

CONTROL DE TEMPERATURA

Ing. Juan Carlos Olalde

1) RESUMEN

Se describe en este artículo un sistema que controla la temperatura de la caja donde se aloja el cabezal de un receptor de radioastronomía.

Se discuten criterios de diseño y se mencionan los resultados obtenidos prácticamente, como así también se describen las celdas termoeléctricas utilizadas en dicho proyecto.

2) INTRODUCCION

El equipo mencionado utiliza celdas termoeléctricas capaces de enfriar ó calentar el interior de la caja para mantener constante la temperatura.

La medida de temperatura y la señal de error se logran por medio de un termistor ubicado dentro del recinto. La señal de error, amplificada adecuadamente, controla la corriente que circula por las celdas termoeléctricas suministrada por un circuito de potencia de corriente continua.

Uno de los primeros planteos del problema consistió en definir el tipo de circuito a utilizar para alimentar las celdas.

Existen dos opciones: a) Utilizar un amplificador convencional con rectificadores controlados de Silicio (SCR). b) Utilizar un amplificador lineal con transistores.

La primera solución fué desechada, debido a la generación de radio interferencias debido al disparo de los tiristores que eventualmente podrían producir inconvenientes en el receptor de Radioastronomía.

La segunda opción tiene la desventaja de tener que desarrollar amplificadores de corriente continua con una potencia de salida del orden de 400 watts, y fuentes de alimentación adecuados, lo que eleva el costo final del sistema, pero en definitiva se adopta ésta solución frente a la primera por problemas fundamentalmente de generación de interferencias.

El diagrama en bloques se representa en la fig. (1).

3) CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

Los pasos seguidos para el diseño de este sistema se adaptan a la disponibilidad de celdas termoeléctricas que se poseen en el laboratorio.

Se parte de la base de poseer ocho celdas capaces de bombear calor del orden de 230w. Dicho de otra forma, al tener un número limitado disponible de celdas termoeléctricas queda fijada la cantidad de calor máximo que se puede extraer de la caja y que se acumula por pérdidas de la aislación de la misma o bien por la disipación de los equipos que están dentro de ella.

La temperatura de la caja se mantendrá en un valor de aproximadamente 25°C tanto en verano como en invierno, por lo que las consideraciones de diseño son planteadas para el peor de los casos, o sea para una temperatura ambiente máxima de 50°C en cuyo caso la transferencia de calor a través de las caras de la caja es máxima, y el rendimiento de las celdas termoeléctricas es mínimo.

Cuando la temperatura ambiente es menor que 25°C, la transferencia de calor se invierte, la caja tiende a enfriarse y se debe cambiar el sentido de bombeo de calor de la celda termoeléctrica. Este proceso tiende a calentar el interior de la caja, y se facilita por el aprovechamiento de la potencia eléctrica disipada por las propias celdas que contribuye al calentamiento de la cara interior de las mismas.

La transferencia de calor desde el interior de la caja hacia las celdas ó viceversa se realiza a través de una aleta disipadora del tamaño adecuado. En cambio la extracción de calor de la cara exterior de las celdas se logra por medio de circulación forzada de agua, con el caudal necesario para lograr dicho efecto.

El control es de tipo proporcional, y los amplificadores de bajo y alto nivel trabajan en la zona lineal.

4) EL CIRCUITO ELECTRICO.

El circuito asociado a la medida de la temperatura y señal de error se muestra en la fig. (2).

Q_1 amplifica e integra la señal de desequilibrio del puente.

Q_2 y Q_3 forman parte de un circuito que sensa la corriente en las celdas termoeléctricas y suman una tensión en el punto A de tal forma de tender a reducir la corriente en la celda cuando ésta aumenta por encima de un nivel determinado.

— 5 —

Q_4 y Q_5 amplifican la tensión de error para excitar al amplificador de potencia.

La fig. (3) muestra el circuito de una fuente de corriente controlada por la tensión de error que alimenta las celdas termoeléctricas.

La potencia eléctrica entregada a las celdas es función de la cantidad de calor que éstas deben bombear para mantener la temperatura interior de la caja en 25°C cuando la temperatura exterior es de 50°C .

La fuente de alimentación y los protectores eléctricos asociados al circuito se muestran en la fig. (4), mientras que en la fig. (5) se representa el circuito de un detector de módulo y un comparador que forman parte del sistema de protección de sobrecorriente en las celdas termoeléctricas.

