

INTERFERÊNCIAS DE CIRCUITOS COM TIRISTORES

Newton C. Braga
Prof. do Colégio Objetivo

Porque um tiristor causa interferências

Como pode um circuito que opera em frequências tão baixas como a da rede de alimentação de energia elétrica causar interferências nas faixas de frequências de rádio que atingem até alguns megahertz?

Poderíamos comparar um tiristor a um relé de estado sólido que, por não ter a inércia dos contatos móveis de um relé mecânico, pode abrir ou fechar um circuito externo num intervalo de tempo extremamente pequeno, podendo, deste modo, operar com enorme velocidade.

É justamente essa capacidade de operação do tiristor em grandes velocidades que torna possível sua utilização em controles de potência, onde cada semi-ciclo tem sua fração de alimentação dosada sobre a carga. O tiristor pode acompanhar a variação cíclica da tensão alternada da rede de alimentação, dosando a passagem de cada semi-ciclo de corrente pela carga, com grande eficiência (fig. 1).

Ocorre entretanto que, ao lado das grandes vantagens obtidas com um dispositivo de tão grande eficiência em operação a alta velocidade, existem alguns problemas que podem realmente tornar-se sérios em determinados casos.

O que acontece é que, dada a extrema velocidade com que a corrente pode passar de um valor mínimo para um valor máximo, e vice-versa, quando o tiristor muda de estado, e a consequente deformação produzida na tensão senoidal aplicada à carga, por sua ação rápida, pode implicar na produção de uma grande quantidade de harmônicos que atingem frequências de faixas usadas para a radiodifusão e também comunicações, causando, portanto, interferências em receptores próximos.

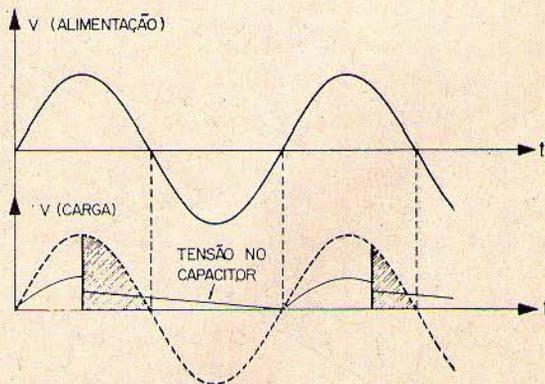


Figura 1

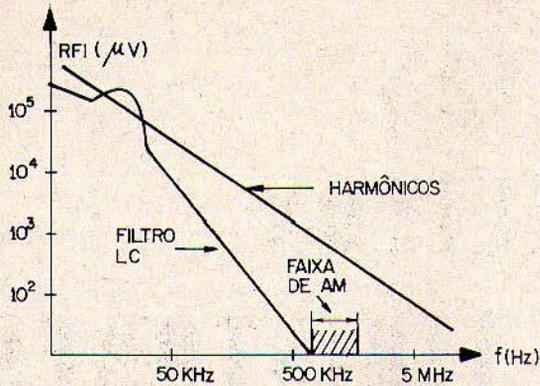


Figura 2

Naturalmente, a intensidade dos harmônicos produzidos decresce à medida que sua frequência aumenta até que, em determinado ponto, a sua amplitude cai abaixo do valor mínimo capaz de causar problemas de recepção. O ponto em que isso ocorre está, entretanto, numa frequência suficientemente elevada para que se possa em muitos casos ter-se uma boa gama da faixa de recepção prejudicada seriamente pelo equipamento tiristorizado. O gráfico da fig. 2 mostra que os problemas causados por interferências de harmônicos produzidos nessas condi-

ções pode afetar a recepção em frequências de até uns 5 MHz.

Se o leitor acionar o interruptor da lâmpada de sua sala de estar, tendo o cuidado de sintonizar nas proximidades seu receptor portátil para uma frequência em que não existem estações operando, ouvirá claramente um "clic" no alto-falante do rádio, resultante da RF interferente gerada pela rápida ascensão da corrente no circuito, de um valor nulo a um valor máximo, igual à corrente nominal da lâmpada. Naturalmente, os problemas causados por esse tipo de sinal interferente são mínimos, pois só ocorrem no curto intervalo de tempo no qual o circuito é ligado ou desligado (fig. 3).

