelectricos es el módulo termoelectrico. Se han ensayado e incluso construido generadores con diversas mezclas de materiales semiconductores (con sus correspondientes dopajes P y N), como ser:

- antimonio-zinc
- silicio-germanio
- bismuto-telurio
- plomo-estaño-telurio

Respecto de la fuente de calor, hay sistemas catalíticos o de quemador convencional, casi siempre a gas, ya sea natural, licuado o de boca de pozo.

Actualmente alrededor del 95% del mercado mundial se satisface con generadores a quemador convencional (no catalítico) alimentado a gas y termopilas selladas de plomo-estaño-telurio.

Las ventajas de estas tecnologías son:

- Quemador vs. calentador catalítico. El quemador permite desarrollar temperaturas mucho más altas, presenta una resistencia superior a impurezas en el gas y tiene mayor vida útil (hasta 20 años según el caso).
- Material y tecnología del módulo termoelectrico. Los módulos de Pb-Sn-Te sellados e inertizados trabajan a mayor temperatura que las termopilas abiertas, con

mayor durabilidad (por estar inertizadas), densidad de potencia y eficiencia (debido al mayor salto térmico).

La figura 4 muestra una termopila de Pb-Sn-Te a medio construir. Genera 120 W a 6.7 V y cuenta con 80 termocuplas (160 elementos). Cada termocupla genera 84 mV, con una corriente de 18 A y con una temperatura de 540°C en la cara caliente y 140°C en la fría.

Ventajas y desventajas

En general, los generadores termoelectricos modernos tienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Altísima confiabilidad, funcionamiento continuo y en todo clima, sin necesidad de refugios.
- Mínimo mantenimiento, típicamente 1 a 2 horas anuales (no tienen partes móviles).
- No requieren mayor calificación del personal de operación o mantenimiento.
- Larga vida útil, de hasta 20 años sin recambio de componentes importantes, dependiendo de la tecnología utilizada.
- Fácil instalación, generalmente sin necesidad de equipos de izaje dado su bajo peso unitario.
- Mínimo impacto visual y sonoro.
- Costo inicial y operativo comparativamente bajo dentro de cierto rango de potencia.

Desventajas

- Necesidad de combustible gaseoso, aunque esto en general no es un problema dado el buen servicio de provisión de gas licuado a granel disponible en la Argentina.
- Costo por *watt* relativamente alto, si bien en el rango de potencia habitual da un costo inicial competitivo.
- Eficiencia relativamente baja, aunque en el rango de potencia habitual da un consumo generalmente moderado.

El rango de potencias donde usualmente resultan la mejor opción es de aproximadamente 30 W a 2000 W. Sin embargo, en ciertos casos este rango se extiende, existiendo instalaciones de 2 W a 5000 W.

Comparación con otras tecnologías

Redes eléctricas

La confiabilidad de las extensiones de redes eléctricas en áreas remotas suele ser muy baja, no siendo suficiente para sistemas críticos. Los generadores termoeléctricos tienen en general una confiabilidad mucho mayor.

Los costos de capital y cargos por servicio asociados al tendido de líneas eléctricas hasta áreas remotas suelen ser prohibitivos, a menos que la distancia a cubrir sea muy corta. La instalación de un generador termoeléctrico para satisfacer la demanda de energía localizada es, en general, una solución más económica.

Grupos electrógenos convencionales

El costo de capital de los grupos electrógenos a gas o diésel es generalmente menor que el de un generador termoeléctrico pero su costo operativo y los costos de las instalaciones auxiliares requeridas suelen ser mucho mayores. La necesidad de contar con un técnico calificado para realizar el mantenimiento periódico de los grupos implica costos operativos muy elevados, mayores tiempos de equipo parado y menor confiabilidad general. Cuando se comparan los costos globales a lo largo del ciclo de vida, incluyendo todos los costos operativos, los generadores termoeléctricos, dentro de su rango de potencia, tienen costos operativos menores y mayor confiabilidad.

Sistemas fotovoltaicos

La simplicidad inherente de los sistemas fotovoltaicos



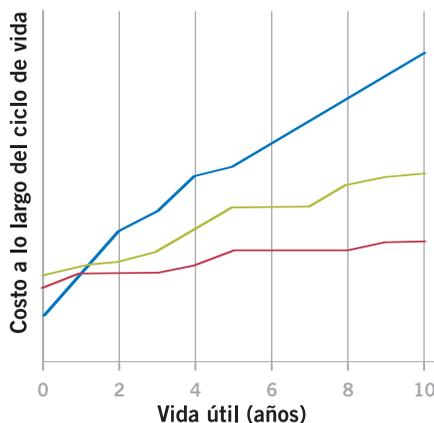
Figura 7. TEG 220 W (fondo) y 550 W (frente).

los hace, en general, más convenientes para cargas muy pequeñas (hasta aproximadamente 30 W continuos). Sin embargo, en algunos casos se usan generadores termoeléctricos en este rango de potencia debido a la muy pobre irradiación solar o al vandalismo que típicamente sufren los sistemas fotovoltaicos.

