

CONFECÇÃO DE PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO PARA CHAVE ESTÁTICA

CARLOS VINICIUS COELHO SIMÕES¹; CÉSAR AUGUSTO GATTELLI LIMA²;
 TIAGO GIACOMELLI ALVES³; GUIHERME PEREIRA PAIM⁴; MARCELO
 ESPOSITO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – coelhozup@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – cesargattelli@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – tgiacomelli.cee@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – guilhermepaim.liberato@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – marcelo.esposito@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Um dispositivo que pode ser empregado no acionamento de cargas de potência elétrica elevada é o relé eletromecânico. Este dispositivo é composto fundamentalmente por peças mecânicas, contatos elétricos e um solenoide. Por proporcionar uma instalação simplificada e pela possibilidade de comando à distância, este tipo de equipamento continua sendo amplamente utilizado, principalmente em aplicações convencionais, como no acionamento de motores elétricos e de circuitos de iluminação. Sua operação tem como características: o aquecimento, possibilidade de faiscamento ao desligar alguns tipos de cargas, esforço mecânico, desgastes e baixa vida útil. A vida útil é inversamente proporcional ao número de chaveamentos realizados, portanto não é um dispositivo que pode ser utilizado em chaveamentos contínuos. Motivos como estes tornam sua utilização inapropriada em ambientes inflamáveis ou que apresentem dificuldades para a realização de manutenção.

O relé de estado sólido ou SSR (*solid-state relay*) não possui partes móveis. É composto por componentes eletrônicos, dissipadores de calor e conectores. A estrutura padrão possui dois SCR (*silicon-controlled rectifier*) em antiparalelo ou um TRIAC (*triode for alternating current*) (UDESC, 2008). Por não possuir partes mecânicas apresenta diversas vantagens em relação aos relés eletromecânicos. Podem ser citadas: alta velocidade de chaveamento, não apresentam defeitos por desgaste mecânico, possuem isolamento ótico ou magnético entre os circuitos de comando e potência e não produzem faiscamentos no desligamento de cargas de potência elevada (UDESC, 2008). Estes relés são encontrados no mercado nas configurações: modulação por ângulo de fase e modulação por tempo integral (trem de pulsos), que diferem apenas no tipo de funcionamento.

Na configuração modulação por ângulo de fase o acionamento dos tiristores deve ocorrer a cada semiciclo da rede elétrica. O comportamento senoidal da rede elétrica de corrente alternada (ca) permite a divisão de um ciclo completo desta, em dois semiciclos, de cento e oitenta graus elétricos cada. A modulação ocorre ao acionar o tiristor no ângulo correspondente ao percentual de potência desejado (entre 0° e 180°). O desligamento do tiristor ocorre na passagem por zero (início do novo semiciclo) quando a carga é puramente resistiva ou mediante a anulação da corrente quando utilizado com carga indutiva. Esta configuração traz como vantagem o controle mais preciso da potência entregue à carga, principalmente quando utilizada com cargas não lineares ou indutivas (NOVUS, 2011). A desvantagem da modulação por ângulo de fase está relacionada com a produção de energia reativa e de harmônicas, que aumentam gradualmente com o ângulo de disparo.

Na outra configuração, modulação por trem de pulso, o controle de potência ocorre limitando-se a quantidade de ciclos da rede elétrica fornecidos à carga. Neste caso, opera-se com uma quantidade de ciclos inteiros e utiliza-se uma proporção destes para controlar o instante de acionamento do tiristor. Com uma escolha de dez ciclos, por exemplo, enviando-se apenas dois ciclos (a cada dez) limita-se a potência em 20%. O tiristor é acionado sempre na passagem por zero da tensão (a cada início de semiciclo) e desligado na passagem por zero da corrente elétrica entregue à carga. Esta aplicação entrega à carga somente ciclos completos de tensão da rede, trazendo benefícios como maior fator de potência (não produz harmônicas) e a não propagação de ruídos. Esta configuração não é adequada para cargas indutivas tendo em vista que pode gerar tensões e correntes de surto (NOVUS, 2011).

Em alguns casos o baixo custo de fabricação de circuitos eletrônicos, aliado à responsabilidade ambiental e pessoal, que inclui o descarte adequado de resíduos e a compra de equipamentos de proteção individual, justifica a terceirização do processo de produção de PCI (placa de circuito impresso) ainda que em pequenas quantidades. Uma PCI é composta por: laminado, trilhas, furos, componentes, acabamento metalizado e máscara de solda. Ela pode ser do tipo camada única, dupla ou multicamada.

O *gerber* é um formato de arquivo apropriado para a geração dos fotolitos em equipamentos de fotoplotação. Este tipo de arquivo também permite a visualização do *layout* da PCI, independentemente do *software* utilizado no projeto. Denomina-se fotolito o desenho que serve como base para a confecção de uma matriz serigráfica. O objetivo desta matriz é bloquear a passagem de luz. O que permitirá a fixação da tinta fotossensível na parte exposta. O fotolito agrega um custo único ao projeto, ele independe de quantas placas serão produzidas, portanto o custo das placas por unidade diminui com o aumento da quantidade. Quando a produção ocorre em pequena escala, o custo do fotolito torna-se considerável (MELO et al., 2001).