No caso de circuitos tiristorizados, como "light dimmers" (controles de luminosidade), controles de velocidade de motores, etc., a frequência da abertura e fechamento do circuito de carga é igual à frequência da rede ou a um múltiplo desta (controle de onda completa), o que significa que dezenas ou mesmo centenas de vezes por segundo o sinal interferente é gerado,

(Continua na pág. 70)

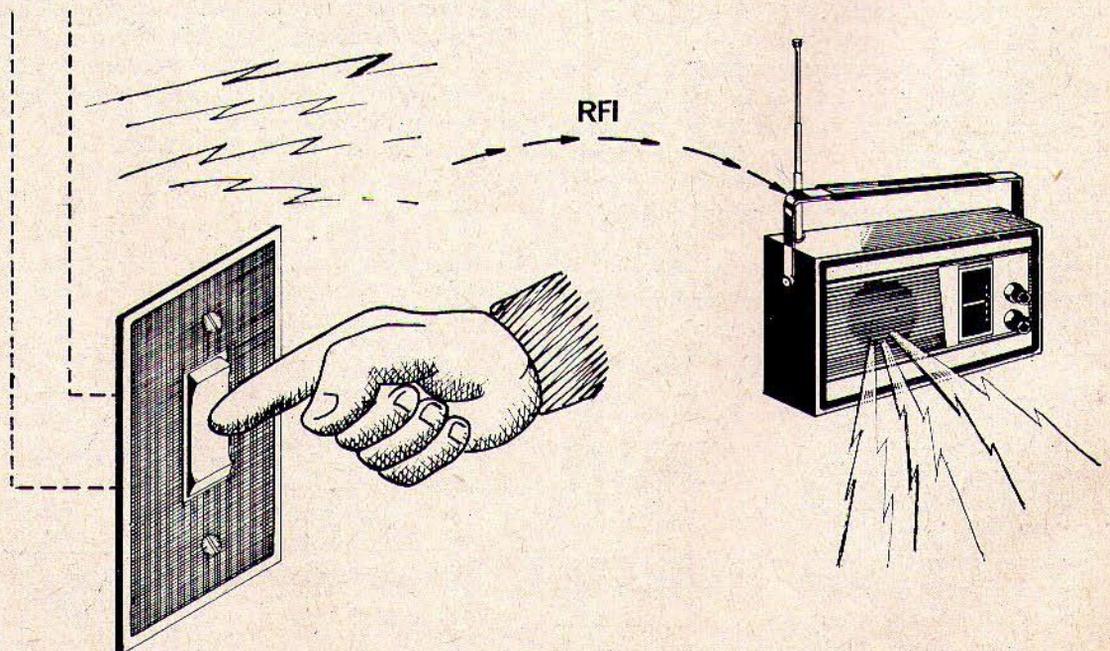


Figura 3

Interferências...

(continuação da pág. 68)

implicando na extensão do "clic" a um ruído contínuo que, em certos casos, quando sua intensidade é suficientemente elevada, pode prejudicar seriamente o desempenho de equipamentos de recepção instalados nas proximidades.

Quanto harmônicos são produzidos pelo rápido fechamento do circuito por um tiristor, e quais deles têm maior intensidade? A quantidade de harmônicos, assim como sua intensidade relativa, é função das características elétricas do circuito que emprega o tiristor, ou seja, do seu modo de operação no circuito, além das indutâncias e capacitâncias existentes entre os componentes. Até mesmo a presença de uma capacitância razoável entre o tiristor e seu dissipador de calor pode ser responsável pela produção de harmônicos de frequências indesejáveis (fig. 4).

