

# Proteja os RETIFICADORES DE SILÍCIO\*

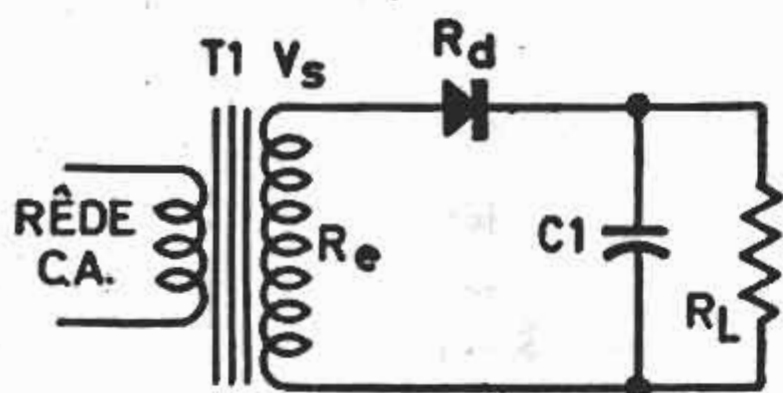


FIG. 1

QUANDO se tem em mente proteger os retificadores de silício, devemos considerar dois efeitos: excesso de corrente durante a condução ou tensão inversa superior ao limite recomendado.

Em geral, a junção de silício é destruída quando há um superaquecimento, que pode ser ocasionado por excesso de corrente direta e/ou pouca dissipação térmica.

A destruição pode ser relativamente gradual, quando o excesso de aquecimento é ligeiramente superior ao máximo admissível, ou então ocorre em milissegundos ante correntes ou tensões inversas elevadas.

Fusíveis de ação rápida, intercalados convenientemente no circuito, auxiliam bastante a proteção contra curto-circuitos, mas são totalmente ineficientes quando se trata de um transiente de tensão inversa, superior ao máximo permissível.

## PROTEÇÃO CONTRA EXCESSO DE CORRENTE

Consideremos o circuito retificador de meia onda da Fig. 1.

Quando se liga este circuito, C1, estando descarregado, representa um curto-circuito momentâneo. Nesse momento o retificador deverá suportar uma corrente de grande intensidade, cujo valor máximo é determinado pela relação entre a tensão de crista do secundário de T1 ( $V_s$ ), e a resistência direta do retificador ( $R_d$ ) somada à resistência do enrolamento ( $R_e$ ).

Como a resistência  $R_d$  é geralmente pequena, quando comparada com  $R_e$ , podemos desprezá-la e escrever:

$$I_{MAX} = \frac{V_s}{R_e}$$

Note-se que C1 não aparece nesta relação, e que  $I_{MAX}$  é essencialmente constante, qualquer que seja o valor de C1. Em troca, a duração do

Alguns dos processos básicos para proteção dos circuitos retificadores empregando retificadores de silício.

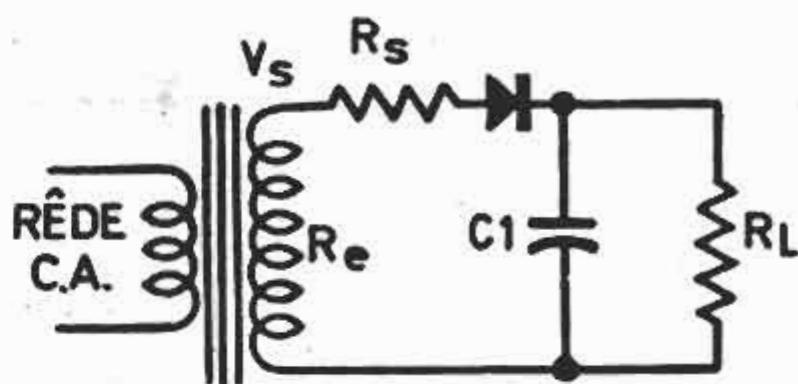


FIG. 2

pulso de corrente depende diretamente do valor de C1 e de  $R_e$ , e a energia térmica do transiente é proporcional ao valor  $I_{MAX}^2 (R_e)^2 C1$ .

