CONHEÇA OS TRANSIENTES - E PROTEJA-SE CONTRA ELES!

PARTE I

A "queima" inexplicável de integrados, microprocessadores, e outros valiosos componentes dos modernos equipamentos de Eletrônica e Informática, nada tem de "misteriosa": este artigo explica a razão.

*Jaime G. Moraes Fº **

Bons tempos aqueles... – Quem falasse em transientes há uns vinte anos atrás, certamente estava se referindo a outra coisa. Os equipamentos valvulados normalmente suportavam regimes de trabalho bem mais severos do que os atuais semicondutorizados, daí, não se ter dado muita atenção às variações bruscas da tensão da rede de alimentação, e certamente esta série de artigos não seria escrita, se ainda estivéssemos nos tempos das válvulas.

O QUE SÃO TRANSIENTES?

Há alguns anos atrás, suspeitou-se de que havia alguma praga atacando os equipamentos transistorizados e com dispositivos integrados.

Misteriosamente, e sem que houvesse uma causa aparente, simplesmente vários semicondutores entravam em curto, os controles digitais funcionavam de maneira aleatória, tudo levando a crer que algo estava ocorrendo com a alimentação. O primeiro suspeito, logicamente, foi a rede de distribuição de corrente alternada, e os estudos partiram deste ponto. Com o auxílio de um osciloscópio e de uma máquina fotográfica, era possível o registro de alguma perturbação muito rápida que por acaso surgisse na linha de C.A.

O resultado foi o esperado. Além de uma faixa relativa a variação senoidal da tensão, era possível perceber-se pulsos de grande amplitude, que alcançavam até 3000 volts, embora fossem de curta duração, da ordem de microssegundos, denominados TRANSIENTES (Fig. 1).

Estes pulsos, denominados também em inglês por "Spikes", eram capazes de provocar, entre outras coisas:

– Curtos-circuitos em semicondutores
– Falhas nos isolamentos de capacitores
– Falhas nos isolamentos de transformadores e bobinas
– Arcos em contatos
– Perda de sincronismo em dispositivos lógico-digitais
– Disparo acidental de tiristores.

Baseados nestes estudos, os fabricantes de televisores dos Estados Unidos chegaram à conclusão de que cerca de 70% das avarias nos seus produtos eram provocados por transientes nas linhas de alimentação de C.A. Esta mesma percentagem pode ser estendida a outros equipamentos, sejam domésticos ou industriais.

De um modo geral, quanto mais sofisticado o equipamento, maiores serão as probabilidades de avarias, daí a necessidade de serem tomadas uma série de precauções para que estes transientes não cheguem a alcançar o equipamento.

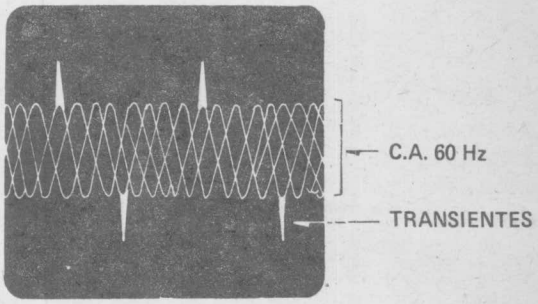


Fig. 1 – Com o auxílio de um osciloscópio e de máquina fotográfica pode ser verificada a ocorrência dos transientes, perturbações intensas e de curtíssima duração.

COMO OCORREM?

Em sistemas não aterrados, os transientes ocorrem logicamente entre as duas fases, e é relativamente fácil projetar um sistema de proteção satisfatório. No entanto, em sistemas de alimentação com fios fase, Neutro e Terra, os transientes podem ocorrer tanto entre fase e neutro (Modo diferencial ou Transverso) ou entre qualquer um deles e a Terra (Modo Comum, ou Paralelo). Neste caso, a solução é bem mais trabalhosa, exigindo um maior número de supressores e filtros mais elaborados.

Em equipamentos móveis, então, a coisa se complica. O sistema elétrico dos automóveis é um circuito altamente sujeito a transientes, devido à necessidade de comutação de cargas indutivas a todo momento, tais como: motores de arranque, solenóides, limpadores de pára-brisas, buzinas e, naturalmente, o sistema de ignição.