5) LAS CELDAS TERMOELECTRICAS.

Las celdas termoeléctricas son bombas de calor de estado sólido sin partes móviles, ni flúidos ó gases.

La fig. (6) muestra la sección transversal de una celda.

Estas están construídas con dos elementos semiconductores, básicamente Telurio Bismuto altamente dopado para crear material tipo N con exceso de electrones ó tipo P con deficiencia de electrones.

El calor transferido desde la placa a ser enfriada a la zona de disipación de calor depende de la corriente de portadores que pasan a través del circuito y del número de celdas básicas.

Un módulo comercial consta de varias celdas elementales conectadas eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo, de tal forma de obtener la máxima tensión de alimentación con la mínima corriente.

6) LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Las primeras medidas de temperatura realizadas dieron como resultado una variación de temperatura de tipo sinusoidal en función del tiempo, de período aproximado de 6 minutos y de $0,25^{\circ}\text{C}$ de amplitud pico a pico. La frecuencia de oscilación se mantuvo constante cuando la temperatura exterior a la caja varió aproximadamente 15°C .

La medida se realiza con la potencia de disipación interna nominal y con variaciones de temperatura ambiente exterior variando entre -2°C y 25°C .

Estos resultados indican que la ganancia de lazo del sistema es lo suficientemente alta como para que el control se aproxime al tipo ON-OFF en vez de comportarse como un control proporcional.

El control se optimiza disminuyendo la ganancia de los amplificadores operacionales.

Otro detalle importante a tener en cuenta es la ubicación de los termistores de control y de medida de temperatura dentro de la caja. El termistor de medida de temperatura está ubicado en contacto directo con la masa de aluminio donde se ubica el amplificador de bajo ruido, mientras que el termistor de control está ubicado a aproximadamente 15 cm del primero y expuesto directamente a la corriente de aire generado por dos ventiladores que actúan sobre las aletas disipadoras de las celdas termoeléctricas.

La posición de las celdas termoeléctricas, los ventiladores, las masas cuya temperatura se debe controlar y el termistor que sensa la temperatura, es un factor fundamental para definir el rendimiento del sistema.

Los resultados finales obtenidos mediante el registro de la temperatura en el punto de interés, indican que en régimen estacionario y con la potencia de disipación eléctrica interior instalada nominal, la variación de temperatura en la masa de aluminio a controlar no es mayor que $0,2^{\circ}\text{C}$. La temperatura ambiente experimentó variaciones que oscilaron entre 0°C y 25°C .

La temperatura en el interior de la caja se ajustó a $24,5^{\circ}\text{C}$.

El circuito de medida de la temperatura que se utilizó, es un típico puente de Wheatstone con un termistor en un de sus ramas y es completamente independiente del control de temperatura.

Se nota en los resultados finales que desaparece la variación de temperatura de corto plazo (período de 6 minutos) que se tenía antes de las modificaciones mencionadas.

El valor final a que tiende la temperatura de la caja depende de la temperatura ambiente exterior, aumentando cuando dicha temperatura aumenta.

APENDICE

CONSIDERACIONES SOBRE ANALISIS Y DISEÑO DE UN CONTROL DE TEMPERATURA

a) DEFINICIONES

Un diseño térmico puede definirse como el conjunto de métodos analíticos y prácticos utilizados para regular el transporte de calor en una estructura.

Entre los factores importantes a tener en cuenta se consideran entre otros los relacionados con los materiales, la geometría de la estructura, las técnicas constructivas, la disposición de las masas a ser controladas, el volúmen de las mismas y el medio donde se encuentra la estructura.

El control de temperatura es el método por el que un conjunto de masas se mantiene dentro de un cierto rango de temperatura. Si la masa se controla a un determinado nivel de temperatura, dicho nivel se denomina punto de control.

El ciclo de control es la excursión de temperatura de una masa controlada alrededor del punto de control cuando la estructura en la que la masa está contenida está en equilibrio.

El punto de ajuste es la temperatura a la cual el elemento sensor del sistema de control realiza su función de regulación o de llaveado.