A proteção desejada consiste em reduzir o produto  $I_{MAX}^2 (R_e)^2 C1$  aos valores específicos de um determinado diodo. A maneira mais fácil de realizar isto é colocar um resistor em série  $R_s$ , como mostra a Fig. 2.

A resistência que contribui para limitar o pulso de corrente é agora:

$$T_t = R_s + R_e$$

O valor de  $I_{MAX}$  é encontrado nos manuais, e se refere a um ciclo completo da frequência da rede elétrica (50 ou 60 Hz).

Uma aproximação razoável para o valor de  $R_t$  será:

$$R_t = \frac{V_s}{I_{MAX}} \quad \text{e} \quad R_s = R_t - R_e$$

O valor de  $R_s$  determinado por este método será satisfatório para constantes de tempo  $R_t C1$  menor ou no máximo igual a T (onde T é o período da rede).

Se a constante de tempo é maior que T,  $R_t$  deve ser calculado por:

$$R_t = \frac{2 (V_s)^2 C1}{I_{MAX}^2 T}$$

Onde:

- $V_s$  = tensão de crista do secundário
- $I_{MAX}$  = corrente transiente máxima para 1 ciclo, especificada para o diodo
- T = 1 ciclo = 20 ms para 50 Hz
- C = capacitância em farads

## EXEMPLO 1

Suponhamos que se quer especificar o circuito da Fig. 2, empregando um diodo retifica-

\* Saber Servir — Sylvania International, n.º 9.

dor, um transformador (com tensão secundária de 300 V e resistência de enrolamento secundário igual a 4 Ω), e um capacitor de filtro de 200 μF. Das especificações do diodo tiramos que o valor máximo da corrente transiente é de 35 A para 1 ciclo.

$$R_t = \frac{V_s}{I_{MAX}} = \frac{300 \times 1,41}{35} \cong 12 \Omega$$

$$R_s = 12 - 4 = 8 \Omega$$

$$R_t C_1 = 12 \times (2 \times 10^{-4}) = 2,4 \text{ ms}$$

Como 2,4 ms é menor que T (20 ms para f = 50 Hz) o valor de R<sub>s</sub>, 8 ohms, será suficientemente seguro.

#### EXEMPLO 2

As mesmas condições do exemplo 1, porém supondo um capacitor de 2000 μF.

Neste caso, a constante de tempo R<sub>t</sub>-C<sub>1</sub> será igual a 24 ms, que é maior que o período (20 ms) da rede.

O valor R<sub>t</sub> deverá ser calculado a partir de:

$$R_t = \frac{2 \times (V_s)^2 C}{I_{MAX}^2 T} =$$

$$\frac{2 \times (300 \times 1,41)^2 \times 2 \times 10^{-3}}{35 \times 1,6 \times 10^{-2}} \cong 36,6 \Omega$$

$$\therefore R_s = 36,6 - 4 = 32,6 \cong 33 \Omega$$

Devemos notar que estes cálculos se referem somente à limitação de transientes de corrente, e o valor de I<sub>MAX</sub> calculado é especificamente para 25°C. Para maiores temperaturas, I<sub>MAX</sub> deverá variar de acordo com as especificações do fabricante.

Quando se trata de projetos novos, R<sub>s</sub> poderá ser incluído, de um modo geral, na resistência do transformador, R<sub>e</sub>. Nas fontes de alimentação que funcionam diretamente conectadas à linha de C.A., R<sub>s</sub> deve ser um resistor. Uma alternativa, para minorar o valor de R<sub>s</sub>, é o emprego de filtros com entrada a indutor.

A Fig. 3 mostra várias fontes de alimentação: A — alimentação de onda completa com derivação central. B — Ponte de onda completa. C — Dobrador de tensão de meia onda, e D — Dobrador de tensão de onda completa.

