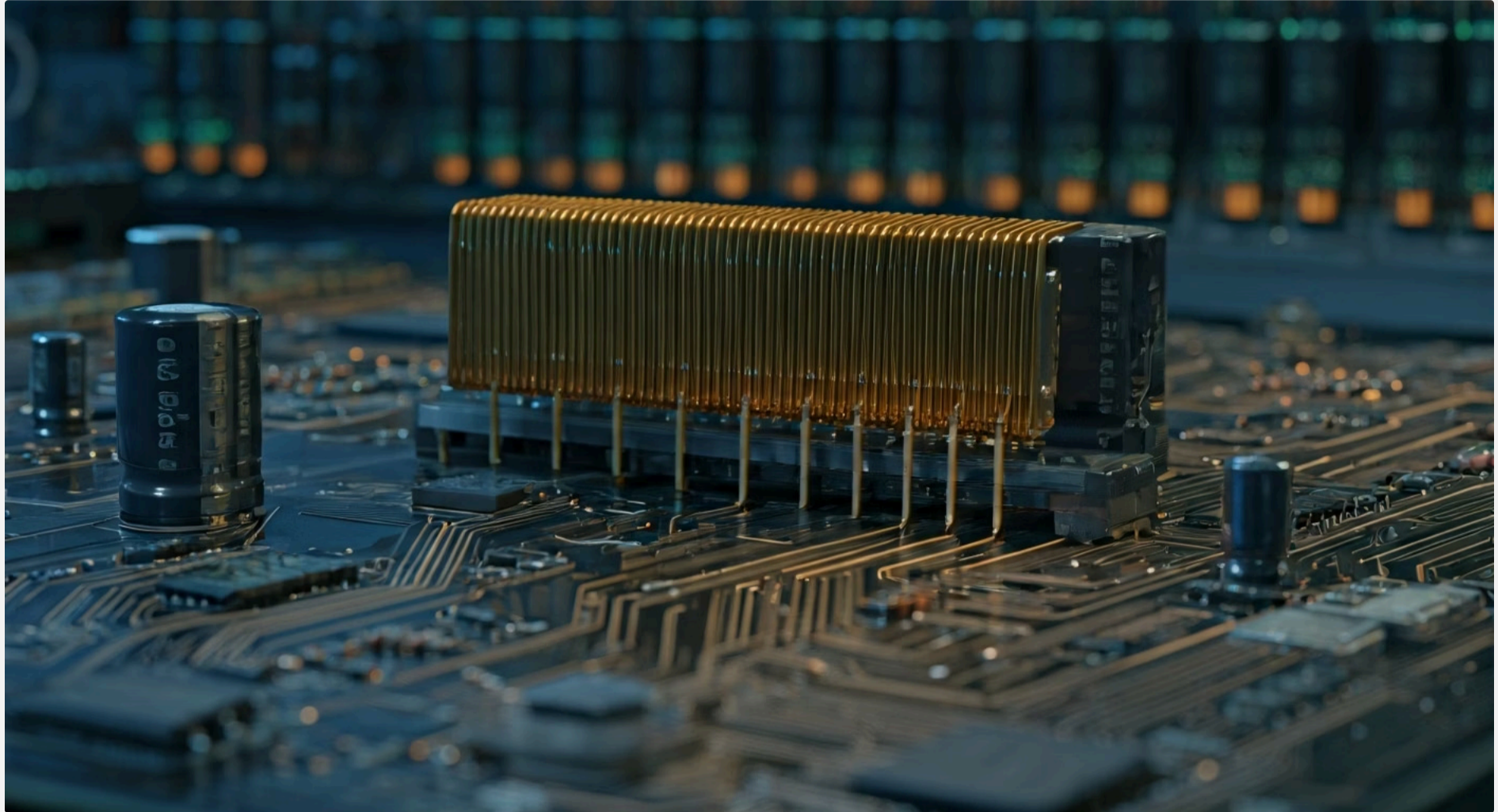


Aula 2 – Semicondutores de Potência: Diodos e Tiristores



Bem-vindos à segunda etapa da nossa jornada pelo fascinante mundo da Eletrônica de Potência! Na aula anterior, exploramos os fundamentos que regem a conversão e o controle de energia elétrica. Agora, vamos mergulhar nos componentes que tornam tudo isso possível: os semicondutores de potência. Imagine o coração de um sistema eletrônico que precisa lidar com grandes volumes de energia – ele precisa de dispositivos robustos, eficientes e confiáveis.