El retardo térmico es la condición por la que un cambio en la cantidad de calor disipada en un punto de la estructura se percibe en otros puntos después de un retardo de tiempo. Un sistema de control de temperatura es la combinación física y matemática de una ó mas masas cuyas temperaturas se controlan, las perturbaciones a las que están sometidas y los componentes eléctricos y mecánicos usados para regular dichas temperaturas.

b) CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

El diseño de un control de temperatura como el descrito en el presente trabajo comienza con el estudio de la cantidad de calor que se pierde a través de las caras de la caja cuya temperatura se quiere controlar, y el calor disipado por los circuitos eléctricos dentro de la misma.

El calor a través de las caras de las cajas es función de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la misma, de la dimensión y de la calidad del aislante térmico utilizado

para disminuir las pérdidas.

En este caso se utiliza como aislante Poliuretano expandido, cuyo coeficiente de conductividad térmica es lo suficientemente bajo como para adoptarlo como el material adecuado a tal fin. Indudablemente el espesor del aislante es también un factor importante en la determinación de las pérdidas de calor. El cálculo se debe realizar bajo condiciones de caso peor, con temperaturas ambientes máximas en temporada de verano. Debe también tenerse en cuenta la pérdida de calor por los conectores de entrada a la caja, y por las mallas metálicas de los cables coaxiales que se conectan a los mismos.

La potencia eléctrica instalada en la caja contribuye a la generación de calor y es otro factor a considerar en el cálculo de la cantidad de calor total que entra en el recinto.

Una vez determinado este factor, como suma de todas las contribuciones tomadas en forma individual, se debe elegir el tipo de celda termoeléctrica y la cantidad de ellas para poder cumplir con los requisitos de bombeo de calor.

La cantidad de calor bombeada por una celda depende, entre otros factores, de la diferencia de temperatura entre las dos caras de la misma y de la temperatura de la cara fría, parámetros que tienen que ser tenidos en cuenta para especificar el número de celdas necesario.

La transferencia de calor desde las caras de las celdas al medio ambiente es un tema de cuidadoso estudio para evitar la destrucción de los elementos termoeléctricos. En el presente diseño se adopta aleta disipadora con circulación de aire forzado para transferir calor desde la cara fría de la celda al medio ambiente interior de la caja cuya temperatura se quiere controlar. La cara caliente de la celda, se refrigera por medio de una placa maciza con circulación de agua con el caudal adecuado.

Una vez determinadas las condiciones en que las celdas termoeléctricas van a bombear una cantidad de calor especificada, se define la potencia eléctrica necesaria, que será el dato principal para el diseño del amplificador de potencia que alimentará el sistema. Este se realiza en base a los métodos convencionales de proyecto de amplificadores de potencia acoplados en corriente continua.

REFERENCIAS

- Myer Kutz - Temperature Control
- Landee, R.W. y Giacoletto, L.J. - Electronics' Handbook.
Thermoelectric Handbook - Westinghouse Electric Corporation.
- Jerald G. Graeme - Application of Operational Amplifiers.
- John Payne - National Radio Astronomy Observatory - Electronics Division
Internal Report N° 81.
- Richard G. Ruehs - 15 to 60 Watt Audio Amplifiers Using Complementary
Darlington Output Transistors. - Motorola Application Note
AN 483-B.
- Basic Design of Medium Power Audio Amplifiers (3 to 35 Watt)
Motorola Application Note AN-484 A.
- Richard G. Ruehs - High Audio Amplifiers with Short Circuit Protection
Motorola Application Note AN-485.
- Abraham I. Pressman - Switching and Linear Power Supply, Power Converter Design.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la valiosa colaboración del Sr. Alberto A. Yovino, por su trabajo en el armado del equipo electrónico, como así también la del Ing. Mecánico Leonardo Guarrera y los señores José Adán Ottonello y Ricardo Zalazar por los aportes realizados en el trabajo de montaje de las celdas y construcción del sistema de refrigeración de agua.

El Ing. Aurelio J. Sanz colaboró en el diseño de los inductores y transformadores de la fuente de alimentación, por lo que se le reconoce el aporte de sus conocimientos en la materia.

Finalmente el autor agradece a Patricia Hurrell y Margarita Trotz su invaluable ayuda para tipear el manuscrito y realizar los dibujos en el presente trabajo.