É comum se observar na linha de 12 V, pulsos com amplitude de até 200 V.

A esta altura, você poderá estar perguntando: – Como é que os rádios, amplificadores e transceptores suportam tudo isto?

A resposta é que, felizmente, os acumuladores são excelentes supressores, devido principalmente à resistência interna muito baixa. Logo, é fácil perceber que as piores condições serão aquelas em que os cabos de ligação aos bornes da bateria estejam frouxos ou oxidados, provocando contatos deficientes.

Para evitar maiores danos, costuma-se operar equipamentos mais sofisticados a partir de um acumulador isolado do resto do circuito.

(*) Dynatron – Equipamentos Eletromecânicos Ltda.

Quando isto não é possível, recomenda-se não girar o motor de arranque com o equipamento ligado, e usar condutores separados para ligar o equipamento diretamente aos terminais da bateria, por meio de parafusos atarrachados aos bornes, independentes da fiação original do veículo.

Nem mesmo os aparelhos alimentados a pilhas estão livres: lembre-se de que as descargas atmosféricas podem ocorrer a qualquer momento, inutilizando o equipamento via antena; porém estes casos fogem um pouco ao nosso artigo, mas voltaremos a ele mais tarde.

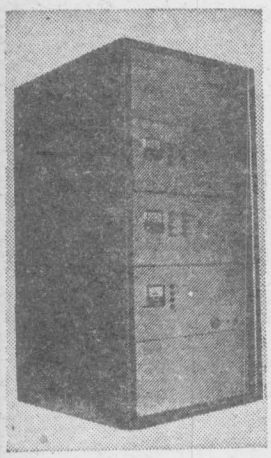
POR QUE OCORREM

As causas de ocorrência dos transientes, são diversas, e foram objeto de pesquisa por parte de vários fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos. Os resultados indicaram que as principais causas são:

a) *Comutação de cargas indutivas* — Quando a corrente aplicada em um indutor é interrompida, a colapso do fluxo magnético induz no enrolamento uma força eletromotriz induzida, que dependendo das características do indutor, pode atingir a várias centenas de volts, ou mais.

Este princípio é justamente o utilizado para a construção das bobinas de ignição dos automóveis, que, como sabemos, produz cerca de 30.000 V no seu secundário.

Motores elétricos, transformadores, contatores, máquinas de solda e similares, são ótimos geradores de transientes.



Equipamentos retransmissores de TV, Antenas Log Color 2 a 6 e 7 a 13, Antenas Yagi todas as freqüências, Booster, Filtros, etc.

Equipamentos aprovados pela Portaria 15.196, Código 75/0107-H, do DENTEL.

Instalações de torres repetidoras de TV.

Estudo de viabilidade para implantação de sistemas de repetidores e retransmissores de sinais de TV em UHF e VHF.

Atendemos solicitações para todos os Estados do Brasil.

telegal

Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

FÁBRICA: Rua Luiza Vale, 176 — Loja D — Tel.: 281-5355
Rio de Janeiro, RJ

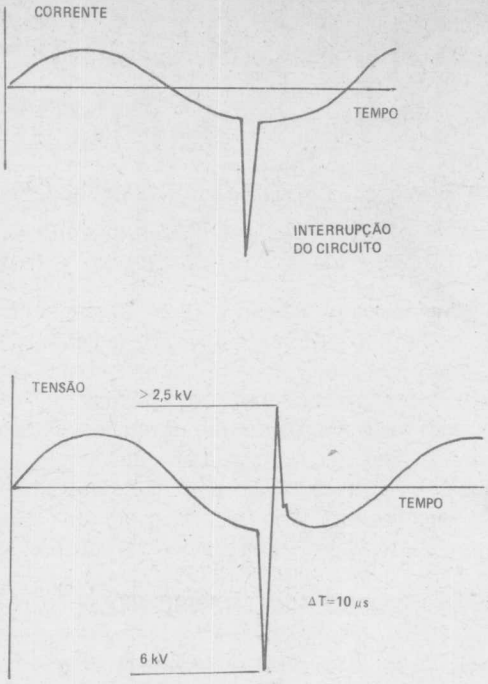


Fig. 2 — A ruptura de um fusível devida a um curto-circuito onde haja um circuito indutivo, induz transientes cuja a tensão pode atingir a milhares de volts.

