

reostato electrónico

- 1 posibilidad de regulación desde unos mA hasta 10 amperios
- 2 descripción del esquema
- 3 funcionamiento del aparato
- 4 reglas de montaje
- 5 ajuste
- 6 realización práctica



En el campo industrial, o para particulares medidas de laboratorio, a veces se tiene la necesidad de controlar la corriente de consumo, a fin de que el aparato funcione en determinadas condiciones. El reostato bobinado ha sido siempre el componente más adecuado para desarrollar estas funciones, pero cuando se intenta regular con él corrientes elevadas, las dimensiones y el coste aumentan vertiginosamente, siendo los aparatos excesivamente voluminosos y poco aconsejables económicamente.

1

Realizando un reostato electrónico como el presentado en este artículo, con el simple giro de un potenciómetro tipo «radio», existirá la posibilidad de regular la corriente de consumo, independientemente de la tensión de trabajo, de pocos miliamperios hasta un máximo de 10 amperios. Estos valores pueden aumentarse también, si lógicamente se aumenta el número de los transistores de potencia conectados en paralelo, como se podrá ver en seguida, examinando el esquema eléctrico.

La ventaja que presenta este reostato, está constituida por sus posibilidades de empleo, tanto para regulaciones en corriente alterna, como en corriente continua. El único inconveniente es el relativo a la máxima tensión aplicable a la entrada, tensión que está subordinada a las características de los transistores utilizados.

Puesto que, como transistores finales, hemos utilizado 2N3055, cuya tensión de colector puede alcanzar un máximo de 50-60 voltios, por razones de seguridad es aconsejable no emplearlos en aparatos cuya tensión de alimentación supere 40-45 voltios. Sustituyendo los finales por otros de 140-160 voltios, es posible usar el aparato para tensiones mayores, como explicaremos en seguida.

Siempre en función de la tensión de alimentación, habiendo calculado que el circuito, compuesto de tres transistores tipo 2N3055, puede llegar fácilmente a disipar en calor una potencia máxima de 200 vatios, aproximadamente, no podremos utilizarlo para corrientes superiores a 5-6 amperios, si lo alimentamos con tensiones de 40-45 voltios; mientras que se podrán superar los 10 amperios si el aparato al que se conecte en serie tiene una tensión de alimentación inferior a 20 voltios.

2

El esquema eléctrico de este alimentador se muestra en la figura 1. El transformador T1, con una potencia de aproximadamente 8-10 vatios, está provisto de un primario de 220 voltios para la red, y de un secundario capaz de entregar aproximadamente 10-12 voltios y 0,3 amperios.

La tensión alterna es rectificadora por un puente, indicado con la sigla RS1, o por cuatro diodos de silicio capaces de proporcionar una corriente máxima de 300 mA.

La tensión rectificada es nivelada a continuación por el condensador electrolítico C1, haciéndola perfectamente continua. Tal tensión, como se puede observar, sirve exclusivamente para alimentar el regulador de corriente compuesto por el diodo zener DZ1, el transistor TR1 y las resistencias de colector: un ajustable y un potenciómetro en serie.

A través de R2-R3 circulará una corriente inversamente proporcional al valor óhmico establecido por la posición de los dos cursores, y directamente proporcional a la diferencia entre la tensión en los terminales del diodo zener DZ1 y la tensión emisor-base del transistor TR1.

Regulada por ello la posición del ajustable y del potenciómetro, a un valor establecido con anterioridad, la corriente que atraviesa el colector del transistor será constante, y sólo variando el valor resistivo del potenciómetro R3 podremos modificarla, para aumentarla o disminuirla según las necesidades del circuito.

Si se conecta directamente el colector del transistor TR1 a la base del transistor TR2 (que en unión de TR3 forma un amplificador en Darlington que, a su vez, pilota los transistores finales TR4, TR5, TR6), tendremos un circuito capaz de una ganancia en corriente de aproximadamente 150.000 veces.

Esto significa que, si se quiere que el reostato absorba una determinada corriente, el transistor regulador TR1 deberá pilotar la base del transistor TR2 con una corriente inversamente proporcional a la ganancia en conjunto del Darlington, compuesto, como ya sabemos, por TR2, TR3, TR4, TR5 y TR6.