Em cada um destes circuitos poderá dar-se condições de corrente transiente, e se a resistência limitadora R<sub>s</sub> não puder ser incluída em R<sub>e</sub>, deverá ser adicionado um resistor, como mostra cada figura.

Em geral, sempre que se usa um diodo para carregar um capacitor de grande valor a partir de uma fonte de baixa impedância, devemos empregar uma resistência limitadora.

#### PROTEÇÃO CONTRA EXCESSO DE TENSÃO INVERSA

Os transientes de tensão inversa ocorrem geralmente de uma forma aleatória e, por sua amplitude e duração que varia entre limites muito grandes, são amiúde impossíveis de se prever e comumente impossíveis de analisar.

Podemos distinguir dois grupos de transientes. O primeiro é formado por aqueles que são gerados nas redes de distribuição de energia elétrica, pela proximidade de motores elétricos,

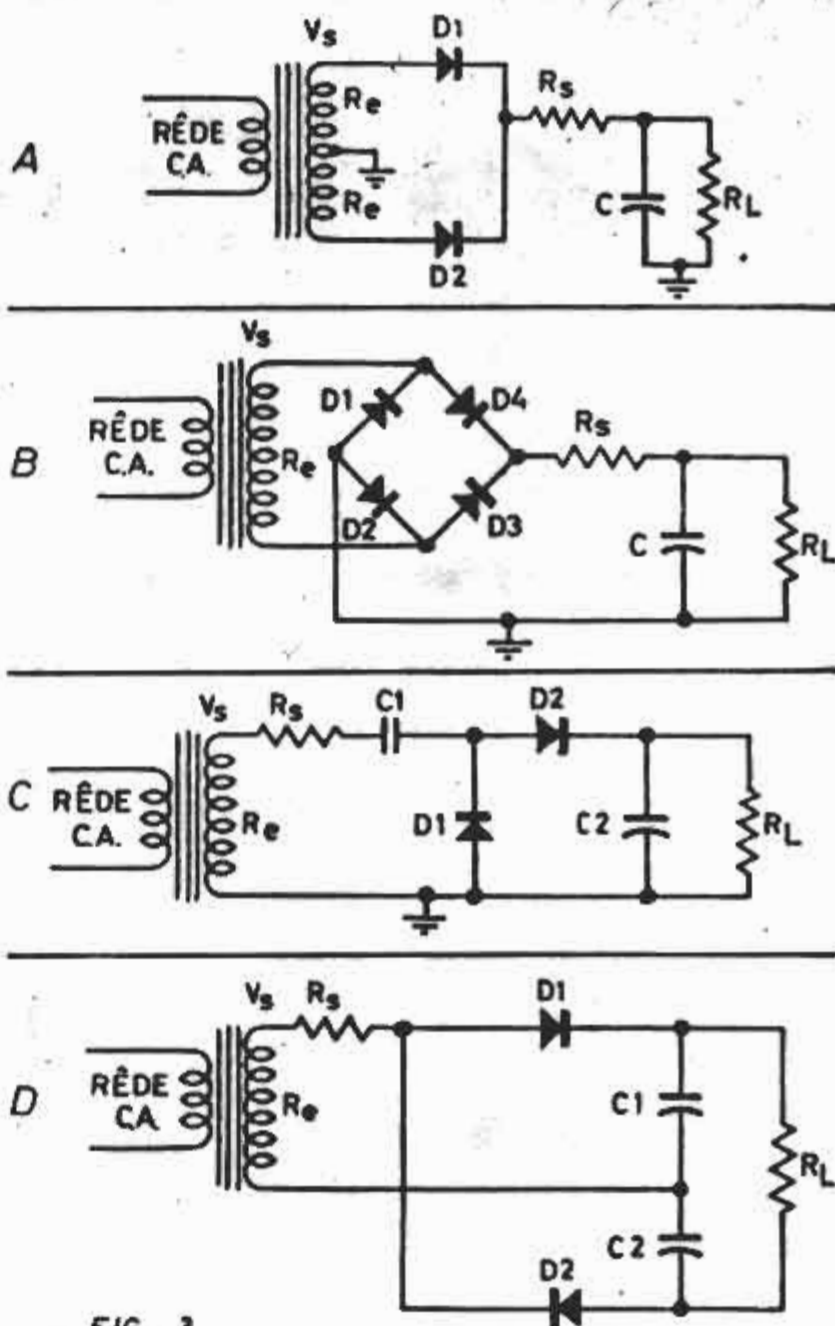


FIG. 3

reatâncias de lâmpadas fluorescentes, etc. São aqueles sobre os quais o projetista não tem controle. A outra classe de transientes é formada pelos que são gerados no próprio circuito; causados pela comutação de relés, contactores, transformadores, indutores, etc., que podem ser submetidos mais facilmente à observação.

Apesar da natureza difusa do problema é possível fazer três considerações sobre estes transientes.

1. Os transientes de tensão são causados quase que invariavelmente por elementos indutivos durante sua comutação, e como a energia armazenada de um indutor cresce com o quadrado da corrente, os dispositivos de maiores correntes devem ser tratados com precaução.

2. A cura quase universal para os transientes de tensão é a capacitância, conectada de modo a redistribuir no tempo a energia do transiente, a um nível que possa ser dissipado com segurança pelo semiconductor, ou de modo a conduzir facilmente o transiente para terra, ou ainda cumprindo ambas as funções.

3. Os transientes de tensão ocorrem em diversos graus de severidade em todos os equipamentos alimentados pela rede de distribuição elétrica.

