



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

SISTEMA DIDÁTICO DE PARTIDA SUAVE PARA MOTORES TRIFÁSICOS

Edson Santos Acco – edson@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Engenharia Elétrica.

Campus Universitário I – BR285

99001-970 – Passo Fundo – RS.

Jocarly Patrocínio de Souza – jocarly@upf.br

Cassiano Ricardo Groth - 44612@lci.upf.br

Resumo: *Este projeto consiste no desenvolvimento de um sistema didático para partida suave de motores de indução trifásicos, conhecidos como soft starter. Com este tipo de conversor a partida e o desligamento do motor são realizados sem prejudicar a rede elétrica e sem ocasionar danos ao motor. Devido à natureza didática do sistema implementado, foi escolhido partir motores de baixa potência de até aproximadamente 2CV. Toda parte de controle é realizada com o microcontrolador PIC16F877 e a interface com o usuário, através de um teclado e display de cristal líquido. No sistema proposto, pode-se controlar a partida e o desligamento do motor, ajustando-se a rampa de aceleração e desaceleração, respectivamente. Pode-se ajustar também a tensão aplicada ao motor no instante da partida, visando obter o melhor torque.*

Palavras-chaves: Eletrônica de Potência, Conversores AC-AC, Controle de Tensão AC, Soft Starter.

1. INTRODUÇÃO

Na maioria das aplicações industriais, pequenos motores de indução, de baixa potência podem partir por ligação direta sem que se verifiquem quedas na tensão da rede. Alguns motores de indução com maior potência podem também partir por ligação direta, desde que a rede elétrica tenha capacidade suficientemente grande de corrente que permita a partida do motor sem que isso provoque danos na instalação elétrica.

Quando a instalação tiver capacidade limitada de corrente é possível, no instante da partida, que o motor possa não desenvolver torque suficiente para acelerar uma dada carga e, em decorrência, solicitar uma corrente excessiva fazendo com que os dispositivos de proteção sejam acionados. Este desequilíbrio nas tensões de linha do estator do motor pode provocar um desequilíbrio nas correntes de linha, produzindo assim, um aquecimento localizado e ruptura dos enrolamentos do motor.

Uma das estratégias para controlar a partida de motores é utilizar a chamada partida suave, conhecida como *soft starter*, que é um sistema microprocessado projetado para fornecer uma aceleração progressiva para motores de indução, com conseqüente redução da corrente de partida. Quando motores são acionados de forma direta ou pelo método estrela-triângulo, correntes potencialmente danosas e picos de torque são gerados, resultando em distúrbios na operação (Kosow, 1996). Tais distúrbios podem ser evitados através do método de partida suave que apresenta uma menor exigência da rede de fornecimento de energia elétrica, onde o motor se encontra conectado. A figura 1 apresenta a dinâmica da corrente de partida considerando três formas comumente utilizadas.

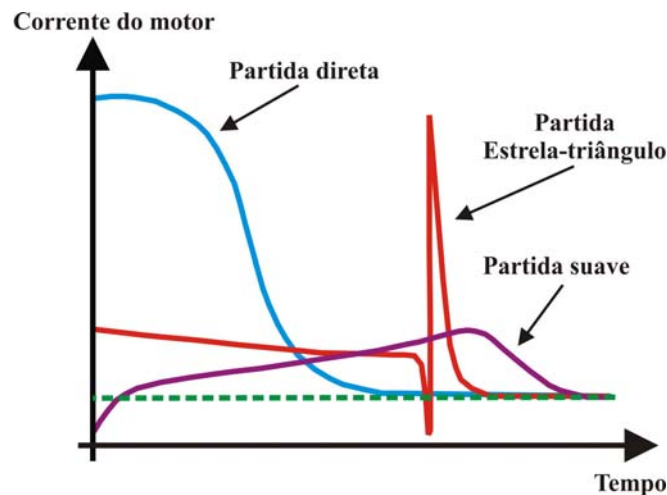


Figura 1 - Comparação da partida suave com outros métodos de partida de motores.

Os equipamentos de partida suave, disponíveis comercialmente, são empregados para motores de grande porte e, além do seu alto custo, sua aplicação com o enfoque acadêmico é um tanto inadequado, sobretudo do ponto de vista de segurança.

Dentro desse contexto e com o objetivo de dar um enfoque teórico/prático mais aprofundado ao estudo de controladores de tensão AC, assunto abordado nas disciplinas de Eletrônica de Potência, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo, surge a proposta do desenvolvimento de um sistema de controle de partida suave para motores de indução trifásicos com potência de até 2 CV.

2. O PROJETO DA SOFT STARTER

Os sistemas de partida suave são compostos por chaves estáticas destinadas à aceleração, desaceleração e proteção de motores de indução trifásicos. O projeto proposto apresenta algumas características que serão abordadas em seguida.