REOSTATO ELECTRÓNICO

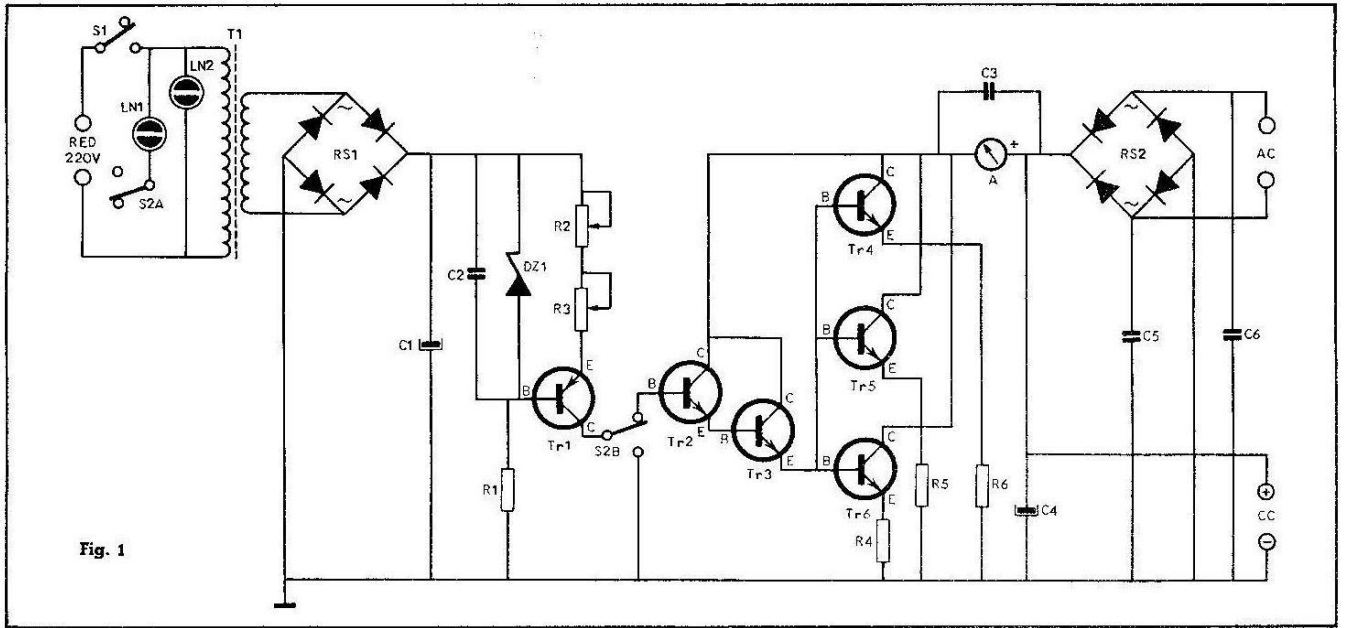


Fig. 1

Para completar eventuales diferencias de ganancias de los tres transistores finales, se introducirá en cada emisor una resistencia bobinada de 0,33 ohmios 3 vatios (ver R4, R5, R6).

De los colectores de los transistores, conectados en paralelo para que los mismos puedan absorber la corriente requerida, partirá el conductor positivo de utilización, que se conectará al borne positivo de la corriente continua, pasando a través del amperímetro, indispensable si se quiere controlar la corriente que circula por el reostato electrónico.

El puente RS2 entre el amperímetro y los bornes AC, se ha añadido para poder extender la función del reostato, en el caso de que se tuviese que emplear con aparatos que funcionasen sólo y exclusivamente con corriente alterna.

Es lógico que la corriente máxima alterna que se quiere hacer recorrer en este reostato, depende esencialmente del tipo de rectificador empleado; introduciendo un puente de 40 voltios 3 amperios, la corriente no podrá superar este amperaje; empleando en cambio un rectificador de 10 amperios, podremos emplear el reostato con aparatos capaces de alcanzar este consumo.