Por que nos aprofundar nos diodos e tiristores? Porque eles são os alicerces de qualquer conversor de potência, desde um simples carregador de celular até os complexos sistemas de propulsão de veículos elétricos. Compreender como esses componentes funcionam, suas limitações e suas capacidades é o primeiro passo para projetar e analisar circuitos que realmente fazem a diferença no mundo real. Sem eles, a eletrificação que vemos hoje, seja em transportes ou na indústria, seria inviável.

Ao final desta aula, você será capaz de identificar os diferentes tipos de diodos e tiristores de potência, compreender suas características estáticas e dinâmicas, e analisar seus princípios de funcionamento e métodos de disparo. Além disso, você aprenderá sobre as redes de proteção essenciais para garantir a longevidade e a segurança desses dispositivos. Prepare-se para desvendar os segredos por trás desses "guardiões" da energia, que controlam o fluxo elétrico com precisão e robustez.

Nesta aula, exploraremos os diodos de potência, suas nuances de recuperação reversa, e então avançaremos para os tiristores, incluindo SCRs, TRIACs e DIACs, desvendando suas curvas e métodos de controle. Por fim, abordaremos os circuitos de proteção, como as redes snubber, que são cruciais para a confiabilidade dos sistemas.

Diodos de Potência: Os Guardiões Unidirecionais da Energia

No universo da eletrônica, o diodo é frequentemente comparado a uma válvula de retenção, permitindo que a corrente elétrica flua em apenas uma direção. No entanto, quando falamos de "diodos de potência", essa analogia ganha uma dimensão muito maior. Não estamos mais lidando com pequenos sinais, mas sim com correntes e tensões que podem aquecer, mover e até mesmo danificar equipamentos se não forem controladas adequadamente. Esses diodos são os verdadeiros guardiões que asseguram que a energia siga seu caminho planejado, sem retornos indesejados.

Imagine um sistema de bombeamento de água onde a água só pode fluir em uma direção para evitar o refluxo e proteger a bomba. O diodo de potência atua de forma similar em um circuito elétrico. Ele é projetado para suportar altas tensões e correntes, dissipar calor de forma eficiente e operar em ambientes exigentes. Suas características estáticas, ou seja, como ele se comporta em regime permanente, são cruciais para definir sua capacidade de condução e bloqueio.

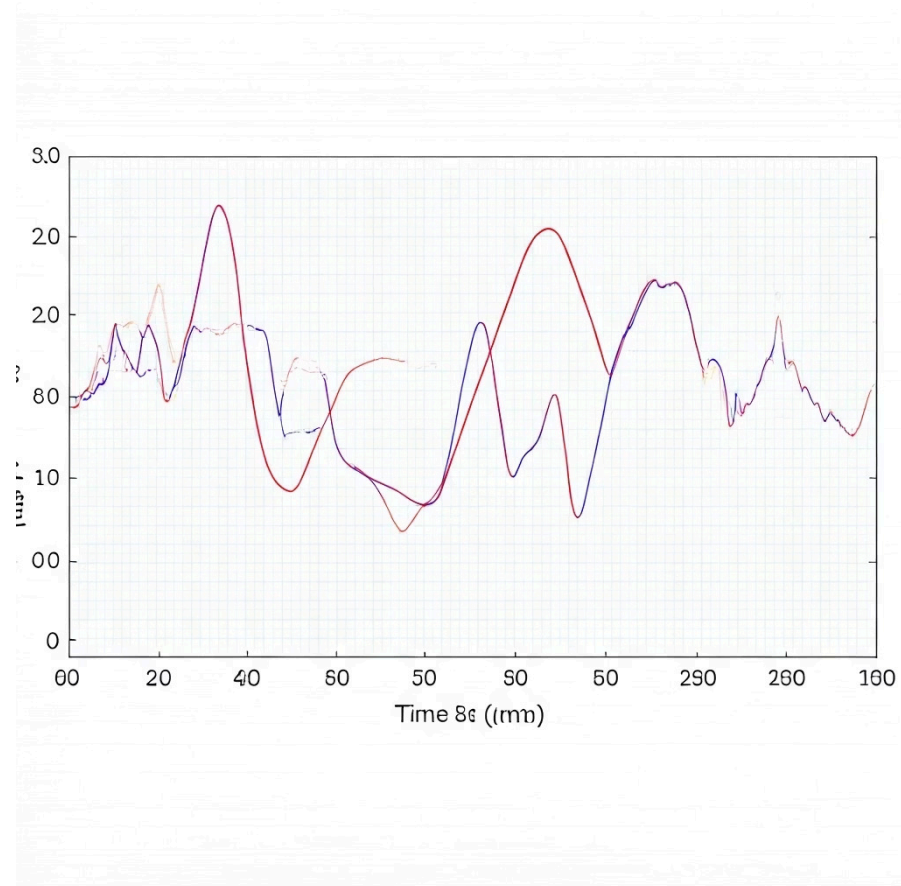
- ❏ **Ponto-chave:** Quando analisamos um diodo de potência, observamos sua curva característica V-I. No sentido direto, após uma pequena tensão de polarização (tensão de joelho), ele permite a passagem de corrente com uma queda de tensão relativamente baixa. No sentido inverso, ele bloqueia a corrente até atingir sua tensão de ruptura reversa, um ponto onde ele pode ser danificado permanentemente se essa tensão for excedida.