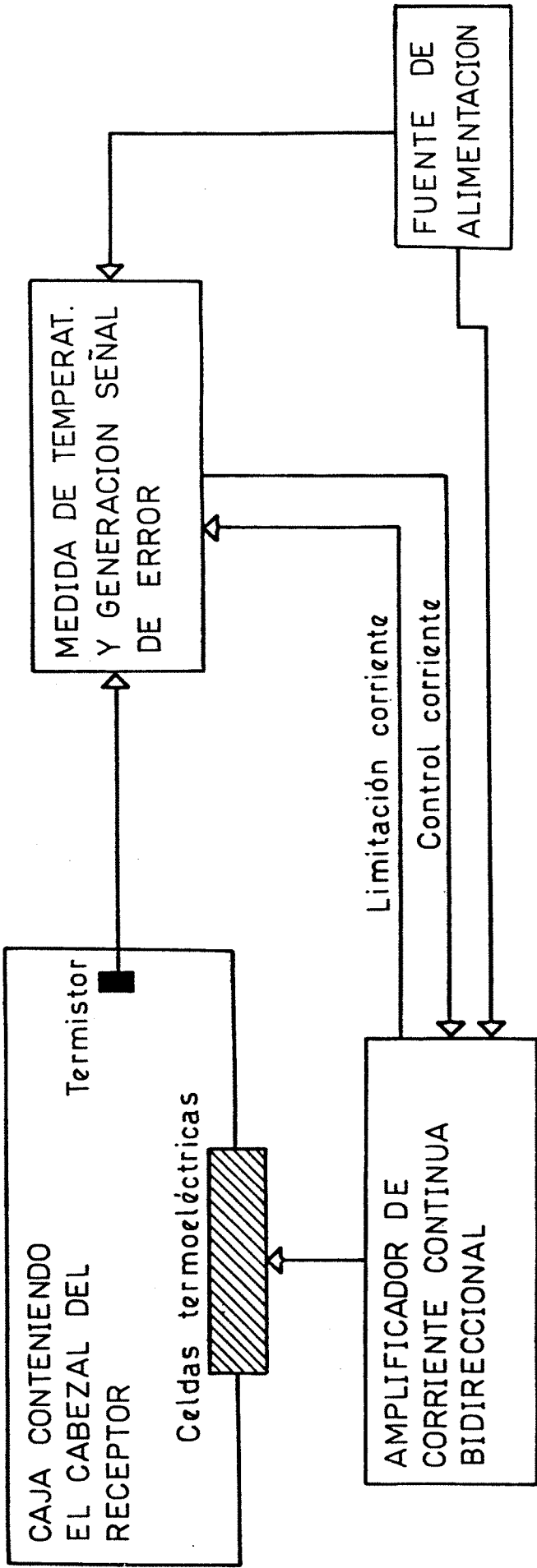


Fig. 1

DIAGRAMA EN BLOQUES DEL CONTROL DE TEMPERATURA

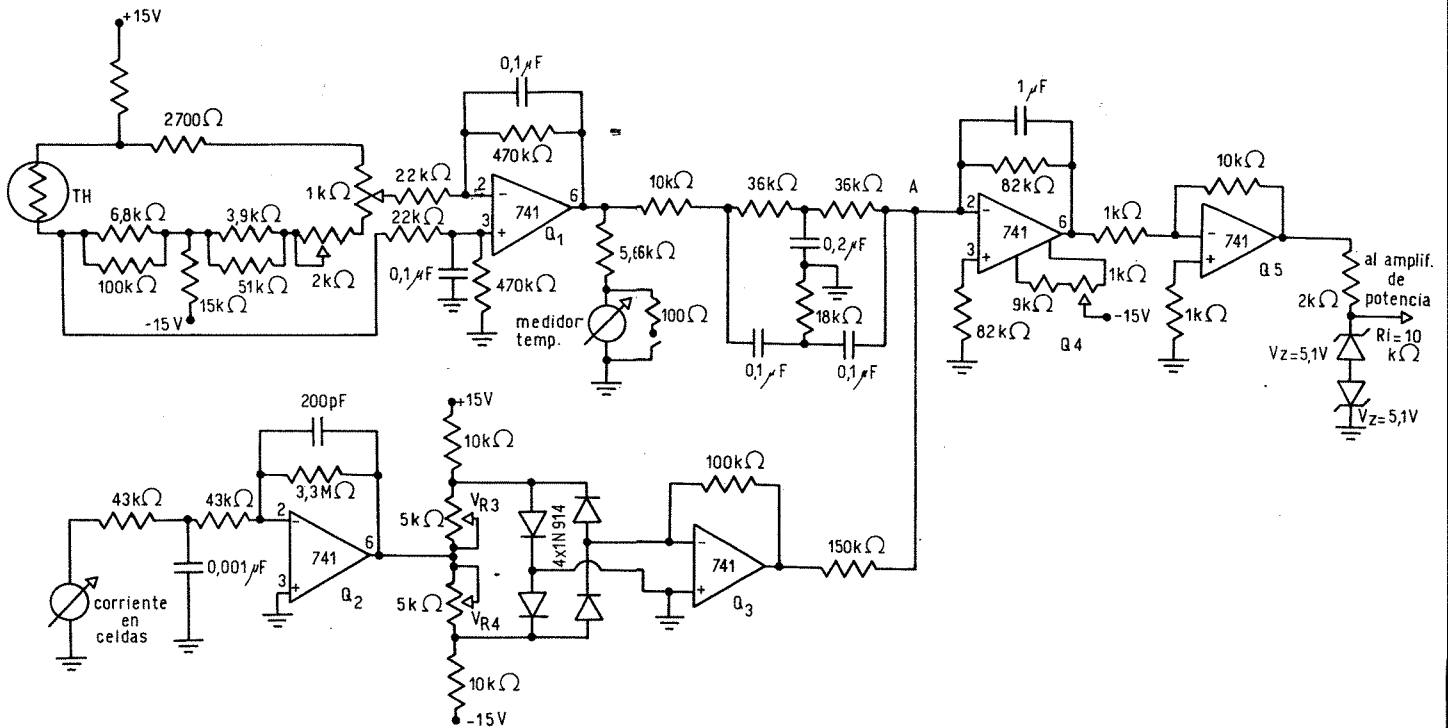


Fig. 2

SENSADO DE TEMPERATURA..SEÑAL DE ERROR Y CIRCUITO DE PROTECCION SOBRECORRIENTE..

