

ENSINO EXPERIMENTAL DA ELECTRÓNICA DE REGULAÇÃO E COMANDO COM MÓDULOS COMPACTOS DE POTÊNCIA E DE GUIAMENTO DE SINAIS

JOSÉ FARIA⁽¹⁾ PAULO GAMBÔA⁽¹⁾ LUISA FERREIRA⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – DEEA / CEEI

Av. Cons. Emídio Navarro, 1949 - 014 Lisboa, Portugal

⁽²⁾ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – DEEA / CIC

Av. Cons. Emídio Navarro, 1949 - 014 Lisboa, Portugal

E-mail: jdfaria@isel.ipl.pt ; pjgamboa@isel.ipl.pt ; mlferreira@deea.isel.ipl.pt

Resumo: A disciplina de Electrónica de Regulação e Comando (ERC) no Departamento de Engenharia Electrotécnica e Automação (DEEA) do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) abrange o estudo integrado de dispositivos electrónicos em sistemas completos de electrónica industrial. O desafio inerente ao seu ensino experimental consiste em que o mesmo se realize a partir de dispositivos electrónicos comercializáveis, promovendo tanto quanto possível a necessária aproximação à realidade industrial.

A recente comercialização de módulos híbridos de potência apropriados para a realização compacta de onduladores de tensão trifásicos especialmente direccionados para a indústria dos accionamentos com máquinas de corrente alternada, veio propiciar a concretização deste objectivo.

São apresentadas algumas características, potencialidades e exigências desta tecnologia. Mostra-se a título de exemplo a sua aplicação ao projecto de um conversor de contínua para contínua (*chopper*) com funcionamento nos quatro quadrantes. São apresentados resultados experimentais de ensaios efectuados em laboratório.

1. Introdução

O ensino experimental da ERC tem por objectivo dotar os alunos com competências de projecto, análise e implementação de circuitos electrónicos de comando e controlo de conversores estáticos de potência em equipamentos industriais. O curriculum da disciplina consagra 3 horas presenciais (50%) de carga lectiva semanal a esta componente.

A multidisciplinaridade da ERC, que exige a aplicação integrada de conhecimentos de electrónica, electrónica de potência e de teoria de regulação automática, leva a dificuldades aquando da implementação laboratorial e estudo experimental, inerentes à necessidade de interligação com os conversores de potência. A utilização dos módulos híbridos de potência e circuitos integrados de guiamento de sinais a seguir descritos, como um único conjunto compacto, permite que a ênfase seja dada ao estudo e implementação laboratorial dos circuitos de comando e controlo.

2. Módulo híbrido de potência e circuitos integrados de guiamento (drivers)

Essencialmente o módulo híbrido de potência tipo MHPM7A15A60A [6], agrupa no seu interior todo o circuito electrónico de potência, que é formado pela associação rectificador-ondulador, sendo este último realizado com transístores de porta isolada (IGBT), e por um conversor contínua-contínua (*chopper*) de um quadrante para dissipar, por intermédio de resistência exterior, a energia de retorno imposta pela carga. Adicionalmente possuem também elementos sensor de corrente e de temperatura os quais facilitam a realização da protecção do módulo contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Embora este tipo de módulo seja apropriado para a realização compacta de onduladores de tensão trifásicos, consegue-se com relativa facilidade e com o comando adequado, a implementação de outras topologias de conversores estáticos [1,2], nomeadamente *choppers* e onduladores de tensão monofásicos.

Para utilizar em associação com o módulo híbrido de potência, existe num único circuito integrado (*IR2130*) [7], o sistema completo de guiamento (*driver*) e de auto-protecção dos semicondutores de potência de um ondulador trifásico em ponte, já adaptado aos altos desníveis de tensão entre os andares de guiamento e às suas violentas transições. Para além do isolamento galvânico, indispensável entre os vários andares de guiamento, impõe margens de inibição entre dispositivos do mesmo ramo, protecção contra curto-circuitos e bloqueio em caso de insuficiência da tensão de alimentação, elevada imunidade às transições violentas de tensão entre os andares de guiamento dos vários IGBT, apresentando um consumo muito baixo.

Desta associação resultam conjuntos de módulos compactos de dimensões reduzidas, que proporcionam vantagens acrescidas para o ensino experimental da electrónica de comando e controlo [3], electrónica de potência e eventualmente para trabalhos de investigação.

3. Exemplificação de uma aplicação – Comando de *chopper* de quatro quadrantes com regulação de corrente de induzido de um motor de corrente contínua

A figura 1 representa o esquema do módulo compacto resultante da associação do módulo híbrido de potência, com o circuito integrado de guiamento, e a barreira de acoplamento óptico, implementado em placa de circuito impresso. Para obter a topologia de *chopper* pretendida apenas é necessário que sejam inibidos os sinais de *gate* para os dispositivos que não interessa activar.