O instrumento fundamental para estudar transientes é um osciloscópio de faixa larga com tempo de incremento de menos de 1 μs. Outros dispositivos, tais como voltímetros para leitura do valor de crista de um único pulso, e oscilos-

(Continua à pág. 458)

# NÃO PERCA TEMPO: MONTE VOCÊ MESMO O SEU AUTO-RÁDIO "SAFIRA"



## CARACTERÍSTICAS:

3 Faixas de onda.

2 Faixas ampliadas em 31 e 49 metros.

Bobinas e Chaves de Ondas totalmente ligadas, testadas e calibradas.

Dissipador de calor em alumínio anodizado.

Knobs e escudo frontal cromados.

Fornecido em 2 modelos: VOLKS, para VOLKSWAGEN SEDAN; Modelo Universal para todos os outros tipos de carros de 6 ou 12 volts.

CONJUNTO (faltando condensadores, resistências, transistores e falante) Cr\$ 24.000.

CONJUNTO COMPLETO (com todos os materiais inclusive falante) Cr\$ 45.000.

CONJUNTO MONTADO e completo com falante (indicar o modelo do carro) Cr\$ 50.000.

SUPRESSOR de ruído para vela cada Cr\$ 500.

SUPRESSOR de ruído para gerador Cr\$ 500.

Os pedidos deverão vir acompanhados de cheque visado pagável em São Paulo.

(Nos preços deverá ser acrescentado o Imposto de Consumo de 15%.)

Embalagem grátis. Transporte por conta do comprador.

## COLISEU IND. ELETRÔNICA LTDA.

AV. GEN. ATALIBA LEONEL, 2572

CAIXA POSTAL 12048

SÃO PAULO (SP)



- INTERRUPTORES ELÉTRICOS PARA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E ELETRÔNICA
- DISJUNTORES TÉRMICOS
- COMPONENTES ELETRÔNICOS

## INSTRON S. A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO

RUA VIEIRA DE MORAIS, 45 —  
(BROOKLIN)

CAIXA POSTAL 18001 - AEROPORTO  
CONGONHAS  
SÃO PAULO

lhor estabilidade. A válvula-comporta funcionou perfeitamente bem, reduzindo a tensão da grade de blindagem a 15 volts positivos sem excitação. No elo de realimentação negativa, usamos um resistor de 300 000 ohms sem capacitor de isolamento, que foi retirado por causar muita defasagem nas baixas frequências. Uma válvula 12AU7 em paralelo excita muito bem as duas 6CU6. O antiparasita Lp consiste em 4 espiras de fio 18 enroladas sobre um resistor de 47 ohms, 1 watt. O restante dos componentes, fica por conta do montador experiente.