As Nuances Dinâmicas dos Diodos: Velocidade e Recuperação Reversa

Enquanto as características estáticas nos dão uma boa ideia do comportamento do diodo em regime permanente, o mundo da eletrônica de potência é dinâmico, com comutações rápidas e frequentes. É aqui que as características dinâmicas dos diodos de potência se tornam críticas. Pense em um carro de corrida: não basta ele ser potente em linha reta (estática); ele precisa ser ágil nas curvas e ter freios eficientes (dinâmica). Da mesma forma, um diodo precisa ser rápido para ligar e, principalmente, para desligar.

O tempo de recuperação reversa (t_{rr}) é uma das características dinâmicas mais importantes. Quando um diodo que estava conduzindo no sentido direto é subitamente polarizado no sentido inverso, ele não bloqueia a corrente instantaneamente. Por um breve período, uma corrente reversa significativa flui através dele, pois ainda há portadores de carga minoritários armazenados na junção PN. Essa corrente reversa precisa ser "limpa" antes que o diodo possa efetivamente bloquear a tensão inversa.



Perdas de Energia

A corrente reversa de recuperação causa perdas significativas em circuitos de alta frequência

Ruído Eletromagnético

Gera EMI que pode interferir em outros componentes do sistema

Danos aos Componentes

Pode danificar outros elementos do circuito se não for controlada adequadamente

Esse fenômeno pode ser problemático em circuitos de alta frequência, pois a corrente reversa de recuperação pode causar perdas de energia, gerar ruído eletromagnético (EMI) e até mesmo danificar outros componentes. Diodos de recuperação rápida são projetados para minimizar esse tempo e a magnitude da corrente reversa, sendo essenciais em aplicações como conversores DC-DC de alta frequência e inversores. A escolha do diodo certo, considerando seu t_{rr} , é vital para a eficiência e a confiabilidade do sistema.

Diodos de Potência na Prática e a Revolução dos Semicondutores de Banda Larga

Os diodos de potência são onipresentes em sistemas de conversão de energia. Eles são a espinha dorsal de retificadores em fontes de alimentação, garantindo que a corrente alternada seja convertida em corrente contínua. Em inversores, atuam como diodos de roda livre, protegendo os transistores de picos de tensão indutivos e permitindo o fluxo de corrente em momentos específicos do ciclo de comutação. Sua simplicidade e robustez os tornam indispensáveis.

No entanto, as demandas por maior eficiência, menor tamanho e operação em frequências mais elevadas têm levado à busca por materiais semicondutores além do silício tradicional. É aqui que entram os **Semicondutores de Banda Larga (Wide-Bandgap - WBG)**, como o Carboneto de Silício (SiC) e o Nitreto de Gálio (GaN). Pense neles como a nova geração de atletas de alta performance, capazes de superar os limites dos seus antecessores.

Diodos de SiC e GaN oferecem vantagens significativas: menor tempo de recuperação reversa (em alguns casos, quase nulo para diodos Schottky de SiC), maior tensão de ruptura, capacidade de operar em temperaturas mais elevadas e perdas de condução e comutação reduzidas. Essas características os tornam ideais para aplicações críticas em veículos elétricos (EVs), como carregadores de bordo e inversores de tração, onde a eficiência e a densidade de potência são primordiais. Eles permitem que os sistemas sejam menores, mais leves e mais eficientes, impulsionando a eletrificação e a mobilidade.