En los prototipos realizados se utilizó un rectificador tipo B80 C5000, con el que se consiguió un máximo de 5 amperios.

El doble conmutador S2A-S2B sirve para desconectar el reostato, en el caso de que sea preciso eliminar la carga del circuito; en efecto, girando este desviador a un lado, cortocircuitaremos a masa el colector de TR1 y se cortará la tensión a la lámpara de neón Lp1; mientras que girándolo en sentido inverso, pondremos en funcionamiento el reostato y la lámpara de neón

Lp1 informará, con su encendido, de que se ha producido la conmutación.

Es importante tener presente que no es aconsejable mantener en funcionamiento el reostato (o sea S2B que conecta el colector de TR1 a la base de TR2), si en una de las dos salidas no está la carga conectada.

Para cuantos no hayan comprendido todavía el principio de funcionamiento de este reostato, precisaremos que los transistores finales TR4, TR5 y TR6 se comportan como una resistencia variable, disipando la corriente en exceso. Por lo tanto, el aparato que se conectará a los terminales «+» y «-», si es en corriente continua, deberá resultar alimentado con un manantial externo, como se ve en la figura 2.

Para ello es preciso imaginarse los transistores finales como una resistencia variable, como se indica en la figura 3, con lo que podremos comprender por qué la carga aplicada a los terminales de este reostato electrónico debe estar provista de una alimentación propia.

3

Examinando las figuras 4 y 5, se comprenderá fácilmente el funcionamiento de este aparato, incluso en presencia de tensión alterna. Puesto que el reostato, para funcionar, debe recibir necesariamente en los colectores el «positivo» de alimentación, y

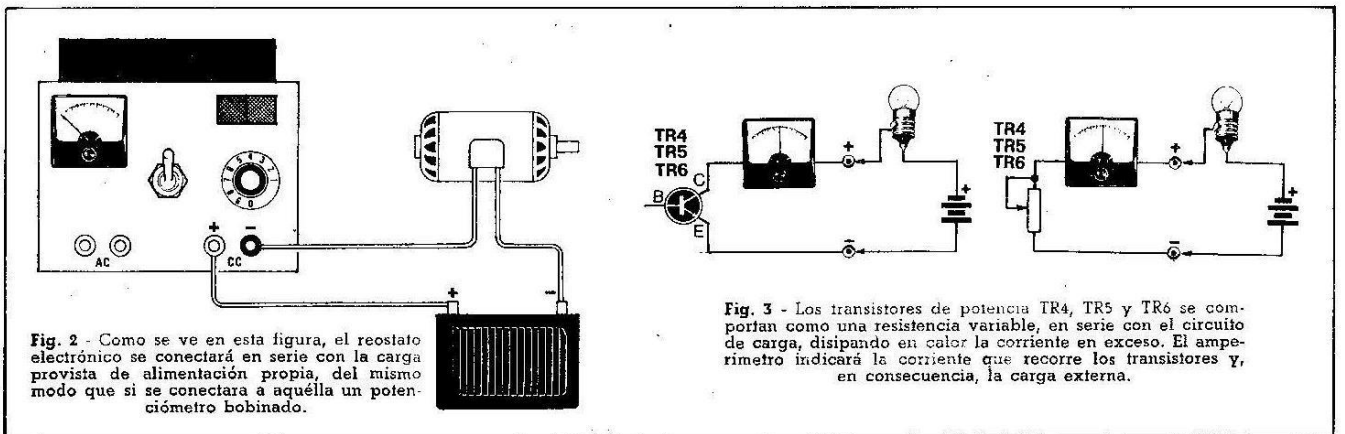


Fig. 2 - Como se ve en esta figura, el reostato electrónico se conectará en serie con la carga provista de alimentación propia, del mismo modo que si se conectara a aquélla un potenciómetro bobinado.

Fig. 3 - Los transistores de potencia TR4, TR5 y TR6 se comportan como una resistencia variable, en serie con el circuito de carga, disipando en calor la corriente en exceso. El amperímetro indicará la corriente que recorre los transistores y, en consecuencia, la carga externa.