Os circuitos electrónicos exteriores de comando e/ou controlo são construídos pelos alunos em placa *breadboard* (figura 4), sendo os sinais aplicados directamente às entradas de acoplamento óptico do módulo compacto pré-montado.

O *chopper* é alimentado através de uma fonte de alimentação DC a uma tensão moderada (tipicamente 60V) em alternativa à ponte a díodos que integra o módulo de potência, funcionando com comando unipolar de tensão em PWM [5] e frequência de comutação acima de 15kHz. É ensaiado, inicialmente em cadeia aberta com carga passiva indutiva (R-L), (figura 2), e de seguida em cadeia fechada com o induzido de um motor de corrente contínua de excitação independente fixa, (figura 3).

O estudo experimental permite verificar a acção de controlo sobre a corrente de induzido do motor nos quatro quadrantes de funcionamento do plano {T, ?}, para vários tipos de compensadores em regime estático e dinâmico.

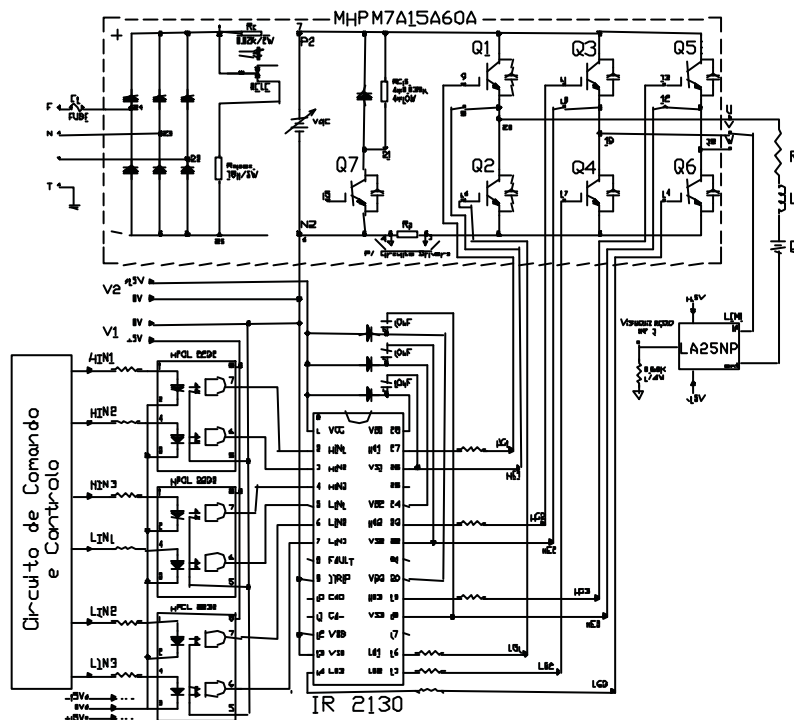
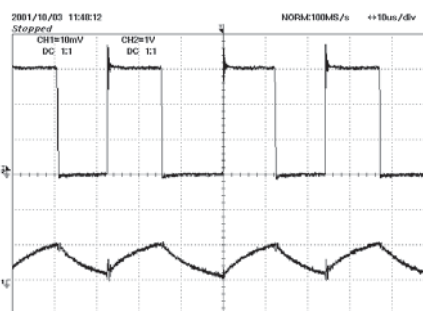
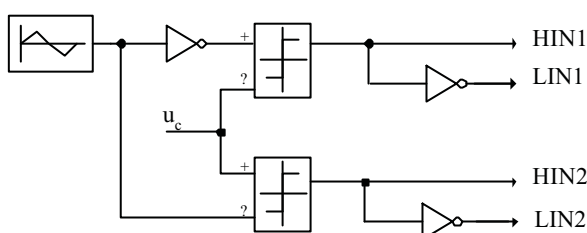


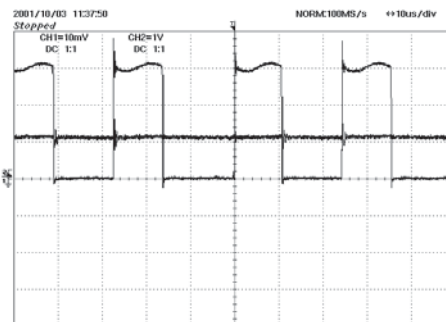
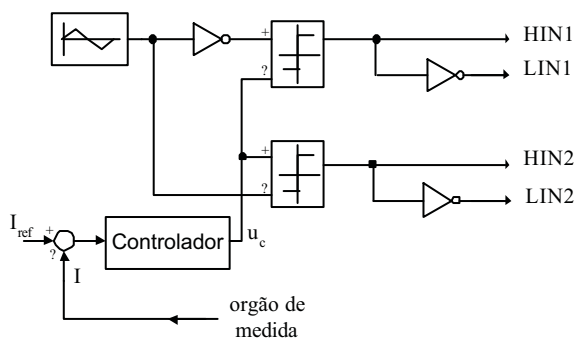
Figura 1. - Associação do módulo híbrido de potência, circuito de guiamento e acoplamento óptico.



