

2. Tratamento com H₂O₂:

Aproximadamente 500g de sílica-gel usada foram tratadas com 1 litro de H₂O₂ a 30 vol. em H₂SO₄ a 1% por 2 horas com agitação ocasional, em seguida, lavada com 4 litros de água destilada e novamente tratada com 1 litro de H₂O₂ a 30 vol. por 2 horas com agitação ocasional.

Tabela 2. Resultado da análise de teor de carbono e de manganês na sílica-gel

Sílica	Teor de C (%)	Teor de Mn (%)
nova*	0,06	0,0001
usada - antes do tratamento	0,41	0,002
usada - tratada com KMnO ₄	0,38	0,89
usada - tratada com H ₂ O ₂	0,14	0,0007

* sílica-gel 60 - Merck Art. 7734 (70 - 230 mesh ASTM)

A sílica-gel assim tratada foi lavada com água destilada até pH constante e ativada em estufa a 120°C por 8-12 horas.

As sílicas obtidas pelos tratamentos acima descritos foram submetidas a análise de teor de carbono total e manganês cujos resultados estão listados na Tabela 2.

AGRADECIMENTOS

À Alexandre Gomes da Cunha e Jorge Reis Fleming pelas análises dos teores de carbono e manganês realizadas nos laboratórios do CEPTEL.

REFERÊNCIAS

¹ Lurie, Ju. - "Handbook of Analytical Chemistry"; Mir Publishers - Moscou (1975).

NOTA TÉCNICA

CONTROLADOR DE VELOCIDADE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUÇÃO

A.G.M.S. Ayrosa, M. Otsuka e P.C. Isolani

Instituto de Química - USP; C. Postal 20780; 01498 - São Paulo (SP)

Recebido em 27/4/88

ABSTRACT

A variable-frequency speed controller for 3-phase induction motors is described in detail. The alternative tensions are simulated by square waves with the appropriate phase angles, thus allowing good control without loosing torque.

O uso de motores trifásicos de indução é praticamente universal, tanto para aplicações industriais como também em laboratórios, para mover bombas e máquinas diversas. Ao lado de sua principal vantagem, que é o preço, o motor trifásico (qualquer motor de indução, na realidade) tem a grande desvantagem de não permitir um controle fácil da frequência de rotação, a qual depende fundamentalmente da frequência da rede.

A velocidade de um motor de indução não pode ser controlada pela variação da tensão de alimentação, pois para tensões baixas de excitação o torque cai muito. Assim, é necessário utilizar-se um controlador com frequência variável, mantendo-se a tensão ótima de excitação para que o torque fique constante.

O presente trabalho descreve o projeto e construção de

um controlador de velocidade, utilizando-se como parte do circuito um conversor trifásico descrito em uma publicação especializada¹. Uma adaptação foi feita para a utilização de circuitos lógicos tipo TTL, menos sensíveis e mais baratos que os CMOS utilizados no circuito original. Por outro lado, a ponte de transistores de potência utilizada, cuja função será descrita a seguir, foi totalmente reprojeta, para utilizar componentes facilmente encontráveis no comércio nacional. O oscilador controlado por tensão também foi projetado especificamente para este caso.

Este controlador de velocidade foi utilizado em nosso laboratório para um sistema de "Q-switching" lento para laser, que consiste em um prisma giratório (cada vez que a superfície refletora passa pela posição de alinhamento, há a emissão de um pulso de energia).

O motor que gira o prisma mencionado funciona com tensão de 200 V (RMS), consumindo 50 mA. No entanto, o controlador aqui descrito pode funcionar para qualquer motor trifásico, desde que os transistores de potência sejam apropriados à tensão e corrente requeridas pelo mesmo. Um circuito modificado foi utilizado para um "chopper" movido por motor de giroscópio de avião (24 V, 2A) também com sucesso.

1. DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

A simulação de tensão alternante trifásica com diferenças de ângulos de fase de 120° foi conseguida pela aplicação de uma seqüência de ondas quadradas através de uma ponte de seis transistores alimentados com tensão contínua. Cada par energiza um dos enrolamentos do motor, em esquema tipo "push-pull". A seqüência de energização está esquematizada na Figura 1.