O projeto e a montagem de placas de circuito impresso demanda que sejam considerados efeitos de interferência eletromagnética e aquecimento, devido à potência dissipada nas trilhas e componentes. Nos circuitos com circulação de correntes elevadas, como no caso de relés de estado sólido, as trilhas de contato do circuito devem ser projetadas de modo que suportem a circulação de correntes predeterminadas e que promovam a menor dissipação de potência possível (COOMBS, 2008).

Este trabalho tem por objetivo a confecção de um relé de estado sólido (chave estática), na configuração modulação por trem de pulso. Isto inclui o esquema elétrico, a distribuição de trilhas, a escolha dos componentes e a montagem física da PCI.

2. METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o esquema elétrico do circuito proposto para a construção da chave estática. Foi projetado para controlar, com a aplicação de modulação por trem de pulso, uma carga nominal de até $12 A_{rms}$. O MOC3081 é um optoacoplador indicado para aplicações em $240 V_{rms}$. Além de isolar os circuitos de controle e de potência, possui um circuito de detecção de passagem por zero, com a finalidade de disparar o TRIAC somente nesta passagem da rede elétrica. Esta operação é definida como disparo por ciclos inteiros e é o que permite a modulação por trem de pulsos. O circuito em destaque na cor verde, na Figura 1, é uma fonte de corrente constante. Este circuito tem a função de amplificar a entrada digital e garantir o

operam em $220 V_{rms}$. A circulação de corrente elétrica ocorre somente após o disparo do circuito de potência. O circuito é formado por: um resistor de $220 k\Omega$, um resistor de $8,2 k\Omega$, um capacitor de $0,033 \mu F$, um TRIAC MAC8M, um diodo 1N914 e um potenciômetro.

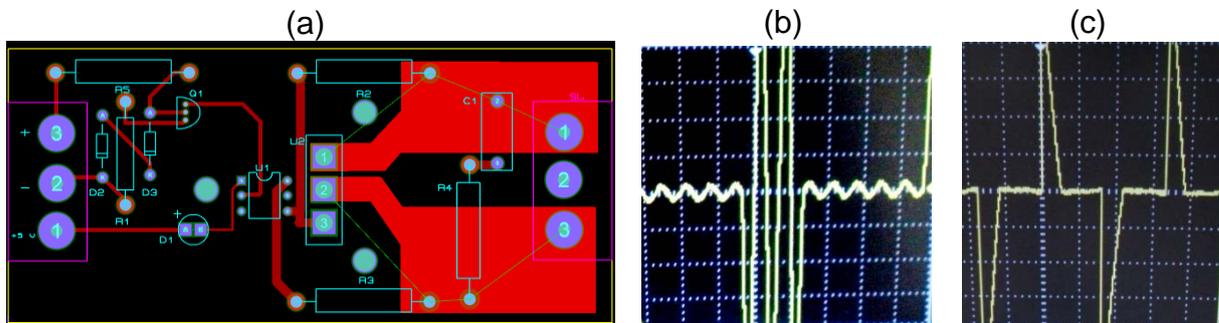


Figura 2: a) *layout* da placa de circuito impresso; b) modulação por trem de pulso; c) modulação por ângulo de fase.

4. CONCLUSÕES

O projeto e a confecção de placas de circuito impresso, principalmente quando se trabalha com potências elevadas ou alta frequência, exige a análise da disposição das trilhas e da montagem dos componentes, dos materiais empregados e da sua relação custo/benefício, da compatibilidade eletromagnética e principalmente da dissipação térmica, incluindo neste caso, a largura e a espessura das trilhas. A partir do uso de técnicas consolidadas de projeto de circuitos eletrônicos e da realização de pesquisas sobre a especificação dos materiais, foi possível produzir uma chave estática de baixíssimo custo, mas de alta qualidade, tanto de acabamento quanto de satisfação aos requisitos de funcionamento elétrico. O custo total por unidade, que atualmente está em processo de fabricação, foi inferior a R\$ 50,00.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MELO, P. R. S.; RIOS, E. C. D.; GUTIERREZ, R. M. V., **Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas**. Complexo Eletrônico, São Paulo, 23 set. 2001. Acesso em: 13 out. 2013. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1406.pdf
- COOMBS, C. F. **Printed Circuits Handbook**. New York: McGRAW-HILL, 2008.
- NOVUS. **Acionamento de Cargas por Ângulo de Fase e por Trem de Pulso**. Novus Produtos Eletrônicos, Porto Alegre, 28 jan. 2011. Acessado em 30 set. 2013. Online. Disponível em: http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=053663&SecaoID=273506&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=539274
- UDESC. **Chaves Estáticas**. Eletrônica de Potência I, Joinville, 10 set. 2008. Acessado em 08 out. 2013. Online. Disponível em: http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/michels/materiais/EPO1__Aula_22_25.pdf