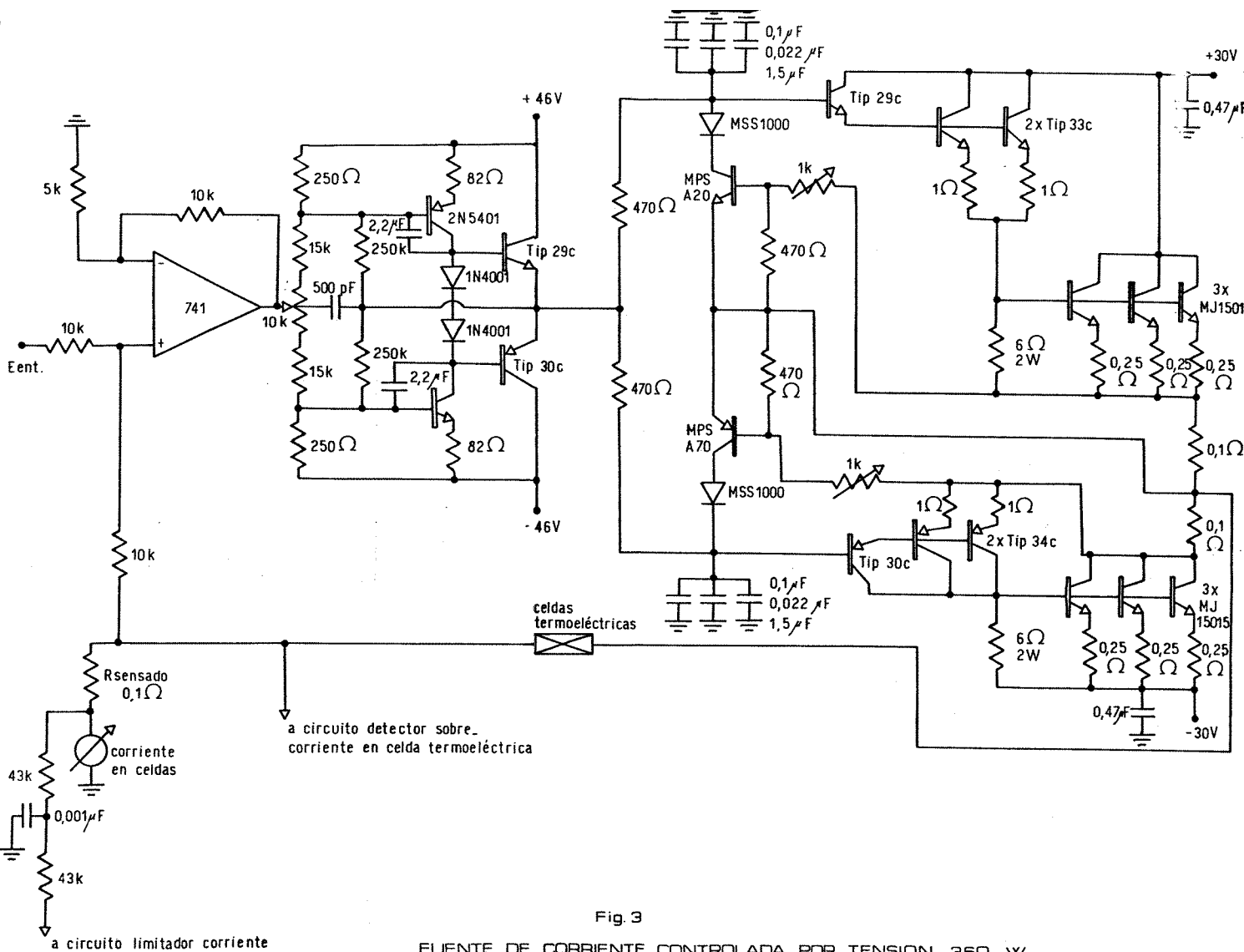