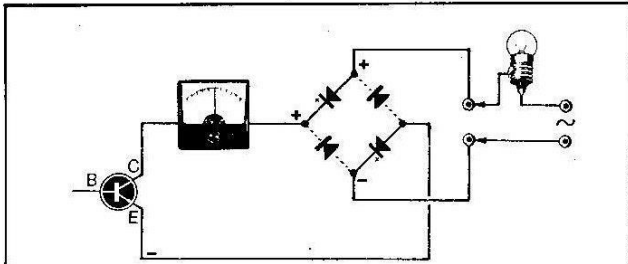


Fig. 4 - Este reostato funciona también con corriente alterna. En este caso, resulta indispensable el puente rectificador para que al colector llegue la semionda positiva y al emisor siempre la semionda negativa.

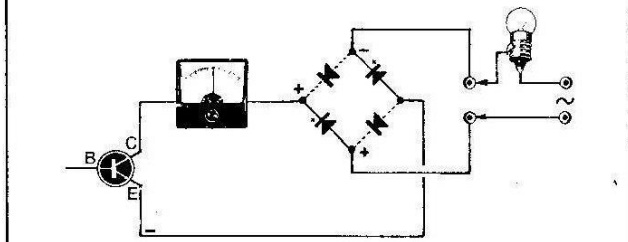


Fig. 5 - Cuando se invierta la polaridad de la corriente alterna, los dos diodos precedentes que permanecían desactivados, conducirán conectando al colector la polaridad positiva de la onda alterna.

en los emisores el «negativo», aplicando un puente habremos realizado en línea de máxima un conmutador automático de polaridad. En efecto, cuando en un extremo se halla presente la semionda positiva (figura 4), la tensión tendrá vía libre desde el diodo superior, pasará a través del amperímetro y llegará a los colectores de los transistores finales. La semionda negativa podrá pasar finalmente a través del diodo inferior, conectado en su correcto sentido de polarización y alcanzará por tanto a los emisores. Cuando se invierta la polaridad de la corriente, o sea que la semionda negativa aparezca en las lamparitas, serán los otros dos diodos del puente los que conducirán, como se puede ver en el esquema de la figura 5.

Se observará que el diodo superior transportará la corriente negativa al emisor, mientras que el inferior la llevará al conector del transistor.

4

Aunque en este circuito no hay puntos críticos, para evitar decepciones es preciso atenerse a las clásicas y habituales reglas de montaje. Como siempre, es necesario prestar atención a la polaridad de los diodos, a no confundir los terminales de los transistores y se utilizará conductor de dimensiones adecuadas a la máxima intensidad de corriente que deseamos hacer recorrer a través del reostato.

Si se emplea para corrientes máximas de 3 amperios, se utilizará con plena tranquilidad conductor o trenza flexible de cobre con un diámetro de por lo menos un milímetro. Para corrientes mayores, también el diámetro del hilo se aumentará, ya que de lo contrario podría calentarse excesivamente e introducir en el circuito una resistencia óhmica que, aunque fuese del orden de unas décimas de ohmio, podría influir negativamente en el funcionamiento del aparato.

Las mismas palabras valen también para los bornes de salida, que deben dimensionarse de forma que soporten la corriente máxima, introduciéndolos en la caja con el necesario aislamiento para evitar cortocircuitos con la caja metálica.

Después de estas advertencias, se puede pasar al examen del circuito impreso, mostrado a tamaño natural en la figura 6, y la realización práctica de montaje de la figura 7, en la cual se muestran las conexiones externas, o sea las que van a los transistores finales, al transformador de alimentación, a las lamparitas de neón y a los bornes de salida.

Volvamos ahora al comentario del principio referente a la disipación de los tres transistores finales (TR4, TR5 y TR6) y la máxima tensión de utilización.

Si se emplean los comunes 2N3055, podemos aplicar a los bornes cualquier circuito que no supere, como tensión de trabajo, los 40-50 voltios. Con los BU100 podemos llegar hasta aproximadamente 70 voltios, mientras que con los BU115 y BU116, no siempre de fácil localización, la tensión aplicable es del orden de 250 voltios.