Para potencias mayores en general los costos iniciales son menores para los TEG. El mantenimiento de los TEG es típicamente menor (no requieren limpieza periódica como los paneles) y los costos operativos son usualmente menores (con gas natural) o similares (con propano). En general, el costo del propano es del mismo orden de magnitud que el prorrateo de los reemplazos de los bancos de batería que los sistemas fotovoltaicos suelen necesitar a lo largo de su vida útil.

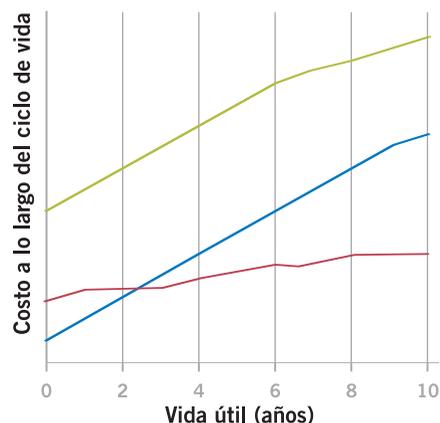
Por último, para cargas de 150 W continuos o mayores la diferencia en impacto visual y planta ocupada a favor de los TEG es marcada, ya que requieren mucho menos espacio.

Instalación de 80 W



■ Grupos electrógenos ■ Fotovoltaicos ■ Generadores termoeléctricos

Instalación de 800 W



Figuras 5 y 6. Comparación de costo a lo largo del ciclo de vida.

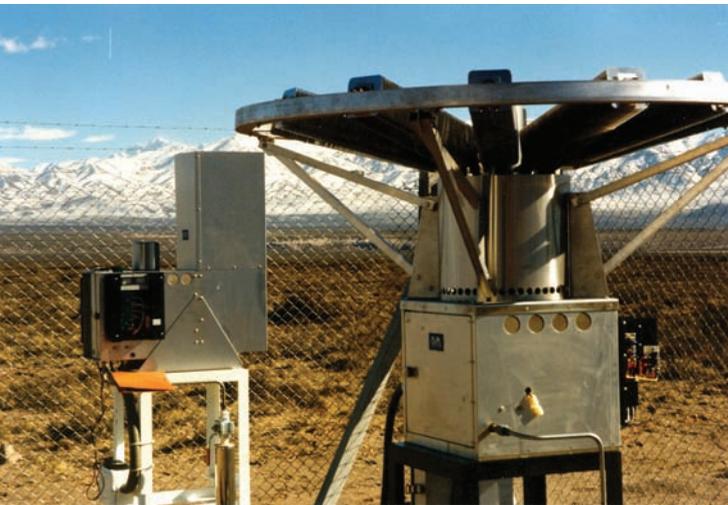


Figura 8. Sistema 1650 W (3 x 550 W).

Las figuras 5 y 6 muestran estructuras típicas de costos para cargas constantes de 80 y 800 W.

Aplicaciones

Los generadores termoeléctricos, dentro de su nicho de mercado, han tenido una gran aceptación en la Argentina. Hay alrededor de 500 equipos instalados en el país y en los gasoductos trasandinos.

Las aplicaciones principales son la alimentación de instalaciones de protección catódica y SCADA en ductos y pozos. Se usan también en repetidoras de telecomunicaciones.

La gran mayoría de las cargas de protección catódica y SCADA remotas en los gasoductos trasandinos está alimentada por TEG, así como gran parte de las instalaciones similares de las demás transportadoras y distribuidoras de gas de la Argentina. La mayoría de las grandes empresas productoras de gas tienen TEG para telesupervisión de pozos, puntos de medición y demás instalaciones. Hay también unas 25 repetidoras de telecomunicaciones alimentadas por TEG.

Conclusiones

Los generadores termoeléctricos son una alternativa sencilla, altamente confiable y económicamente conveniente para solucionar el problema de la alimentación eléctrica de cargas de hasta 2000 W en áreas remotas. ■

Eduardo Bollati es ingeniero mecánico egresado de la Universidad Tecnológica Nacional en 1994. Tiene más de diez años de experiencia en asesoramiento y servicio técnico a generadores termoeléctricos Global Thermoelectric.