No caso específico dos transformadores, é possível a ocorrência de transientes no secundário, devido ao acoplamento indutivo entre os enrolamentos, cujo valor depende apenas desta capacitância, e independe da relação entre espiras. Por este motivo, existem transformadores de isolamento especiais, com blindagens eletrostáticas e baixíssima capacitância entre enrolamentos, aplicáveis em casos críticos de transientes na rede de C.A.

b) *Descargas atmosféricas* — Estas descargas induzem pulsos de alta tensão nas linhas de transmissão de C.A. podendo acarretar avarias em dispositivos instalados a mais de 20 km do local de queda do raio.

Mesmo que o raio não atinja diretamente a fiação, o campo magnético intenso em movimento, induz tensões elevadas.

Felizmente os sistemas de proteção das Empresas Concessionárias limitam estes pulsos a cerca de 6000 V, e mesmo que estes não existissem, a fiação interna domiciliar limitaria a amplitude dos transientes a um valor muito próximo a estes 6.000 V.

Caso não haja um sistema de proteção eficiente, o mais seguro é desligar o equipamento da rede durante tempestades.

c) *Curtos-circuitos* — Quando um fusível se rompe devido a um curto-circuito, é lógico que a corrente atingiu valores muito elevados. Se neste momento um fusível se rompe, é induzida nos enrolamentos uma tensão bastante elevada, do tipo mostrado na Fig. 2.

Na segunda parte deste artigo trataremos dos testes com transientes e dos métodos de proteção. ☐ OR 2275 (Conclui no próximo número)

CONHEÇA OS TRANSIENTES - E PROTEJA-SE CONTRA ELES!

Jaime G. de Moraes F.º
(Dynatron – Equipamentos Eletromecânicos Ltda.)

PARTE 2 – Conclusão (*) – Os efeitos danosos dos transientes, descritos na primeira parte deste artigo, podem ser evitados pelo uso de supressores apropriados. O Autor analisa os vários tipos de supressores e suas características básicas de proteção.

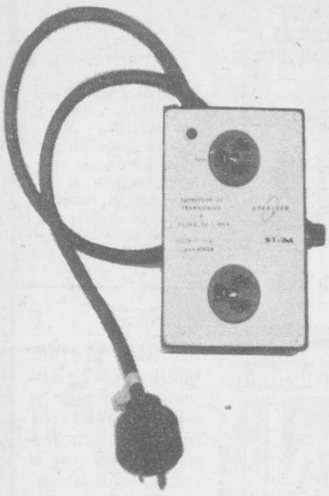


FOTO I – Um dos tipos de supressores de transientes produzidos pela "Dynatron". Na foto, o modelo ST2-A, com capacidade de 10 amperes e dotado de filtro contra a radiointerferência.

Vimos no artigo anterior as principais causas dos transientes. Para testar os diversos tipos de supressores, precisamos de um gerador de transientes. O problema está em que a forma de onda varia muito de tipo para tipo, e seria impossível reproduzir fielmente um fenômeno que afinal de contas é aleatório. Pensando nisto, o IEEE Relaying Comitee, dos Estados Unidos, padronizou duas formas de onda, e utilizou estes padrões para realizar os testes. Estas formas de onta simulam de modo bem aproximado os transientes mais comuns nas redes de alimentação de C.A.

O primeiro padrão é um pulso triangular, com um pico de 5kV, ascenção na razão de 1.000 V por microssegundo e decréscimo de 100 V por microssegundo. A duração total é de 55 microssegundos. A impedância da fonte é de 100 ohms. (Fig. 1).

O segundo é uma onda senoidal amortecida, com amplitude inicial de 2,5kV, e que decai para a metade do valor inicial a cada 10 microssegundos. A impedância da fonte neste caso é de 150 ohms (Fig. 2).

A impedância destes geradores é bastante elevada, se comparada com a impedância normal da rede de distribuição de corrente alternada, porém precisamos lembrar que a freqüência destes transientes é muito elevada, da ordem de MHz, o que justifica os valores de impedância dos geradores.