000—0—(AN278)

## PROTEJA OS...

(Continuação da pág. 433)

cópias com memória, etc., podem ser úteis também em casos especiais.

Na pesquisa de transientes mencionados no número 2, o técnico deverá conectar as pontas de prova em paralelo com o semicondutor, e comutar os elementos indutivos (incluindo o transformador de alimentação), um número suficiente de vezes que assegure a probabilidade estatística de estar comutando nas piores condições (geralmente na crista do ciclo). Será bom repetir este procedimento com as pontas conectadas aos elementos indutivos, para ver qual é o que mais afeta o circuito.

A solução adequada será sugerida geralmente pela severidade do transiente, pelo elemento que causa o problema, e a natureza do circuito. Se possível o técnico deve observar os efeitos da conexão e desconexão de motores e interruptores nas proximidades do equipamento em es-

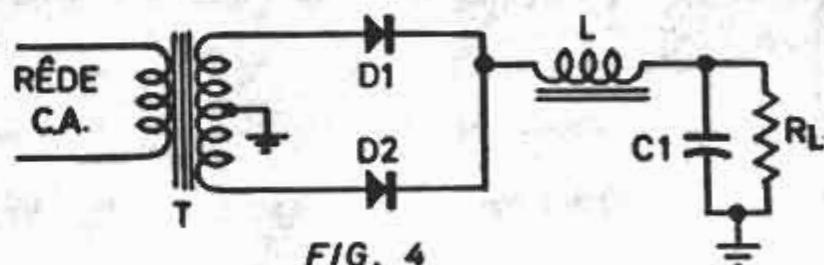


FIG. 4

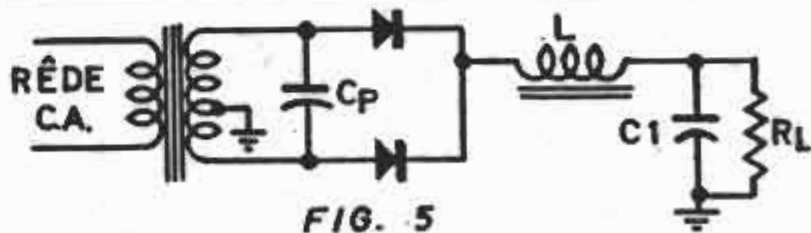


FIG. 5

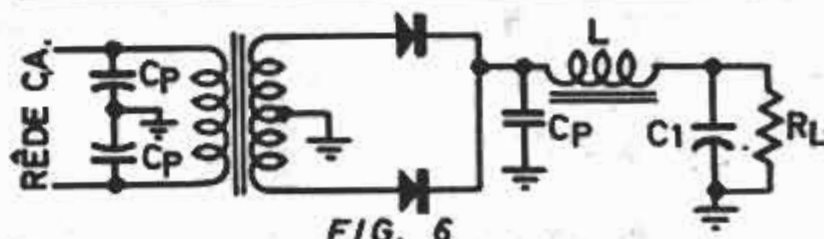


FIG. 6

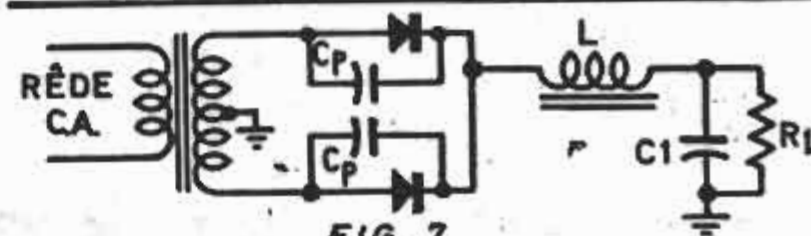


FIG. 7

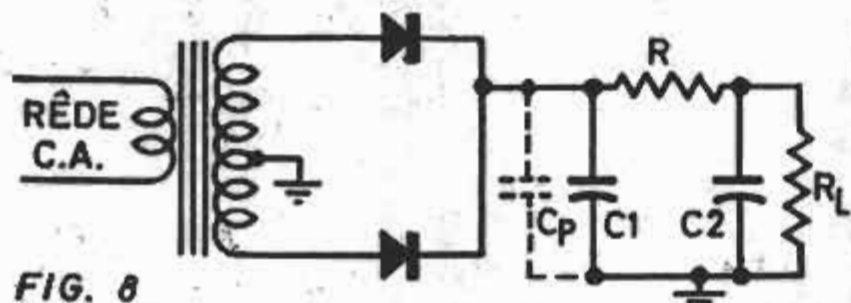


FIG. 8

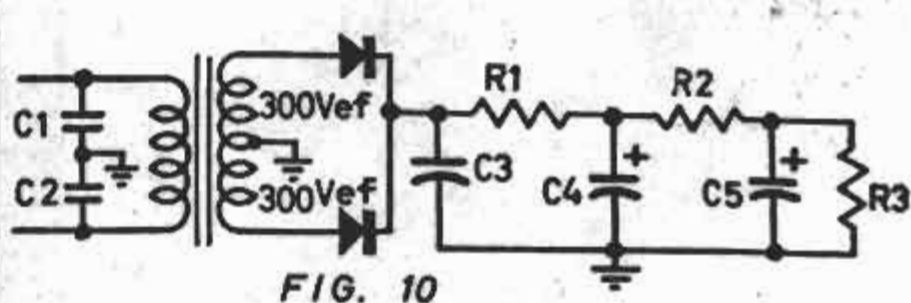


FIG. 10

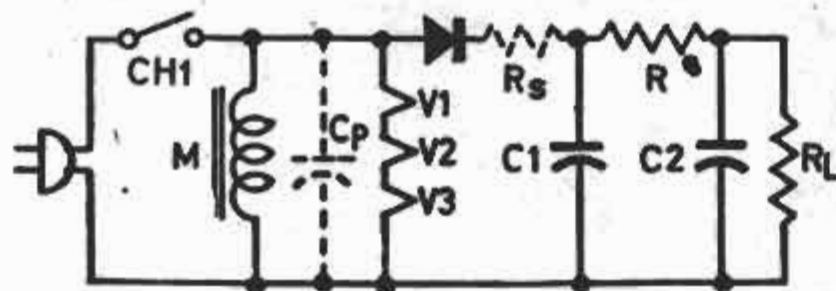


FIG. 9

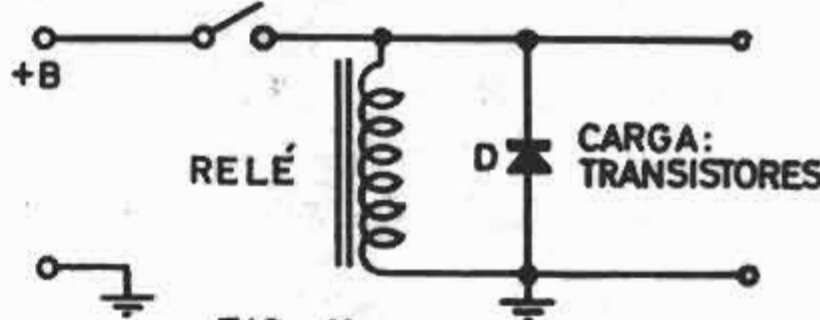


FIG. 11

tudo, e tomar as precauções necessárias para eliminá-los.