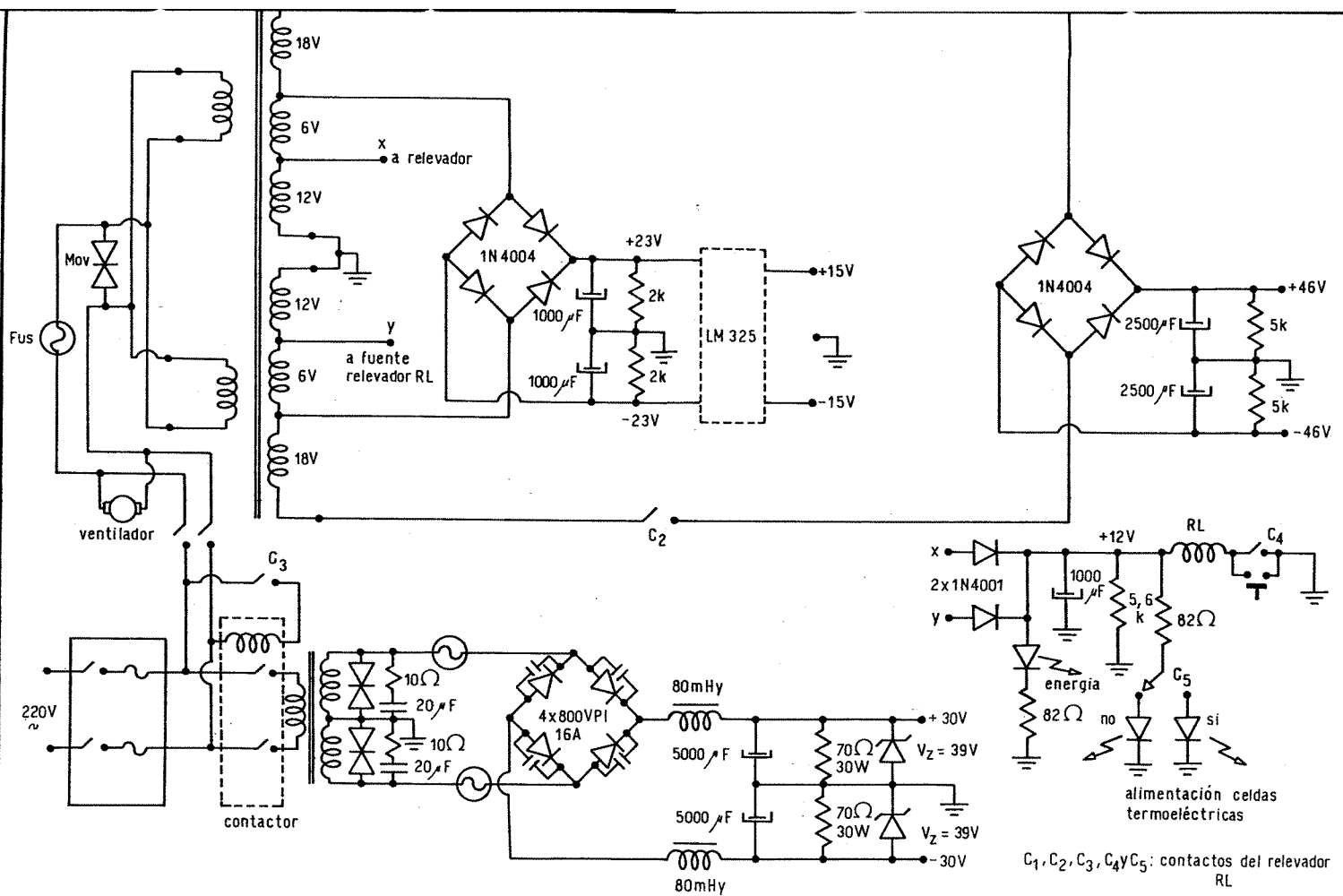