Existen otros transistores finales de alta tensión, de 10-15 amperios, pero mencionarlos todos sería problemático porque muchos de ellos no siempre se encuentran en el comercio.

En función de la tensión de trabajo y de la corriente que los transistores finales son capaces de disipar, podemos realizar un reostato electrónico que puede alcanzar y soportar tensiones y corrientes incluso mayores. A todo esto es preciso añadir que la disipación máxima de estos finales depende en la práctica también de las dimensiones del radiador empleado para refrigerarlos.

Para mostrar un ejemplo, sobre una aleta de 130 cm², los tres transistores pueden disipar como máximo 60 vatios cada uno, aproximadamente; por lo tanto, si la tensión de trabajo aplicada a sus bornes fuese de 20 voltios, cada transistor absorberá aproximadamente 3 amperios. Si la aleta de refrigeración tiene una superficie radiante de por lo menos 200 cm², se podrán alcanzar los 100 vatios de disipación, lo que siempre refiriéndonos al ejemplo precedente, significa que de 3 amperios podemos llegar a 5 amperios por transistor.

Para empleos muy prolongados y con una fuerte disipación de energía y, naturalmente, de calor, es conveniente que las aletas de refrigeración sean lo más grandes posible, de modo que los transistores no alcancen nunca elevadas temperaturas.

Como se ve en el esquema práctico, también los transistores TR2 y TR3 deben ser equipados con un radiador. Al montar los transistores finales en su radiador, será necesario utilizar las micas aislantes a propósito, para evitar cortocircuitos.

El amperímetro que se conectará en serie con los colectores, se elegirá en función de la corriente máxima de trabajo. Por lo