Característica	Diodo de Silício (Si)	Diodo de Carboneto de Silício (SiC)	Diodo de Nitreto de Gálio (GaN)
Tensão de Ruptura	Média	Alta	Muito Alta
Tempo de Recuperação	Significativo	Muito baixo (quase nulo em Schottky)	Muito baixo
Perdas de Comutação	Maiores	Menores	Menores
Temperatura de Operação	Moderada	Alta	Muito Alta
Aplicações Típicas	Fontes de uso geral	EVs, Fontes de alta potência	RF, Fontes de alta frequência

Tiristores (SCR): O Interruptor Controlado que Trava

Após explorarmos os diodos, que são como válvulas unidirecionais passivas, vamos agora para um componente mais ativo e controlável: o tiristor, mais especificamente o Retificador Controlado de Silício (SCR - Silicon Controlled Rectifier). Imagine um portão de segurança que, uma vez aberto com uma chave, permanece aberto mesmo que a chave seja removida, e só fecha quando a energia que o mantém aberto é completamente cortada. Essa é a essência do SCR.

01

Estrutura PNP

Dispositivo semicondutor de quatro camadas com três terminais: anodo, catodo e gate

02

Necessita Gatilho

Não conduz automaticamente quando polarizado diretamente - precisa de pulso no gate

03

Comportamento de Travamento

Uma vez disparado, permanece conduzindo mesmo sem sinal no gate

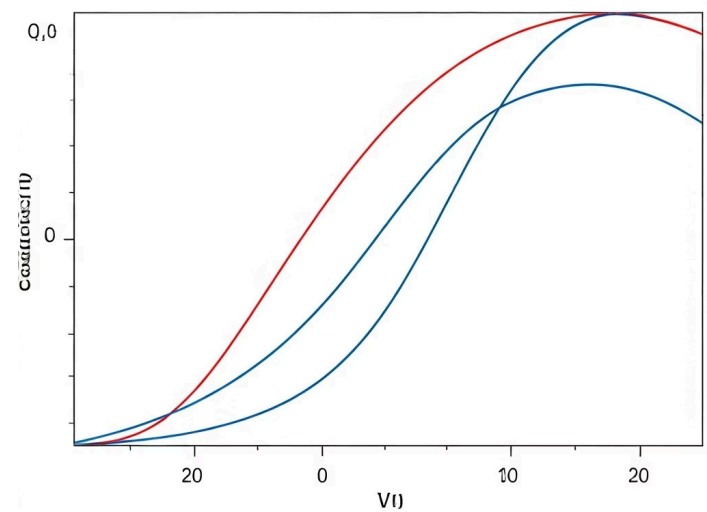
Esse comportamento de "latching" (travamento) é a característica distintiva do SCR. Ele atua como um interruptor que pode ser ligado por um breve pulso e permanece ligado até que a corrente através dele caia abaixo da corrente de manutenção, ou até que a tensão anodo-catodo seja invertida. Essa capacidade de controle de ligar, mas não de desligar por meio do gate, o torna ideal para aplicações onde se deseja controlar o ponto de início da condução em ciclos de corrente alternada, como em retificadores controlados e reguladores de tensão.

Curvas Características e Métodos de Disparo do SCR: Dominando o Controle

Para entender plenamente o SCR, precisamos analisar suas curvas características V-I, que revelam seu comportamento em diferentes condições de polarização e disparo. No sentido inverso, o SCR se comporta como um diodo, bloqueando a corrente até atingir a tensão de ruptura reversa. No sentido direto, a história é mais complexa. Inicialmente, ele bloqueia a tensão até que um pulso de corrente seja aplicado ao gate, ou até que a tensão anodo-catodo atinja um valor crítico (tensão de ruptura direta), o que geralmente é evitado para não danificar o dispositivo.

Uma vez disparado pelo gate, o SCR transita para o estado de condução, onde a queda de tensão direta é baixa e a corrente pode ser alta. A magnitude do pulso de gate necessário para disparar o SCR varia com a temperatura e a tensão anodo-catodo. Quanto maior a tensão anodo-catodo, menor a corrente de gate necessária para o disparo.

Importante: Dominar o disparo por gate é fundamental para o controle de potência em sistemas CA, permitindo que o SCR conduza apenas por uma porção do ciclo, controlando assim a potência média entregue à carga.



Métodos de Disparo do SCR



Disparo por Gate (I_g)

O método mais comum e controlado. Um pulso de corrente é aplicado ao gate, iniciando a condução. A temporização desse pulso é crucial para controlar a potência entregue à carga.



Disparo por dv/dt

Se a taxa de variação da tensão anodo-catodo for muito alta (dv/dt), o SCR pode disparar mesmo sem um pulso de gate. Geralmente é indesejado e requer circuitos de proteção (snubbers).



Disparo por Temperatura (T_j)

O aumento excessivo da temperatura da junção pode levar ao disparo espontâneo devido ao aumento de portadores de carga. Também é indesejado e indica superaquecimento.