Fig 3

FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR TENSION 360 W



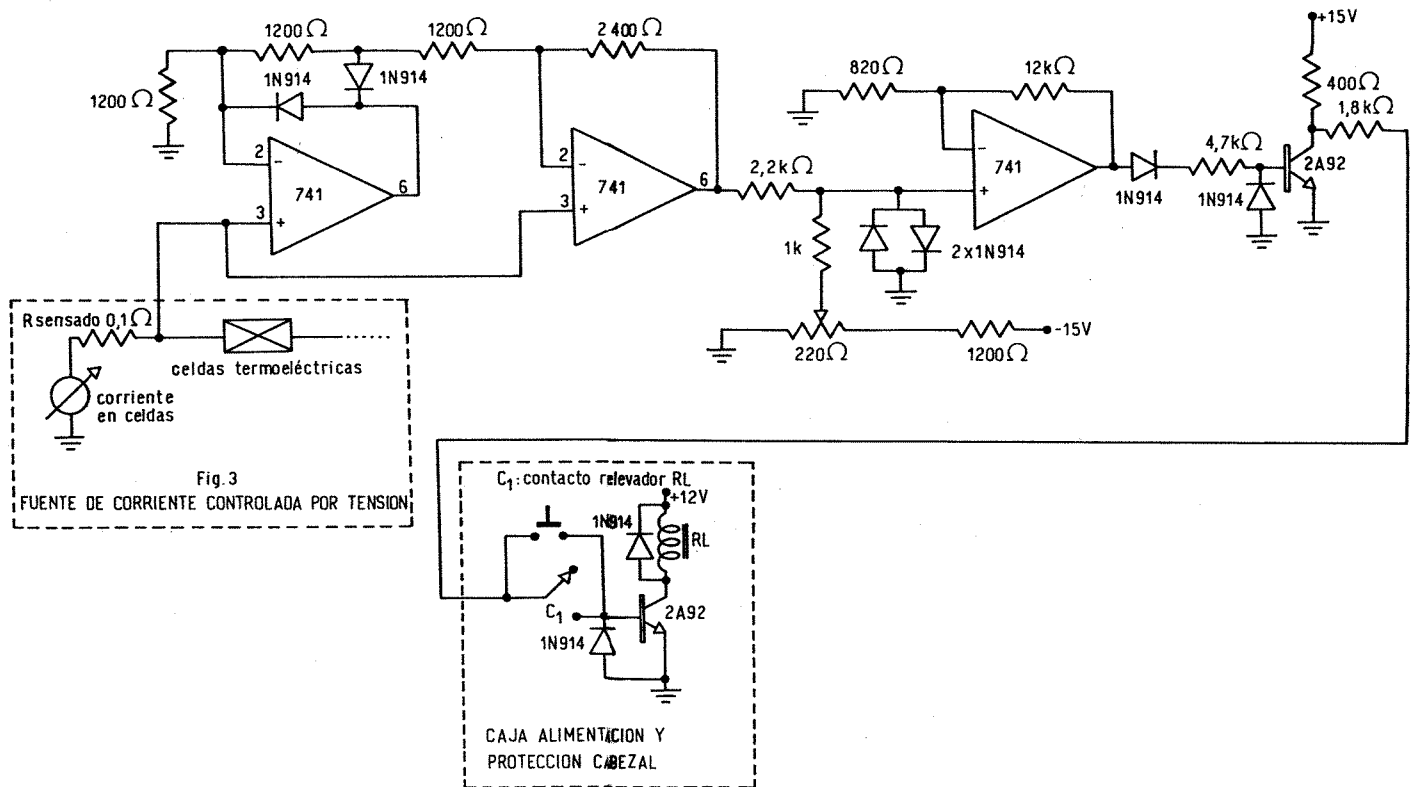


Fig. 5