Os circuitos que se seguem ilustram alguns dos casos mais comuns que podem aparecer. Consideremos o circuito da Fig. 4.

Suponhamos que os diodos estão funcionando perto do valor de tensão inversa de crista, e que neste momento um pulso de pequena duração seja aplicado ao primário de T1. A relação de espiras entre o primário e o secundário elevará o valor do pulso a tal ponto, que poderá ser o suficiente para danificar o diodo que não está conduzindo neste momento. Poderíamos supor que o capacitor C1 fosse capaz de absorver este transiente, mas é preciso notar que ele está precedido de um indutor que representa um circuito aberto aos transientes. Os circuitos das Figs. 5, 6 e 7 geralmente conseguem dar uma proteção adequada. Em todos estes casos se aplica um capacitor, Cp (100 a 500 pF) na forma ilustrada para proporcionar um caminho curto aos pulsos de rápido crescimento e alta tensão. Se o circuito retificador está ligado a qualquer outro indutor, como bobinas de relés, motores fonográficos, etc., o valor de Cp deverá ser aumentado para 0,01 ou 0,1  $\mu$ F.

O circuito da Fig. 7, embora seja o que oferece maior proteção, é o menos desejável pois aumenta a ondulação da tensão retificada.

A Fig. 8 mostra um circuito com transformador, dos mais comuns, com filtro de entrada a capacitor. Utiliza-se um filtro RC para economizar espaço e o custo do indutor. Geralmente os transientes não causam dificuldades neste circuito. Como ele é de onda completa, o secundário do transformador nunca está descarregado e o capacitor de filtro C1 absorve os transientes. Um capacitor eletrolítico, tal como C1, possui, sem dúvida, uma indutância residual que não é desprezível ante um transiente de crescimento extremamente rápido; em condições extremas esta indutância é capaz de armazenar um pulso capaz de destruir o diodo. Em circuitos de radiofrequência pode-se ver, geralmente, um capacitor de passagem, Cp (geralmente de mica) em paralelo com um eletrolítico da fonte de alimentação, para dar passagem às frequências altas; e por esta mesma razão se aplica esta solução para a proteção contra transientes.

A Fig. 9 mostra uma fonte de ambas correntes, vastamente usada, projetada para fonógrafos de baixo custo.

Note-se que a baixa impedância dos filamentos das válvulas V1, V2 e V3, protege normalmente o diodo do severo transiente inverso causado pela indutância do motor, ao ser aberto o interruptor.

Quando um dos filamentos se queima, desaparece a proteção e aumenta o risco do diodo se queimar. O remédio é ligar um capacitor de 0,01  $\mu$ F, Cp, em paralelo com o motor. É indispensável também, pelos motivos expostos, usar o resistor de proteção Rs.

A Fig. 10 representa uma fonte de alimentação empregada em amplificadores, utilizando as proteções discutidas neste artigo.

Os melhores capacitores para proteção são os de baixa indutância residual (mica, cerâmica, etc.).

Além dos capacitores para proteção, existem diversos tipos de dispositivos resistivos não lineares. Quando o preço permitir, é mais eficaz utilizar estes últimos.

Quando num circuito de corrente contínua devemos conectar cargas indutivas, o diodo de silício pode atuar como excelente protetor para os outros semicondutores, contra transientes. Para isto coloca-se o diodo protetor em paralelo com o indutor e inversamente polarizado, de modo que, quando a corrente se interrompe, o transiente criado polarizará de tal maneira o diodo que ele conduzirá, limitando assim a menos de 2 volts de crista um transiente que poderia alcançar facilmente 1 kV ou mais. A Fig. 11 ilustra esta proteção. o o o — o — (AN257)

# CAPACITORES

VARIÁVEIS MINIATURA

Para Telecomunicações e Instrumentos Científicos

QUALIDADE E TRADIÇÃO

## METALTEX

RUA JOAQUIM FLORIANO, 307  
SÃO PAULO