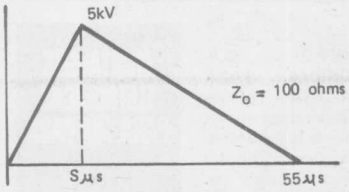


Fig. 1 – Uma das formas de onda padronizadas para realização de testes de supressores de transientes.

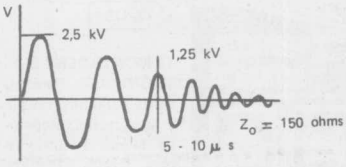


Fig. 2 – Esta senoidal amortecida, com amplitude inicial de 2.500 volts, é outra forma de onda para testes de supressores.

Para efetuar testes em laboratórios, os geradores e supressores são ligados de acordo com o circuito da Fig. 3.

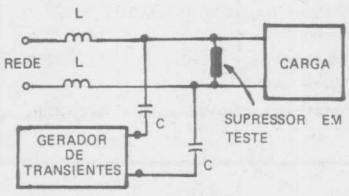


Fig. 3 – Ligação dos elementos utilizados nos testes de supressores de transientes.

Os indutores L evitam que os transientes se propaguem pela rede de C.A., limitando-os ao equipamento em teste. Os capacitores C desacoplam o gerador da rede. Com esta montagem, os diversos tipos de supressores podem ser então testados. Evidentemente, o ideal seria aquele em que a tensão aplicada permanecesse constante, independentemente da corrente, ao contrário de um simples resistor, em que as duas grandezas variam proporcionalmente. As curvas dos principais tipos de supressores são mostradas na Fig. 4.

SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Existem dois tipos fundamentais de supressores de transientes: Os sistemas de Tensão Constante e os sistemas "Crowbar".

Neste último, um dispositivo eletrônico detecta o pulso de sobretensão e aciona um componente que curto-circuita a alimentação. Nestas condições, um fusível colocado em série com o circuito rompe-se e interrompe a alimentação.

Um bom exemplo deste sistema, é o esquematizado na Fig. 5. Nele, quando em funcionamento normal, o resistor R mantém o RCS em corte, e sua função não é percebida. Quando a tensão entre os terminais do diodo zener ultrapassar 12 V, a porta do RCS receberá uma tensão positiva e o dispositivo conduzirá, curto-circuitando os terminais da fonte, o que acarreta o rompimento do fusível. A desvantagem deste sistema está em que a cada sobrecarga deveremos substituir o fusível, além do que o tempo de resposta não é muito rápido, sendo determinado pelas características do tiristor.

Os dispositivos de tensão constante apresentam uma condução

(*) Parte I – AN-EP, Vol. 91, n.º3, pag. 217.

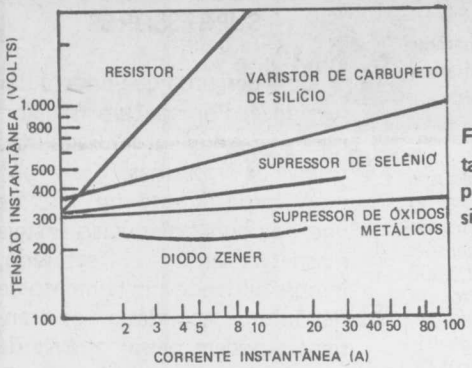


Fig. 4 – Curvas de comportamento dos principais tipos de supressores de transientes.

praticamente desprezível, desde que a diferença de potencial aplicada aos seus terminais seja inferior àquela especificada. Ultrapassado este valor, o dispositivo se comporta como um curto-circuito, limitando a tensão a este valor. O processo é reversível. e uma vez cessado o surto de tensão o componente retorna à condição inicial.

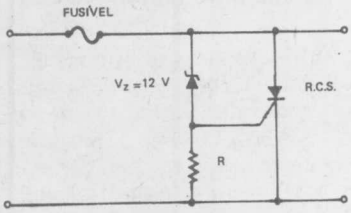


Fig. 5 – Circuito básico do protetor "Crowbar" (alavanca). Para mais informações, ver artigo publicado à pág. 286 de *Antenna* de outubro de 1981 (Vol. 86, nº 4).