Disparo por Luz

Alguns SCR's especiais (LASCRs) podem ser disparados por luz, úteis em aplicações de isolamento óptico.

Tiristores na Prática: Aplicações do SCR e a Necessidade de Desligamento

A capacidade de controle do SCR, especialmente seu comportamento de travamento, o torna extremamente útil em diversas aplicações de eletrônica de potência. Ele é amplamente empregado em retificadores controlados, onde a tensão de saída CC pode ser ajustada variando o ângulo de disparo do SCR. Isso é fundamental em fontes de alimentação de alta potência, controle de motores CC e sistemas de carregamento de baterias industriais.



Retificadores Controlados

Ajuste preciso da tensão de saída CC variando o ângulo de disparo para fontes de alta potência



Controle de Motores CC

Regulação de velocidade e torque em aplicações industriais de grande porte



Reguladores de Tensão CA

Controle de potência em dimmers industriais e sistemas de aquecimento



Sistemas de Proteção

Chaves de sobretensão que desviam correntes de falha para proteger equipamentos

Além disso, os SCRs são utilizados em reguladores de tensão CA, onde controlam a potência entregue a uma carga resistiva, como em dimmers industriais ou sistemas de aquecimento. Em sistemas de proteção, eles atuam como chaves de sobretensão, desviando correntes de falha para proteger equipamentos sensíveis. Sua robustez e capacidade de lidar com altas correntes os tornam ideais para essas funções.

Desafio do Desligamento: O gate não pode desligar o SCR. O desligamento natural ocorre em circuitos CA quando a corrente anódica passa por zero. Em circuitos CC, é necessário forçar a corrente a cair abaixo da corrente de manutenção ou inverter a polaridade da tensão anodo-catodo, o que geralmente requer circuitos de comutação forçada mais complexos. Essa limitação levou ao desenvolvimento de outros dispositivos, como os transistores de potência, que veremos na próxima aula, e outros tipos de tiristores que oferecem maior flexibilidade de controle.

TRIAC e DIAC: O Controle Bidirecional da Corrente Alternada

Até agora, lidamos com dispositivos que controlam a corrente em uma única direção (diodos e SCRs). Mas e se precisarmos controlar a potência em circuitos de corrente alternada (CA) de forma bidirecional, ou seja, em ambos os semiciclos positivo e negativo? É aqui que entram o **TRIAC** (Triode for Alternating Current) e o **DIAC** (Diode for Alternating Current), que são como os "irmãos" do SCR, mas com uma capacidade de controle simétrica.

O TRIAC pode ser pensado como dois SCRs conectados em antiparalelo, com um único terminal de gate compartilhado. Essa estrutura permite que ele conduza a corrente em ambas as direções quando disparado, tornando-o ideal para controle de potência CA. Imagine um interruptor que pode ser ligado para permitir o fluxo de energia em qualquer direção, dependendo da polaridade da fonte, e que pode ser disparado por um único comando.



TRIAC

Condução bidirecional
controlada por gate único

DIAC

Disparo automático ao atingir
tensão de ruptura

Combinação

Controle simétrico em ambos os
semiciclos CA

O DIAC, por sua vez, é um diodo bidirecional de disparo. Ele não possui terminal de gate e atua como um interruptor que permanece aberto até que a tensão através dele atinja um valor de ruptura específico, tanto no sentido positivo quanto no negativo. Uma vez atingida essa tensão, ele conduz abruptamente, fornecendo um pulso de corrente que é frequentemente usado para disparar um TRIAC. Pense no DIAC como um "disparador automático" que só age quando a tensão atinge um certo limiar.

Operação e Aplicações do TRIAC e DIAC em Controle de Potência CA

A combinação TRIAC-DIAC é um clássico no controle de potência CA, especialmente em aplicações de baixo e médio custo. A operação é relativamente simples: o DIAC, sem gate, é conectado em série com o gate do TRIAC. Quando a tensão da rede CA aumenta, o DIAC permanece em estado de bloqueio até que a tensão em seus terminais atinja seu valor de ruptura. Nesse ponto, o DIAC dispara, gerando um pulso de corrente que, por sua vez, dispara o TRIAC.

Como o DIAC dispara em ambas as polaridades, ele garante que o TRIAC seja disparado simetricamente nos semiciclos positivo e negativo da onda CA. Ao variar o ponto no tempo em que o DIAC dispara (geralmente através de um circuito RC que atrasa a tensão aplicada ao DIAC), podemos controlar o ângulo de condução do TRIAC. Quanto mais cedo o TRIAC dispara em cada semiciclo, maior a potência média entregue à carga.