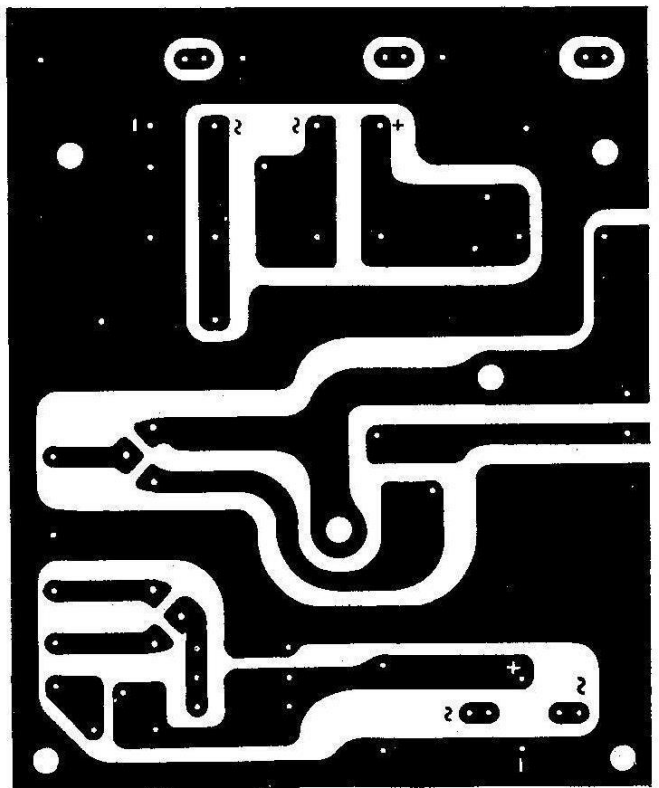
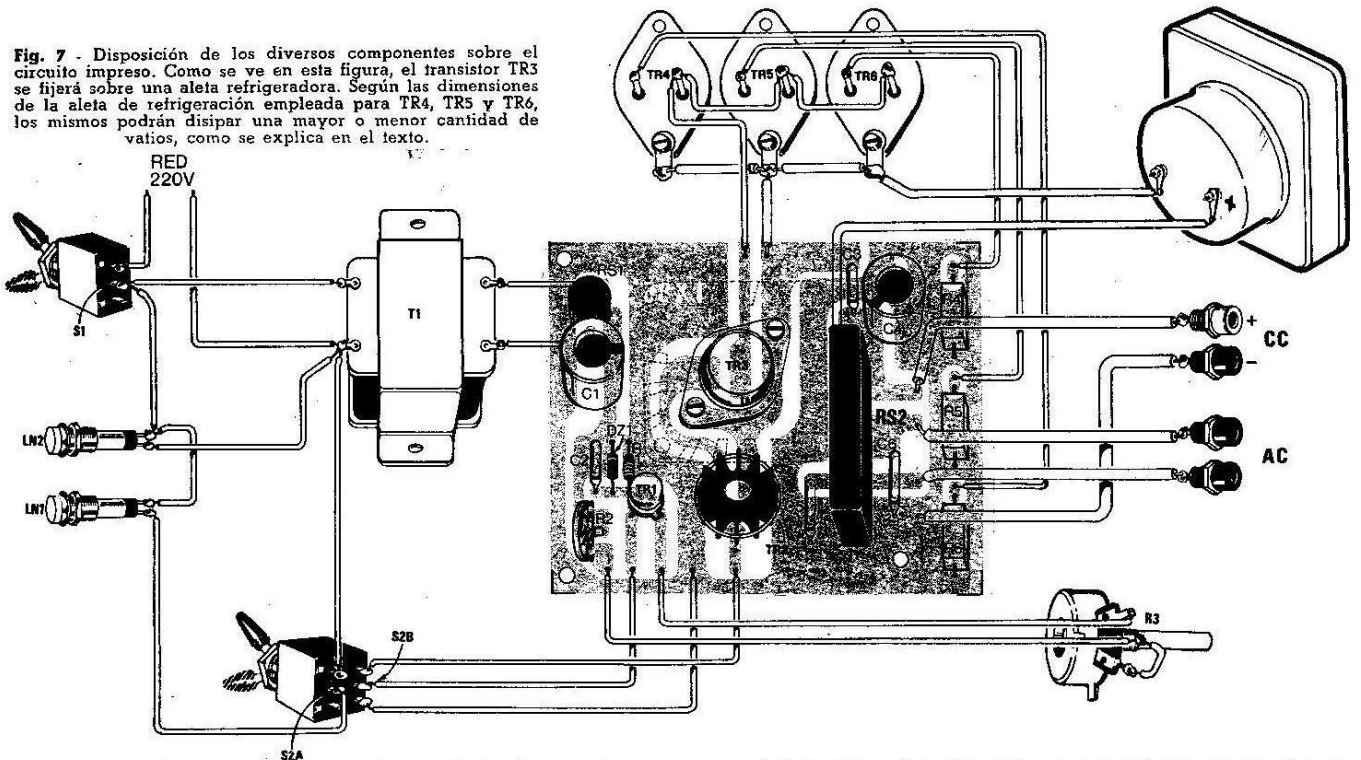


Fig. 6 - Circuito impreso, a tamaño natural, del reostato electrónico. Como se verá en la figura 7, los transistores finales no se incorporan en el circuito impreso, sino a una aleta exterior para su refrigeración.

REOSTATO ELECTRÓNICO

Fig. 7 - Disposición de los diversos componentes sobre el circuito impreso. Como se ve en esta figura, el transistor TR3 se fijará sobre una aleta refrigeradora. Según las dimensiones de la aleta de refrigeración empleada para TR4, TR5 y TR6, los mismos podrán disipar una mayor o menor cantidad de vatios, como se explica en el texto.



tanto, se podrá introducir amperímetros de 3-5 o de un solo amperio fondo de escala, según el límite máximo de corriente que no se quiera superar.

Si no se cometen errores en el montaje, el circuito funcionará inmediatamente; como explicaremos, sólo será necesario proceder al ajuste del ajustable R2.

Repetimos que cuando se prueba el reostato, es necesario que la carga esté conectada; de modo contrario, será conveniente girar el doble desviador S2A-S2B para que el colector de TR1 quede conectado a masa a través de S2B.

5

En serie con el emisor de TR1, hay un ajustable R2 y un potenciómetro R3. El primero sirve para regular la máxima corriente que se quiere hacer absorber al reostato; en cambio, el potenciómetro tiene la misión de regular la gama de corriente del valor máximo, establecido por el ajustable, hasta el valor mínimo concedido por el valor óhmico del propio potenciómetro.