Passamos a relacionar os principais dispositivos de tensão constante, dos quais o mais comum é o diodo zener, com o qual todos nós estamos bem familiarizados. Na Tabela I estão relacionadas as características básicas dos diversos elementos utilizados nos sistemas de proteção de tensão constante, de modo a facilitar aos leitores a avaliação das condições de atuação de cada um deles.

Os principais dispositivos de tensão constante são:

1 – Circuitos RC

O processo mais simples para suprimir os transientes é a rede RC, com a qual estamos bastante acostumados, em paralelo com chaves de toca-discos e em circuitos de controle de potência com RCS e Triacs.

A eficiência de uma rede RC dependerá de uma criteriosa escolha dos valores dos componentes. Devemos ressaltar que este processo NÃO protege o equipamento contra sobretensões, mas apenas contra rápidas mudanças de tensão. Para se avaliar a eficiência deste circuito, apresentamos gráfico de Capacitância x Tensão de pico, para diversos valores de R (ver Fig. 6).

2 – Diodos Zener

Projetados inicialmente como estabilizadores de tensão por dissipação de energia, os diodos zener são bastante utilizados como supressores de transientes. No entanto, devido à pouca capacidade de dissipar energia, sua aplicação é limitada a determinados circuitos em equipamentos móveis. A capacidade de absorção de energia é da ordem de 0,05 joules.

3 – Centelhadores em atmosfera de Gases Nobres

O princípio básico destes supressores é a ignição de um arco dentro de uma câmara contendo um Gás Nobre. O melhor exemplo é, sem dúvida, a conhecida lâmpada néon. Tipos comerciais são produzidos especificamente para supressão de transientes. A resistência interna é da ordem de

ELEMENTO	DIODOS ZENER	CENTELHADORES EM ATMOSFERA DE GASES NOBRES	VARISTORES DE OXIDOS METÁLICOS
Símbolo			
Tensão de proteção	3 a 200 V	65 a 12.000 V	20 a 2.000 V
Corrente de surto	até 0,2 kA	até 60 kA	até 25 kA
Capacidade de absorção	até 0,05 J	até 60 J	até 1.800 J
Tempo de resposta	25 ns	variável	25 ns
Capacitância	8 a 15.000 pF	1 a 7 pF	40 a 15.000 pF
Corrente de fuga	10 μA	< 15 nA	0,2 mA

TABELA I – Características básicas dos principais elementos utilizados nos sistemas de proteção contra transientes.

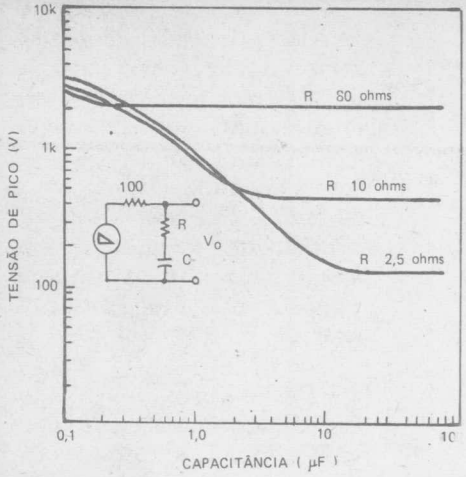


Fig. 6 – Gráfico de parâmetros de circuitos RC para supressão de transientes.

N.R.1 –Passaram recentemente a ser produzidos no Brasil, pela Icotron, em cinco versões, para tensões de trabalho de 50 a 1.000 volts. Têm o aspecto externo de um capacitor cerâmico de disco e os diâmetros são de 5, 7, 10, 14 e 20 milímetros.

10 gigaohms para tensões abaixo daquela para o qual foi projetado, caindo para menos de 0,1 microohm. quando este valor é ultrapassado.

Para surtos prolongados, o dispositivo tem atuação limitada, devido, também, à pouca capacidade de dissipação.

4 – Varistores de Óxidos Metálicos

São resistores do tipo VDR, desenvolvidos especificamente para supressão de transientes. Combinam as vantagens dos diodos zener com as dos varistores de carbureto de silício, amplamente utilizados em televisores.