Aplicações Comuns

 Dimmers para Iluminação Controlando o brilho de lâmpadas incandescentes ou resistivas com precisão	 Controle de Velocidade Motores universais em furadeiras, liquidificadores e outros eletrodomésticos	 Reguladores de Temperatura Aquecedores elétricos com controle preciso de potência térmica
---	--	--

Limitações: Embora os TRIACs sejam convenientes pela sua simplicidade e custo, eles podem apresentar algumas desvantagens em aplicações de alta potência ou indutivas, como o disparo falso e a dificuldade de desligamento em cargas indutivas, o que muitas vezes exige circuitos de proteção adicionais.

Dispositivo	Estrutura Principal	Controle de Disparo	Direção de Condução	Aplicações Típicas
SCR	PNPN	Gate (unidirecional)	Unidirecional	Retificadores controlados, Chaves de proteção
TRIAC	Dois SCRs antiparalelo	Gate (bidirecional)	Bidirecional	Dimmers, Controle de motores CA, Aquecedores
DIAC	Diodo bidirecional	Tensão de ruptura	Bidirecional	Disparo de TRIACs, Geradores de pulso

Circuitos de Proteção: A Necessidade de Escudos para Semicondutores

No campo de batalha da eletrônica de potência, onde altas tensões e correntes são a norma, os semicondutores estão constantemente sob ameaça. Picos de tensão, variações bruscas de corrente e ruídos podem facilmente danificar esses componentes sensíveis, levando à falha do sistema. É como enviar um soldado para a linha de frente sem armadura; ele não durará muito. Por isso, os circuitos de proteção são tão cruciais quanto os próprios dispositivos de potência. Eles são os escudos que garantem a longevidade e a confiabilidade dos nossos sistemas.

Limites de dv/dt

Taxa máxima de variação de tensão que o dispositivo pode suportar sem disparo falso

Limites de di/dt

Taxa máxima de variação de corrente para evitar concentração e pontos quentes

Redes Snubber

Circuitos que absorvem ou limitam picos durante transições de comutação

A necessidade de proteção surge das características intrínsecas dos semicondutores e da natureza dos circuitos de potência. Dispositivos como diodos e tiristores têm limites bem definidos para a taxa de variação de tensão (dv/dt) e a taxa de variação de corrente (di/dt) que podem suportar. Exceder esses limites pode levar ao disparo indesejado (no caso de tiristores) ou à destruição do componente.

Os circuitos de proteção, conhecidos como redes snubber, são projetados para mitigar esses estresses. Eles atuam absorvendo ou limitando os picos de tensão e corrente durante as transições de comutação. Sem eles, a vida útil dos componentes seria drasticamente reduzida, e a confiabilidade do sistema seria comprometida, resultando em falhas frequentes e manutenção dispendiosa. Entender e aplicar corretamente as redes snubber é um conhecimento fundamental para qualquer engenheiro de eletrônica de potência.

Redes Snubber para dv/dt: Protegendo Contra Picos de Tensão

Um dos maiores inimigos dos semicondutores de potência, especialmente dos tiristores, é a taxa de variação de tensão (dv/dt) excessiva. Como vimos, um dv/dt elevado pode causar o disparo falso de um SCR ou TRIAC, ou até mesmo danificar a junção de qualquer semicondutor. Imagine um carro que, ao passar por um buraco, sofre um impacto tão forte que a suspensão quebra. O snubber de dv/dt é como um sistema de suspensão robusto que amortece esses impactos de tensão.

- ❏ **Funcionamento:** Quando o dispositivo tenta bloquear uma tensão que sobe muito rapidamente, o capacitor do snubber atua como um "amortecedor", absorvendo a energia do pico de tensão e limitando a taxa de subida da tensão através do dispositivo.



Componentes da Rede Snubber RC



Capacitor (C)

Absorve a energia do pico de tensão, carregando-se lentamente e reduzindo o dv/dt sobre o semicondutor