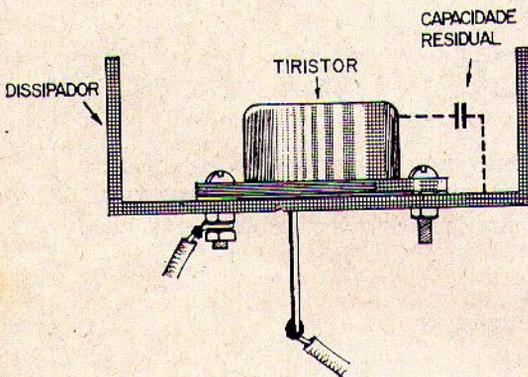


Figura 4

Essas indutâncias e capacitâncias naturais do circuito podem fazê-lo ressoar em frequências específicas, de tal modo a implicar na distribuição irregular de energia de RF interferente produzida, dada a deformação causada na alimentação senoidal fornecida pela rede de alimentação. No final do artigo (Tabela 1) damos informações sobre os harmônicos que podem ser produzidos, assim como suas intensidades relativas, para diferentes formas de onda.

O fato é que a maior parte dessa energia de RF produzida concentra-se na faixa que vai dos 100 kHz aos 2 ou 3 kHz, afetando, por isso, tanto receptores de comunicação como receptores de radiodifusão em ondas médias. Vê-se, deste modo, que receptores de FM, televisores ou receptores de frequências mais altas são praticamente imunes a interferências de circuitos tiristorizados deste tipo.

Como a interferência chega ao equipamento receptor

De dois modos pode a RF gerada por um circuito tiristorizado sair e chegar a um receptor próximo, causando problemas de interferência:

a) **Por irradiação:** — Caso em que os sinais de RF são diretamente irradiados do equipamento tiristorizado para o equipamento sensível. Em geral, dada a baixa intensidade dos sinais irradiados deste modo, tal tipo de interferência não é, em geral, responsável pelos problemas causados por equipamentos tiristorizados. Pode-se dizer que, em faixa de intensidades, é inferior e até mesmo a interferência gerada por instalações de lâmpadas fluorescentes ou "escovas" de motores elétricos. Só se terá problemas com esse tipo de interferência se o circuito tiristorizado tiver de ser instalado num local muito próximo ao equipamento sensível.

b) **Por condução:** — Caso em que a própria rede de alimentação pode servir como cabo condutor para os sinais de radiofrequência gerados pelo tiristor. Neste caso, o nível das interferências pode ser agravado se o equipamento cau-

LIVROS SOBRE MECÂNICA

FUNILARIA INDUSTRIAL, por Springer. 534 págs., formato 12 x 16 cm, port. Cr\$ 24,00

MAQUINAS, Formulário Técnico, por Casillas. 634 págs., formato 13 x 16 cm, port. Cr\$ 35,00

ARITMETICA INDUSTRIAL, por Riu. 290 págs., cast. Cr\$ 62,00

GEOMETRIA Y TRIGONOMETRIA INDUSTRIAL, por Riu. 334 págs., cast. Cr\$ 62,00

ALGEBRA INDUSTRIAL, por Riu. 290 págs., cast. Cr\$ 62,00

A VOLTA DA MÁQUINA-FERRAMENTA, por Gehrling. Tudo sobre estas máquinas, medições e execução. 232 págs., port. Cr\$ 40,00

MANUAL DE MANUTENÇÃO MECÂNICA BÁSICA, por Drapinski. 240 págs., port. Cr\$ 35,90

ESTAMPADO EN CALIENTE DE LOS METALES, por Rossi. 390 págs., cast. Cr\$ 135,00

UTILAJES MECANICOS Y FABRICACIONES EN SERIE, por Rossi. 3ª edição, 749 págs., cast. Cr\$ 164,00

TRAZADO PRACTICO DE DESARROLOS EN CALDERIA, por Villanueva. 166 págs., cast. Cr\$ 42,00

Atendemos pedidos pelo REEMBOLSO POSTAL, superiores a Cr\$ 20,00, com despesas por conta do comprador.