Para efectuar este sencillo ajuste, es necesario conectar entre los bornes «+» y «-» la tensión obtenida de un acumulador, o bien de un alimentador estabilizado, capaz de proporcionar 5 amperios, respetando la polaridad. El positivo, por lo tanto, se conectará al positivo y el negativo de la alimentación al del aparato.

Si no se dispone de un alimentador con estas características, en su lugar se podrá conectar a los terminales de los bornes de la corriente alterna, el secundario de un transformador capaz de entregar 20-30 voltios 5 amperios.

Antes de encender el reostato electrónico, se reducirá lentamente el valor óhmico del ajustable, hasta leer en el amperímetro la corriente máxima deseada. Efectuada esta sencilla operación, el reostato ya estará ajustado, pudiendo comprobar que, girando el potenciómetro, la corriente descenderá del valor máximo lentamente, a medida que aumente el valor óhmico del potenciómetro.

Queremos ahora poner de relieve la posibilidad de este proyecto, ya sea que se destine a empleos industriales, ya que encuentre aplicación en empleos meramente de laboratorio.

Las posibilidades del reostato electrónico que hemos presentado son múltiples: podrá ser empleado, por ejemplo, en galvanoplastia, para regular la corriente de los baños; para el control de la corriente de motores, de hornos industriales, de aparatos de medida, etc. En el laboratorio, se podrá utilizar para la prueba del secundario de transformadores de alimentación, por cuanto podremos establecer si, con un consumo de determinados amperios, el transformador se calienta o no, indicando con ello

si el devanado se ha efectuado como conductor de sección adecuada, y si las chapas son del tipo correcto o no. Podremos emplearlo también para establecer el valor de la corriente máxima que puede ofrecer un alimentador estabilizado, o bien para ajustar el circuito de umbral de protección a los valores deseados.

Además, no se debe olvidar que cada esquema de los que hemos presentado puede ser una fuente informativa muy útil, para resolver problemas que pueden presentarse en muchas ocasiones; si, por ejemplo, se tiene que realizar el esquema de un regulador de corriente para el motor de un tocadiscos, se podrá tomar este proyecto como base, empleando transistores de inferior potencia, subordinados a la corriente máxima requerida. Si se necesitan pocos miliamperios, podremos sustituir los tres finales incluso por un solo transistor del tipo 2N1711, y realizar el aparato deseado.

En cada proyecto, por lo tanto, hay un sistema que se puede aprovechar para la solución de muchos problemas que pueden presentarse en la práctica diaria.

6

- R1 = 2.200 ohmios $\frac{1}{2}$ W \pm 10 %
- R2 = Potenciómetro de ajuste de 1 Megohmio
- R3 = Potenciómetro lineal de 10 Megohmios
- R4 = 0,3 ohmios bobinada 3 W (DAVI)
- R5 = 0,3 ohmios bobinada 3 W (DAVI)
- R6 = 0,3 ohmios bobinada 3 W (DAVI)
- C1 = 640 μ F/25 V electrolítico
- C2 = 10.000 pF poliéster plano miniatura 250 V
- C3 = 10.000 pF poliéster plano miniatura 250 V
- C4 = 100 μ F/70 V electrolítico
- C5 = 0,1 μ F poliéster 400 V
- C6 = 0,1 μ F poliéster 400 V
- TR1 = Transistor PNP tipo BC177, MC150
- TR2 = Transistor NPN tipo 2N1711, MC140, BD135
- TR3, TR4, TR5, TR6 = Transistores NPN tipos 2N3055 (ver texto)
- RS1 = Puente rectificador de 30 V/0,5 A — B30C 1000/750
- RS2 = Puente rectificador de 80 V/5 A — B80 C 5000
- DZ1 = Diodo zener de 3,3 V/400 mW — BZY88/C3V3
- LN1, LN2 = Lamparitas de neón de 220 V
- S1 = Interruptor de red
- S2A/S2B = Interruptor doble
- T1 = Transformador con primario para 220 V y secundario 10-12 V/0,3 A.