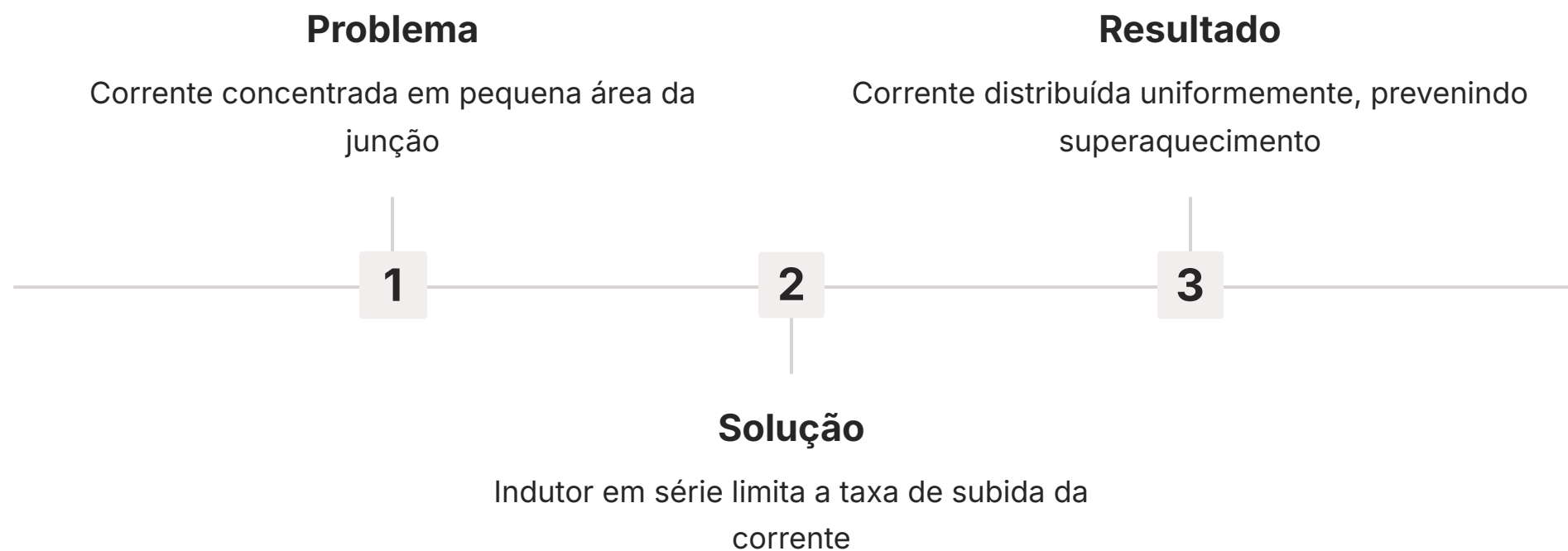
Resistor (R)

Limita a corrente de descarga do capacitor quando o dispositivo liga, evitando picos de corrente excessivos

A rede snubber mais comum para proteção contra dv/dt é composta por um resistor (R) e um capacitor (C) conectados em série e em paralelo com o dispositivo semicondutor. O capacitor carrega-se lentamente, reduzindo o dv/dt sobre o semicondutor. O resistor em série com o capacitor serve para limitar a corrente de descarga do capacitor quando o dispositivo liga, evitando um pico de corrente excessivo que poderia danificar o semicondutor ou o próprio snubber. O dimensionamento correto desses componentes é crucial e depende das características do dispositivo e da aplicação. Um snubber bem projetado garante que o dispositivo opere dentro de seus limites de dv/dt , prevenindo disparos indesejados e prolongando sua vida útil.

Redes Snubber para di/dt e Considerações Finais sobre Proteção

Assim como o dv/dt , a taxa de variação de corrente (di/dt) também pode ser prejudicial aos semicondutores de potência. Quando um dispositivo liga muito rapidamente, a corrente pode se concentrar em uma pequena área da junção, causando pontos quentes e danos localizados. Pense em um cano de água que, ao ser aberto subitamente, gera uma pressão tão grande que o cano se rompe. O snubber de di/dt atua para "suavizar" essa abertura, distribuindo a corrente de forma mais uniforme.



A rede snubber mais comum para proteção contra di/dt é um indutor (L) conectado em série com o dispositivo semicondutor. O indutor se opõe a mudanças bruscas de corrente, limitando a taxa de subida da corrente quando o dispositivo liga. Isso garante que a corrente se espalhe de forma mais homogênea pela área da junção do semicondutor, prevenindo danos por superaquecimento localizado.

Compromisso de Projeto

É importante notar que, embora os snubbers sejam essenciais, eles também introduzem perdas de energia no sistema, especialmente o resistor do snubber RC. Portanto, o projeto de um snubber é sempre um compromisso entre a proteção eficaz e a minimização das perdas.

Snubbers RCD

Em muitas aplicações, são utilizados snubbers RCD (Resistor-Capacitor-Diodo) para recuperar parte da energia armazenada no capacitor, melhorando a eficiência.

A escolha e o dimensionamento dos snubbers são um aspecto crítico do projeto de eletrônica de potência, exigindo um entendimento profundo das características dos dispositivos e das condições de operação do circuito.