LITEC

LIVRARIA EDITORA TÉCNICA LTDA.
Rua Sta. Ifigênia, 180 -- Tel: 34-3101
Caixa Postal 30.869 - 01000 São Paulo

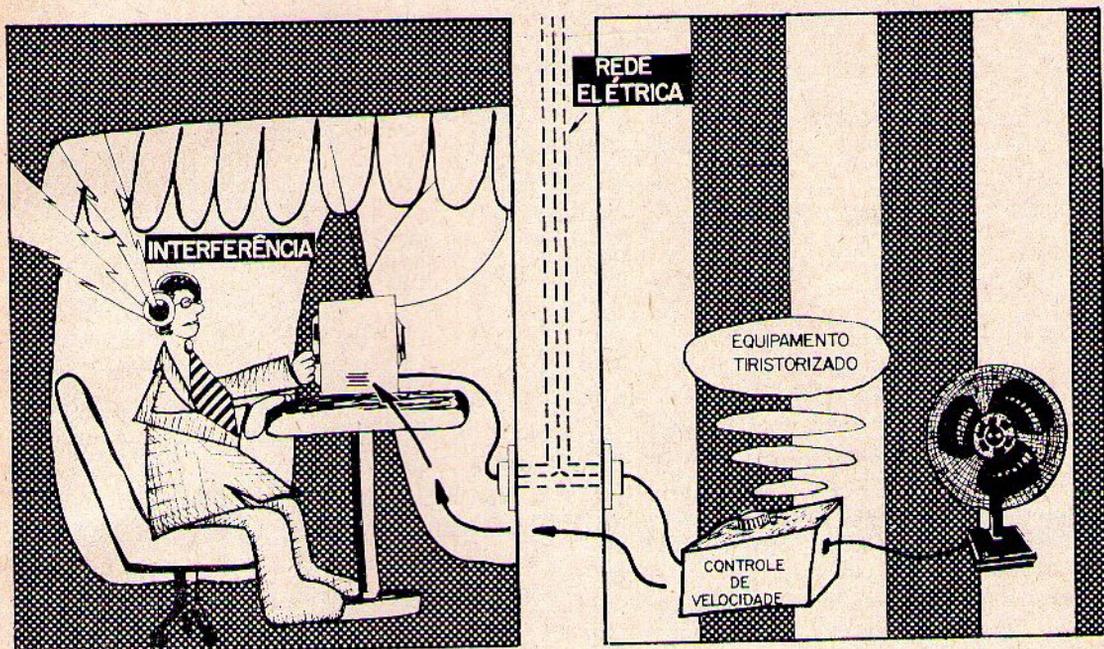


Figura 5

sador das interferências tiver de ser alimentado a partir do mesmo setor ou tomada que alimenta o equipamento sensível (fig. 5). A não existência de ligações à terra no equipamento interferente e no receptor, ou a passagem de cabos de alimentação por canalizações não condutoras, pode contribuir para a propagação dos sinais interferentes.

Como eliminar a interferência

Não se pode apontar uma solução geral para os problemas causados por interferências de circuitos tiristorizados, já que, para cada caso, soluções distintas podem manifestar-se mais apropriadas. Para cada caso teremos, pois, uma solução cuja escolha dependerá de diversos fatores, não nos deixando a possibilidade de analisar neste artigo todos os problemas e soluções mais comuns.

a) **Interferências por irradiação:** — Neste caso, a simples blindagem do chassi com sua ligação à terra pode ser a solução para se evitar que os sinais gerados saiam do equipamento. Quando a ligação à massa do equipamento não é possível, por motivos diversos (caixa não metálica), devem-se procurar localizar os pontos do circuito por onde a irradiação se faz mais intensamente e blindá-los.