A frequência variável foi obtida através de oscilador controlado por tensão, construído com o circuito integrado comparador 555, controlado pelo tempo de carga de um capacitor. Este tempo de carga pode ser variado utilizando-se um potenciômetro de dez voltas (tipo helicoidal)

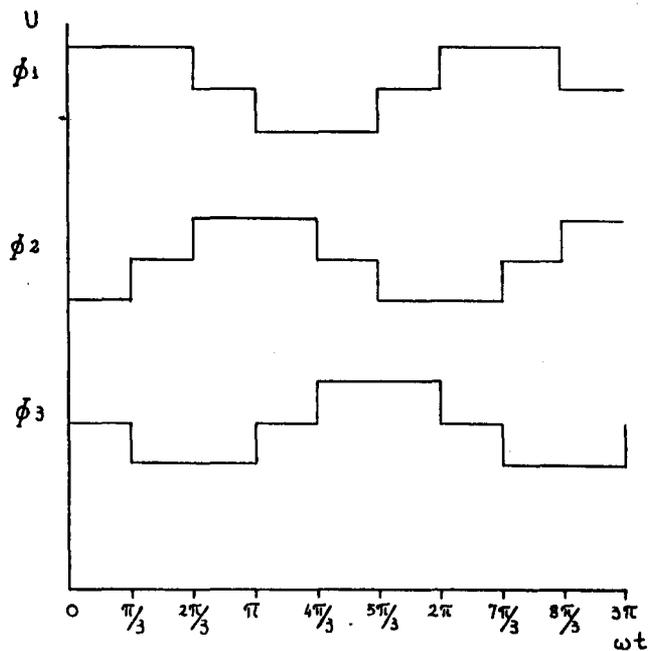


Figura 1. Formas de onda aplicadas ao motor trifásico.

o que permite um ajuste bastante exato da frequência de rotação desejada².

Esta frequência é digitalmente transformada por um conversor trifásico, que fornece na saída as ondas quadradas, já defasadas corretamente, com frequência igual a um terço daquela fornecida pelo oscilador primário acima mencionado. Este circuito é mostrado na Figura 2. Note-se que uma mudança em uma chave pode-se inverter o sentido de rotação do motor.

Cada uma destas ondas quadradas (isto é, cada par na saída) controla um dos pares da ponte de transistores, os quais energizam os três enrolamentos do motor. Esta ponte (ou melhor, o circuito correspondente a um dos pares) é mostrada na Figura 3.

O motor por nós utilizado possui dois pequenos ímãs embutidos no suporte do prisma, os quais induzem picos de tensão em um solenóide adequadamente posicionado. Estes sinais foram utilizados para medir a frequência de rotação real do conjunto, através de um tacômetro digital e saída "display".

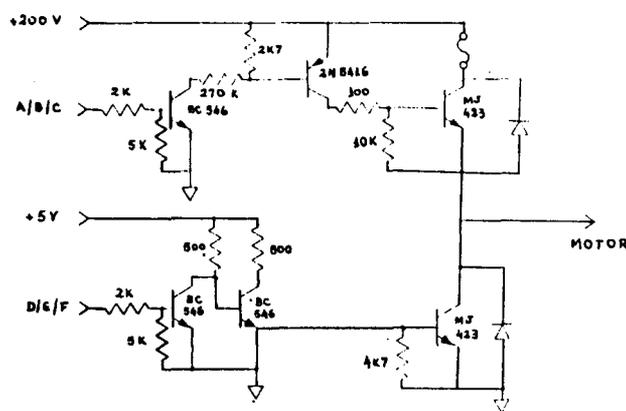


Figura 3. Ponte de transistores para uma fase (valores de resistência em ohms).

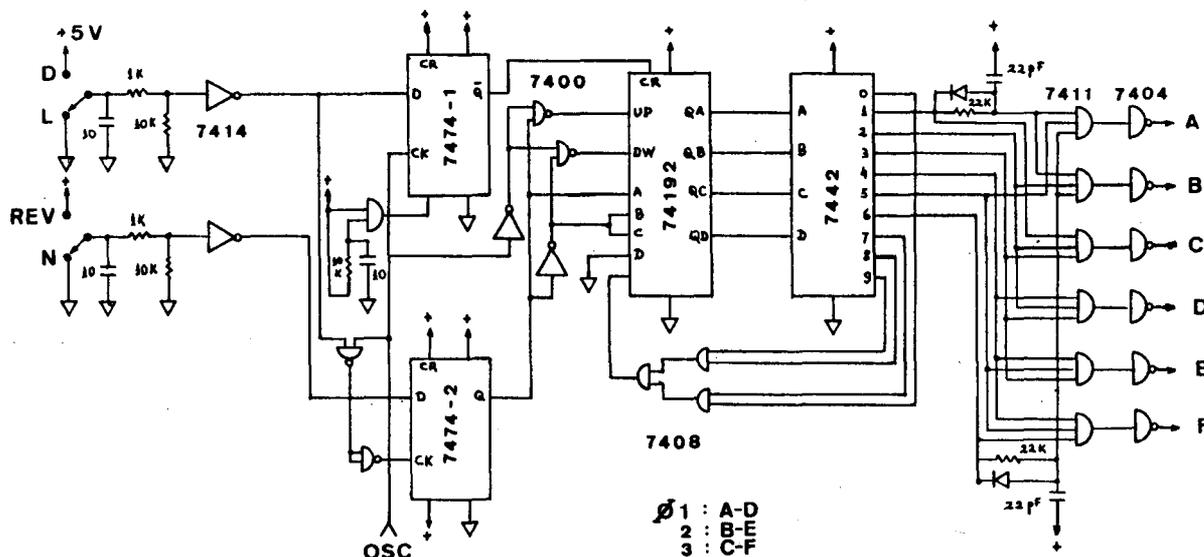


Figura 2. Conversor trifásico
Toda as alimentações são 5 V CC.
Toda as resistências em ohms e capacitâncias em microfarads.