Consolidação: Os Pilares do Controle de Potência

Chegamos ao fim de nossa exploração sobre diodos e tiristores de potência, os verdadeiros pilares de muitos sistemas eletrônicos modernos. Vimos que os diodos atuam como válvulas unidirecionais, essenciais para retificação e proteção, e que suas características dinâmicas, como o tempo de recuperação reversa, são cruciais para a eficiência em alta frequência. A ascensão dos semicondutores de banda larga (SiC e GaN) promete revolucionar ainda mais o desempenho desses dispositivos, impulsionando a eletrificação e a mobilidade.

Em seguida, desvendamos os tiristores, começando pelo SCR, um interruptor controlado que, uma vez disparado, permanece conduzindo até que a corrente caia a zero. Compreendemos suas curvas características e os diversos métodos de disparo. Por fim, exploramos o TRIAC e o DIAC, a dupla dinâmica para controle bidirecional de potência CA, amplamente utilizada em dimmers e reguladores. E para garantir a longevidade e a segurança desses componentes, mergulhamos nos circuitos de proteção, as redes snubber, que mitigam os estresses de dv/dt e di/dt .

Em prática: A escolha do semicondutor certo e a implementação de proteção adequada são decisões de projeto que impactam diretamente a eficiência, o custo e a confiabilidade de qualquer sistema de potência. Desde um carregador de celular até um inversor de veículo elétrico, a compreensão desses fundamentos é a chave para o sucesso.

Autoavaliação

- Qual das seguintes características é a principal vantagem dos diodos de Carboneto de Silício (SiC) em comparação com os diodos de silício tradicionais para aplicações de alta frequência?
 - Maior corrente de fuga reversa.
 - Menor tensão de ruptura.
 - Tempo de recuperação reversa significativamente reduzido.
 - Maior custo de fabricação.
- Um SCR (Retificador Controlado de Silício) é um dispositivo que:
 - Conduz corrente em ambas as direções após ser disparado pelo gate.
 - Bloqueia a corrente em ambas as direções até ser disparado.
 - Conduz corrente em uma direção após ser disparado pelo gate e permanece conduzindo até a corrente cair abaixo da corrente de manutenção.
 - Conduz corrente automaticamente quando polarizado diretamente, sem necessidade de gate.
- A principal função de uma rede snubber RC (Resistor-Capacitor) conectada em paralelo com um tiristor é:
 - Aumentar a corrente de gate para garantir o disparo.
 - Proteger o tiristor contra taxas de variação de corrente (di/dt) excessivas.
 - Limitar a taxa de variação de tensão (dv/dt) através do tiristor, prevenindo disparos falsos.
 - Fornecer um caminho para a corrente de roda livre.
- O DIAC é frequentemente utilizado em conjunto com o TRIAC porque:
 - Ele fornece um pulso de corrente de gate unidirecional para o TRIAC.
 - Ele atua como um sensor de temperatura para o TRIAC.
 - Ele gera pulsos de disparo simétricos em ambos os semiciclos da CA para o TRIAC.
 - Ele aumenta a capacidade de corrente do TRIAC.
- Explique a importância do tempo de recuperação reversa (t_{rr}) em diodos de potência e como os semicondutores de banda larga (SiC/GaN) abordam essa questão.

1

Gabarito

c) Tempo de recuperação reversa significativamente reduzido

2

Gabarito

c) Conduz em uma direção após disparo e permanece até corrente cair

3

Gabarito

c) Limitar dv/dt prevenindo disparos falsos

4

Gabarito

c) Gera pulsos simétricos em ambos semiciclos

Próxima Aula

Na Aula 3, aprofundaremos nosso conhecimento sobre os **Transistores de Potência**, explorando os BJTs, MOSFETs e IGBTs, e como eles oferecem um controle ainda mais preciso e flexível sobre a energia.

Recursos Adicionais

- Livro "Eletrônica de Potência: Circuitos, Dispositivos e Aplicações" (Muhammad H. Rashid):** Para aprofundamento teórico e exemplos práticos.
- Artigos técnicos sobre SiC e GaN (IEEE Xplore):** Para se manter atualizado sobre as últimas tendências e pesquisas.
- Simuladores de circuito (LTSpice, PSpice):** Para experimentar e visualizar o comportamento dos dispositivos e circuitos de proteção.

NOTA IMPORTANTE: As informações regulatórias/legais/técnicas desta aula estão atualizadas até 2025. Consulte sempre fontes oficiais para verificar alterações.