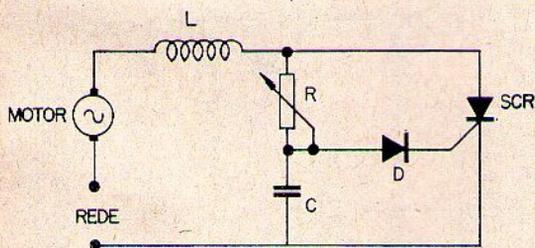


Figura 6

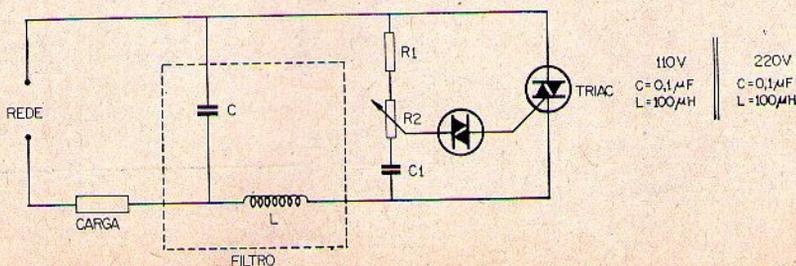


Figura 7

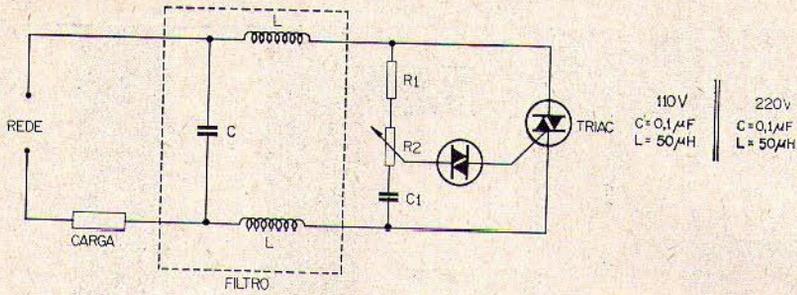


Figura 8

b) **Interferências por condução:** — Como se trata do tipo mais comum, sua discussão será feita em torno dos casos mais encontrados. Uma vez descoberta a causa da interferência, a primeira providência a ser tomada é evitar-se que o sinal interferente chegue à rede de alimentação, através da qual possa ser levado ao equipamento sensível. Isso pode ser feito pela utilização de filtros passa-baixas colocados entre a rede e o equipamento tiristorizado. Tais filtros oferecem uma baixa impedância à corrente de alimentação, mas bloqueiam os sinais de alta frequência gerados no circuito, evitando, com isso, sua propagação para a rede. Conforme a sensibilidade do equipamento receptor e a intensidade dos sinais gerados pelo circuito tiristorizado é que se fará a escolha do filtro apropriado.

Podemos ter, então, filtros dos mais simples, como o que é constituído apenas por um choque de RF e um capacitor, até os mais complexos, constituídos por circuitos ressonantes independentes, capazes de bloquear cada uma das frequências harmônicas geradas, cujas intensidades relativas se verificam serem maiores.

Quanto à ação, poderemos classificar os filtros em dois grupos: os que bloqueiam bandas de frequências interferentes e os que bloqueiam apenas uma frequência gerada. A escolha de um ou de outro, naturalmente, prender-se-á ao fato da necessidade ou não de atenuações muito grandes em determinadas frequências, em virtude da intensidade relativa de seus sinais.