a)

b)

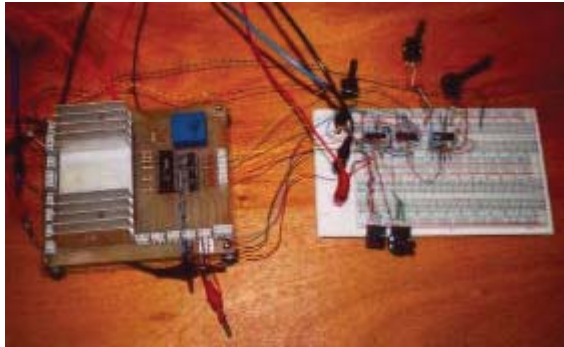
Figura 2 **a** - Diagrama de blocos do circuito de comando em cadeia aberta; **b** – tensão (10 V/div.) e corrente (0,5A/div.) numa carga R-L.



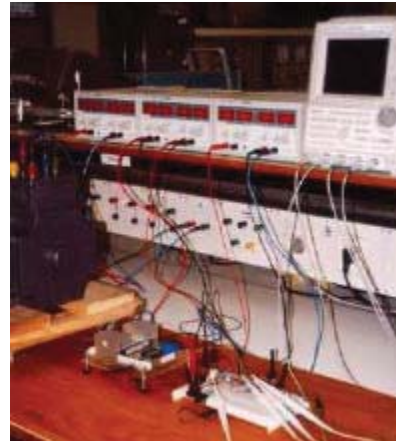
a)

b)

Figura 3. **a** – Diagrama de blocos do circuito de comando do *chopper* com controlo da corrente de induzido do motor; **b** – tensão (10 V/div.) e corrente (0,5A/div.) - funcionamento no 1º no quadrante.



a)



b)

Figura 4. **a** – Fotografia do módulo compacto e circuito de comando e controlo **b** –Perspectiva geral do ensaio com motor de corrente contínua.

5. Conclusões

A realização deste tipo de ensaios, permite desenvolver nos alunos capacidades de destreza laboratorial ao contactarem com as dificuldades reais de implementação prática de conceitos teóricos, conferindo-lhes competências de projecto em equipamentos industriais.

Neste âmbito, os novos módulos compactos, pela diminuição de custo, de volume e de peso que proporcionam, pela redução das necessidades de cablagem e de adaptação de componentes, e também pelo aumento da fiabilidade e da robustez que esta tecnologia proporciona (na parte de potência e na de sinal) permitem uma considerável simplificação, quer em meios materiais quer em tempo de preparação, para o desenvolvimento de montagens laboratoriais para o ensino experimental da electrónica de regulação e comando.

6. Referências

- [1] Palma, J.; Monteiro, J.; Gambôa, P. “*Utilização de Módulos Compactos de Potência e de Circuitos Integrados de Guiamento na realização de Choppers e de Onduladores de Tensão Trifásicos*”, Anais da Engenharia Tecnologia Electrotécnica, ano IV, n.º 7 especial, Maio de 1999.
- [2] Palma, J.; Gambôa, P.; Monteiro, J. “*Desenvolvimento de um Ondulador Trifásico para Fins Didácticos Explorando Tecnologias Recentes nos Circuitos de Potência e de Guiamento dos Sinais de Comando*”, Engenharia Electrotécnica Luso - Espanhola, pp. 313-320, Volume 1, ISBN 972-595-092-5, 1999.
- [3] Faria, J.; Jorge, J.; Margato, E.; Palma, J. “*Controlo de velocidade e enfraquecimento de campo de uma máquina de corrente continua utilizando um único módulo integrado de potência*”. 7^{as} Jornadas Hispano – Lusãs de Engenharia Electrotécnica pp. 209-214, Volume 1, ISBN Volumen 1: 84-95821-01-X, 2001.
- [4] Buhler, H.; “*Electronique de Réglage et de Comande*”; Dunod; 1983
- [5] Monhan, N.; Undeland, T. Robbins, W.; “*Power Electronics: Converters Applications and Design*”; John Wiley and Sons; 1995
- [6] “Hybrid Power Module MHPM7A15A60A”- Motorola Inc., doc, MHPM7A15A60A/D, 1995.
- [7] “IR 2132, 3-phase Bridge Driver” - International Rectifier, doc. PD-6.033C, 1994.