DETECTOR DE SOBRECORRIENTE EN CELDAS TERMOELECTRICAS Y CIRCUITO DE PROTECCION

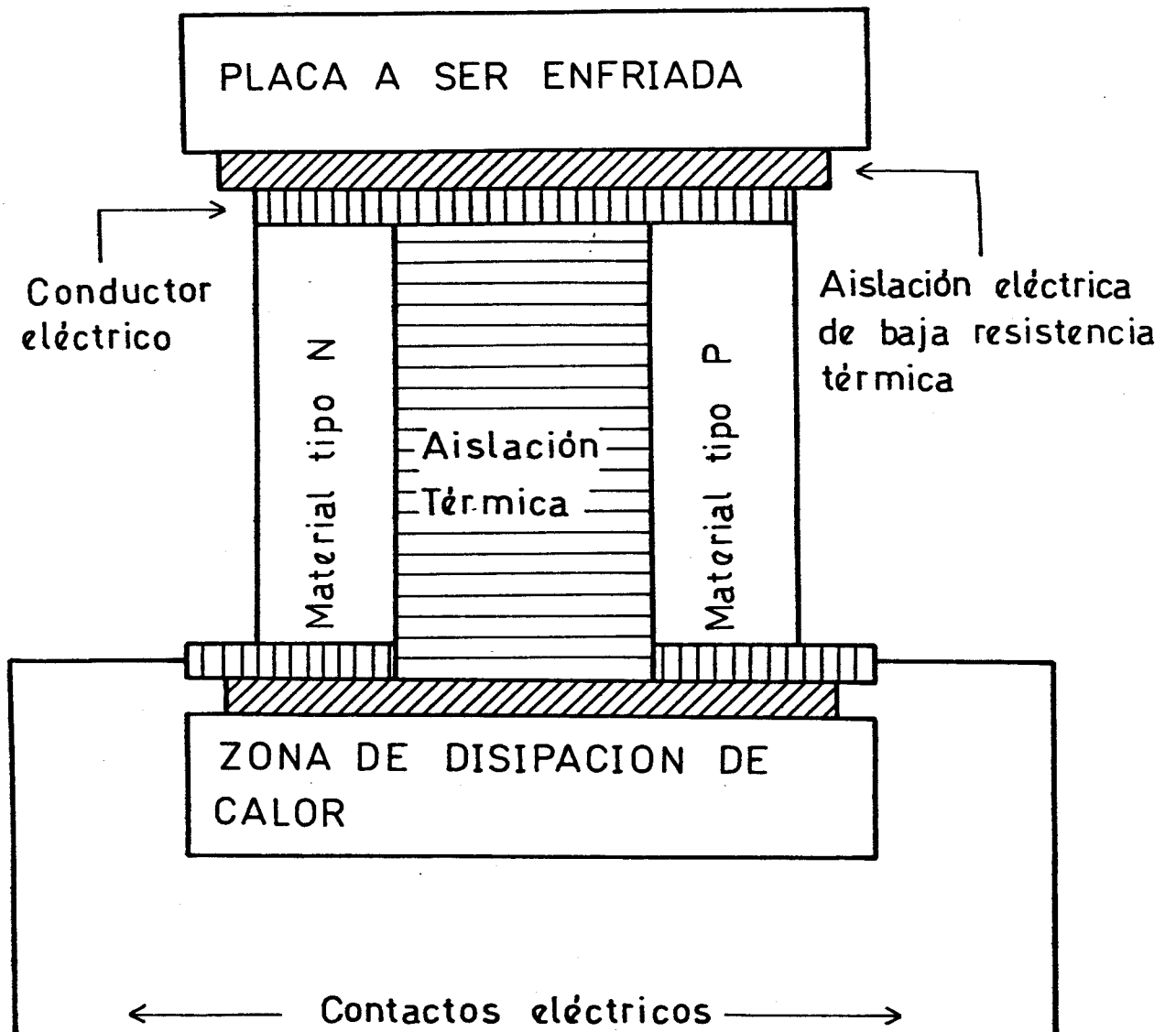


Fig. 6

SECCION TRANSVERSAL DE UN MODULO TERMOELECTRICO