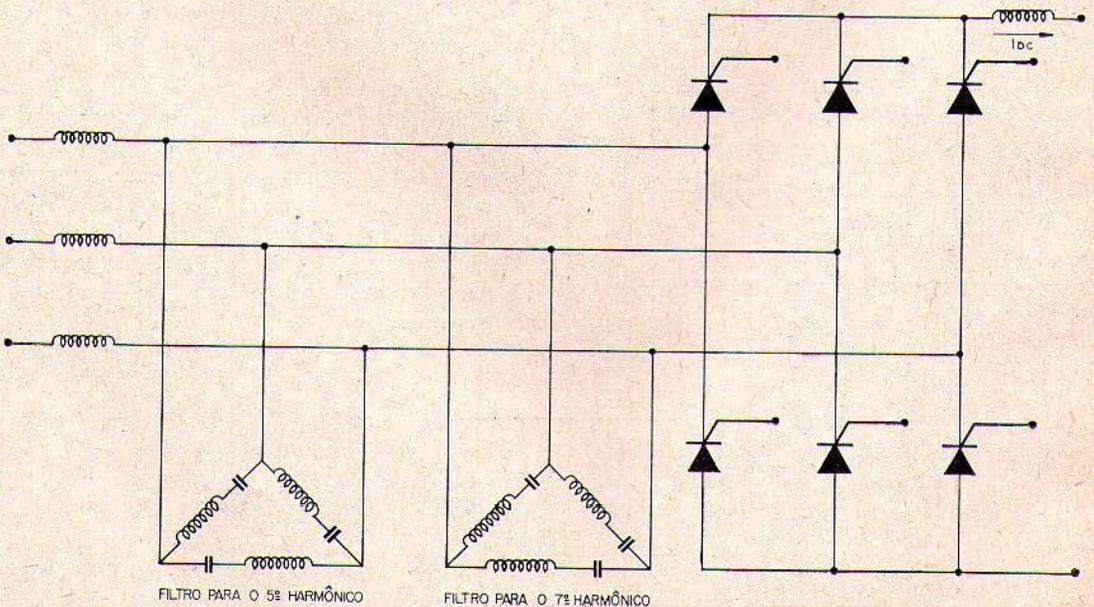


Figura 9

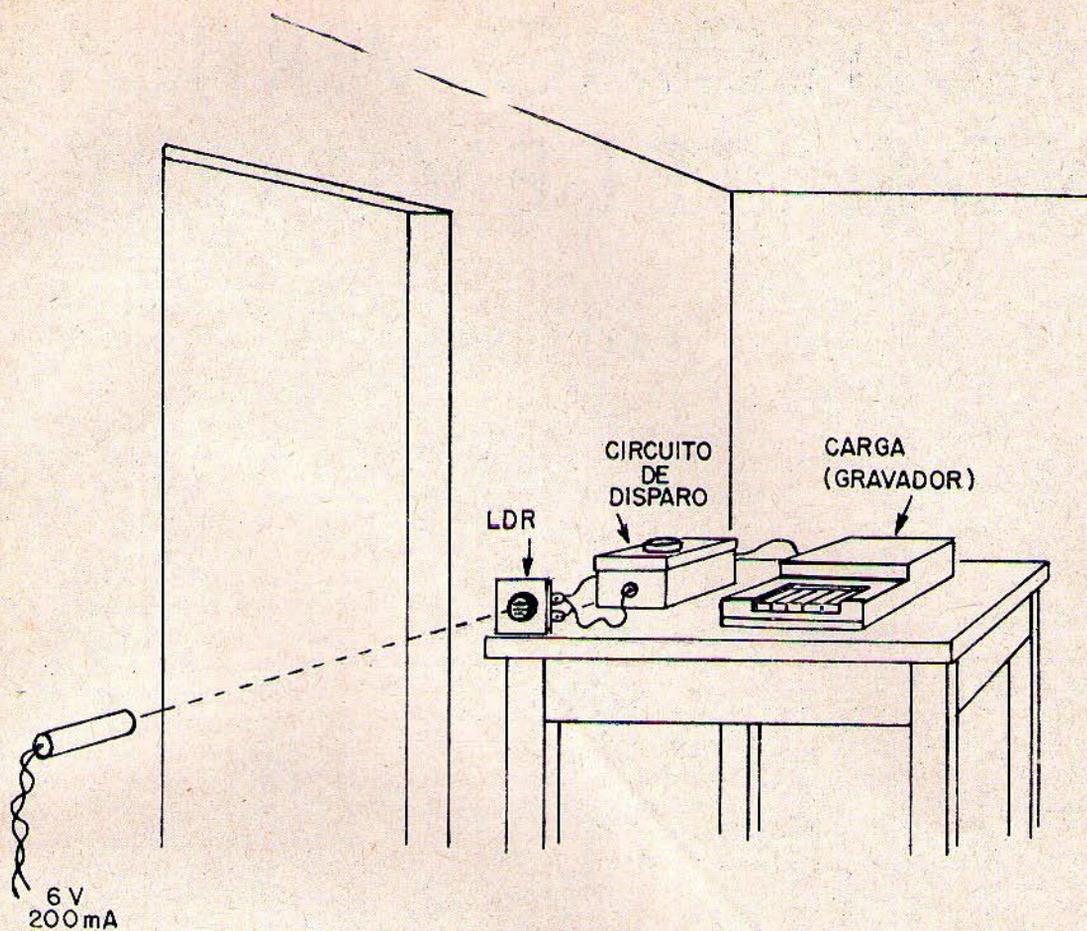


Figura 5

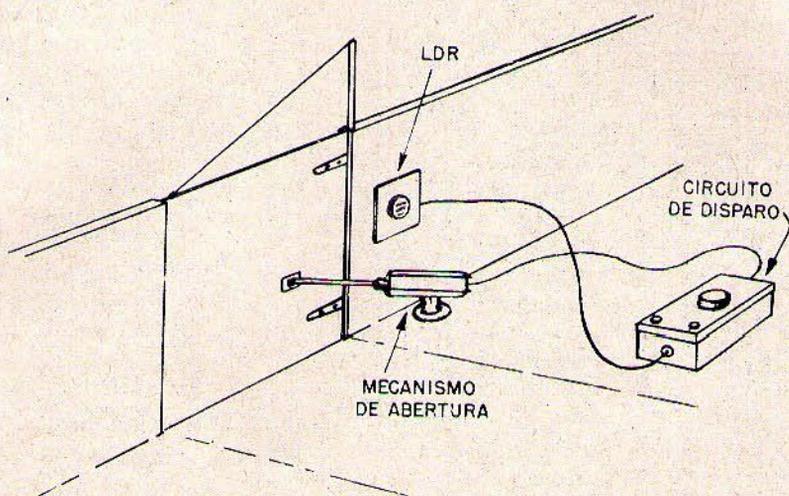
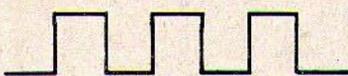
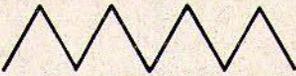
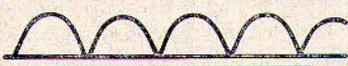


Figura 6

(Continua na pág. 74)

TABELA 1

| FORMA DE ONDA | HARMONICOS (INTENSIDADE RELATIVA) | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | FUND. | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  RETANGULAR | 127% | 0 | 42,5% | 0 | 25,5% | 0 | 18,2% |
|  TRIANGULAR | 81% | 0 | 9% | 0 | 3,2% | 0 | 1,6% |
|  DENTE DE SERRA | 63,6% | 31,8% | 21,2% | 15,9% | 12,7% | 10,6% | 9,1% |
|  SENOIDAL (MEIA ONDA) | 31,8% | 21,2% | 0 | 4,2% | 0 | 1,8% | 0 |
|  SENOIDAL (COMPLETA) | 63,6% | 42,3% | 0 | 8,5% | 0 | 3,6% | 0 |

bre o tiristor durante ainda seu semi-ciclo de condução pode afetar completamente o desempenho do circuito que passará a operar de modo errado. Para circuitos simples de controles de potência, a indutância empregada deve ser da ordem de 100 μ H (fig. 6).

Um filtro um pouco mais complexo e também mais eficiente pode ser o passa-baixas, constituído por uma indutância e uma capacitância (fig. 7) ou ainda o constituído por duas indutâncias e uma capacitância (fig. 8).

Especificamente, quando se desejar que apenas determinadas frequências harmônicas sejam bloqueadas, filtros ressonantes podem ser usados para uma delas. (fig. 9). No inversor trifásico da figura, cada filtro ressoa numa frequência interferente.

Na fig. 10 temos alguns tipos de filtros que podem ser utilizados no bloqueio de interferências de circuitos tiristorizados.

Ω

TRANSFORMADORES DE LINHA TENSÃO CONSTANTE?

WATSON É QUEM GARANTE!

e mais:

Transformadores para rádio e televisão -- Transmissão -- Equipamentos transistorizados -- Alta-fidelidade -- Estabilizadores automáticos por saturação -- Transformadores especiais para áudio e industriais -- Transformadores para frequência 400 Hz até 300 W.

WATSON - INDÚSTRIA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA.

R. OLINDA, 125 -- FONES: 247-9506, 247-2449 -- C. POSTAL 5294 -- SOCORRO -- S. PAULO - SP