Este tacômetro consta de um divisor da frequência original por dois (já que há dois ímãs no rotor) e um frequencímetro, que consta de um contador binário com zeragem a cada ciclo da rede (60 Hz). Existem à venda circuitos integrados prontos para esta aplicação, já com a saída em "display" acoplada em um único "chip". Adicionou-se ainda o controlador uma saída de nível lógico para sincronização com experimentos, com diferentes divisões de frequência a escolher. O diagrama de blocos do controlador completo aparece na Figura 4.

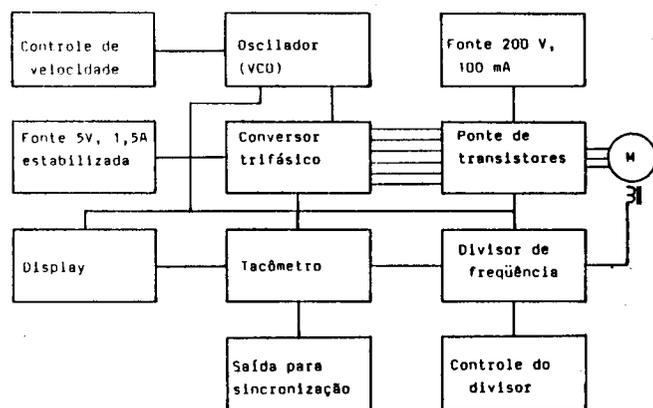


Figura 4. Diagrama de blocos do controlador.

As fontes de tensão utilizadas foram: uma de 5 V e 1,5 A (DC) estabilizada com o regulador 7805 e uma de 200 V e 100 mA (DC) não estabilizada, que alimenta o motor via ponte de transistores. Ambas foram projetadas especificamente para este uso.

2. CONSTRUÇÃO E TESTES

Todos os circuitos foram montados em cartões de circuito impresso processados na oficina de eletrônica deste Instituto. Foram usados dissipadores de calor apropriados para os transistores de potência e o regulador de tensão.

Após a montagem final, o motor foi posto a funcionar e testes de estabilidade de tensão e frequência foram feitos. A tensão de operação (200 V) manteve-se constante, uma

vez que se usou fonte de alimentação com sobra de capacidade, embora não estabilizada. As frequências, tanto do oscilador primário como as das fases e a frequência de rotação real do motor, mantiveram-se constantes dentro de 1%, entre 20 e 250 Hz de frequência efetiva de rotação. A precisão destas medidas foi limitada pela sensibilidade da escala do osciloscópio de três canais utilizado, sendo provavelmente melhor que o valor mencionado.

É evidente que, para uso em motores de grande potência, cuidados não tomados aqui serão necessários. Estes cuidados estão relacionados com os picos de tensão e corrente que podem surgir em acelerações ou desacelerações rápidas do motor. Correntes grandes de aceleração podem ser acomodadas por um aumento na capacidade (corrente e tensão) da ponte de transistores; problemas em desacelerações podem ser contornados introduzindo-se uma carga resistiva chaveada na alimentação da tensão DC, dissipando deste modo a energia cinética introduzida sob forma de corrente no circuito. Esta resistência pode ser chaveada (por exemplo) por um relê acionado quando a corrente exceder um valor pré-determinado.

Outro refinamento que não foi utilizado, mas que pode ser necessário em algumas aplicações, é uma realimentação da tensão aplicada no oscilador primário (VCO). Essa realimentação pode provir do tacômetro (via amplificador de erro), assegurando deste modo uma estabilidade ainda maior da frequência de rotação.

AGRADECIMENTOS

PCI agradece a doação do motor e prisma ao Dr. C. KITTRELL, do Laboratório de Espectroscopia do Massachusetts Institute of Technology. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos auxílios concedidos a este laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- Wurzburg, H.; Malarkey, T.; "Application Note AN-766"; Motorola Semiconductor Products, Inc., Phoenix, AZ (1976).
- Berlin, H.M.; "555 Timer Applications Sourcebook, with Experiments" — 2ª ed., H.M. Sams & Co., Inc., Indianapolis, IN (1979)