De um modo geral, podem ser definidos como um dispositivo bipolar simétrico, que apresenta uma resistência muito elevada para valores de tensão inferiores à tensão normal de trabalho mas que tende a zero logo que a tensão aplicada ultrapasse o valor nominal. Assim se um varistor de óxidos metálicos for colocado em paralelo com a alimentação de um circuito, atuará como se fosse um circuito aberto não interferindo com a operação normal do equipamento. Quando surgir uma condição de sobretensão, a resistência interna diminui rapidamente, desviando o pulso de tensão. O tempo de transição é muito baixo, da ordem de 5 nanossegundos (ver Fig. 7).

Estes varistores são conhecicos comercialmente por:

MOV (General Electric)
SIOV (Siemens) – (N.R.1)
Z MOV (Internacional Rectifier).

Este tipo de supressor, é bastante utilizado em Supressores de Transientes de fabricação comercial e em equipamentos industriais, para proteção de contatos de relés e de chaves.

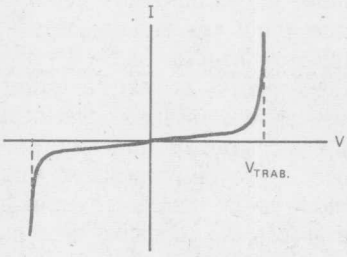


Fig. 7 – Este gráfico demonstra o desempenho de um varistor de óxido metálico: ao ser atingida sua tensão de trabalho, sua resistência tende a zero, virtualmente curto circuitando a tensão do transiente, fazendo atuar o dispositivo de proteção.

Para se avaliar a atuação de um varistor de óxido metálico, apresentamos dois oscilogramas: antes e depois de inserido um MOV em paralelo com os terminais da bobina de um relé para 125 V. (Fig. 8).

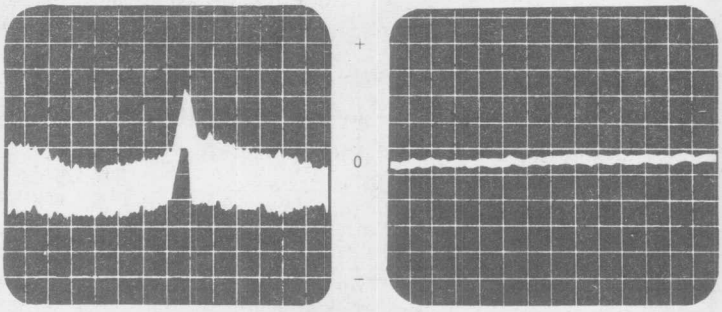


Fig. 8 – Oscilogramas da tensão presente na bobina de um relé de 125 V; à esquerda, antes; à direita, depois de instalado em paralelo coma bobina um varistor de óxido metálico. Cada cm no eixo vertical corresponde a 1 kV; no horizontal, a 500 microssegundos.

TIPOS ESPECIAIS DE SUPRESSORES

Uma pergunta que poderá ter surgido é: Por que um transformador de núcleo saturado não resolve os problemas?

A resposta está no fato de que, embora o núcleo esteja magneticamente saturado, impossibilitando um aumento de tensão no secundário, os transientes podem passar através da capacitância que existe entre os dois enrolamentos. Desta forma, é necessário que, além de um transformador deste tipo, sejam utilizados outros tipos de supressores.

Em modelos comerciais de supressores, é comum o emprego de vários tipos de supressores, mais como: centelhadores, varistores de óxidos metálicos e redes RC. Além disto, é normal associar-se um filtro tipo LC para eliminação de ruídos de radiofreqüência.

N.R.1. – Passaram recentemente a ser produzidos no Brasil pela Icotron, em cinco versões, para tensões de trabalho de 50 a 1.000 volts. Têm o aspecto externo de um capacitor cerâmico de disco e os diâmetros dos 5 tipos mencionados são de 5, 7, 10, 14 e 20 milímetros.

O custo adicional de um supressor deste tipo será rapidamente amortizado, devido a um menor número de reparos no equipamento, em caso de surtos de tensão na rede elétrica.

São produzidos também supressores especiais para equipamentos móveis de comunicação e para redes Telex. □(OR-2275B)

(Desenhos: Miecio R. Araujo, PY1XR)