2.1. Características do Sistema

A curva característica de um sistema de controle de aceleração e desaceleração pode ser vista na figura 2, onde uma aceleração progressiva é imposta ao motor através de uma rampa no instante da partida do motor, e uma desaceleração progressiva é responsável pela frenagem ou parada do motor.

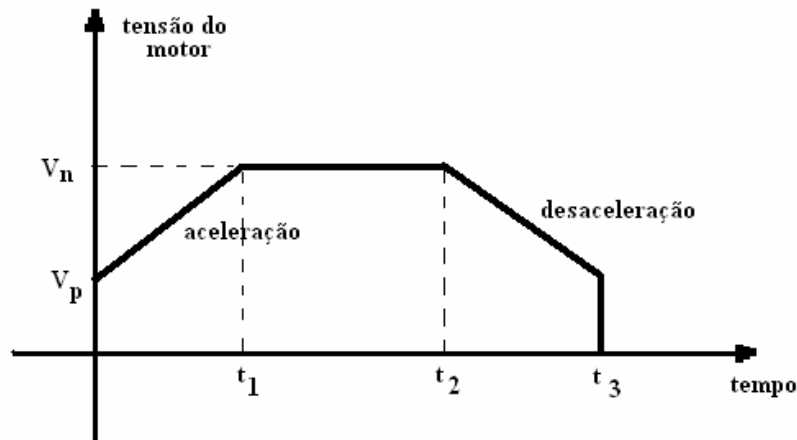


Figura 2 - Características de partida e parada suave para motores de indução.

O sistema proposto é composto, basicamente, por uma etapa de proteção, um detetor de passagem por zero, um microcontrolador, uma interface com o usuário e o bloco de disparo composto pelos tiristores, como pode ser visto na figura 3.

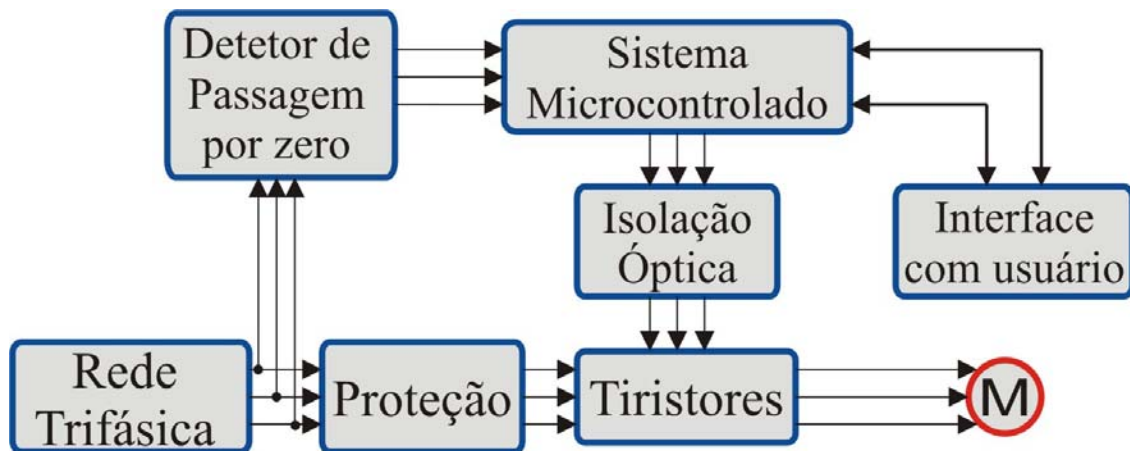


Figura 3 - Diagrama de blocos do sistema de partida suave implementado.

O detetor de passagem por zero é responsável pelo sincronismo dos disparos dos tiristores com a rede elétrica trifásica para gerar um sinal de interrupção pelo microcontrolador, no caso o PIC16F877 (Microchip). Com este sincronismo, é possível controlar o ângulo de disparo de cada tiristor, realizando um controle de fase (Ahmed, 2000; Rashid, 1999). O detetor foi implementado com um transformador trifásico 380V/3V de 12VA e amplificadores operacionais LM339 como comparadores (PERTENCE, 1996).

Os sinais de disparo, gerados pelo microcontrolador, são isolados do circuito de potência através de optoacopladores MOC3020, para então acionarem os gatilhos dos tiristores. Neste projeto foram utilizados 3 módulos SSK42-b16 da Semikron, cada módulo com dois tiristores. A proteção contra sobrecorrente é feita em cada fase através de fusíveis.

A interface entre o usuário e o sistema é realizada por um display de cristal líquido de 16x2, e um pequeno teclado composto por 6 teclas (*push-buttons*). No *display* podem ser vistas as configurações iniciais do programa, da rampa de aceleração e desaceleração, ajustadas através do teclado. Para melhorar a interface entre o usuário e o sistema, são utilizados 4 Leds que sinalizam: a energização do sistema, a finalização da rampa de aceleração do motor, a finalização da rampa de desaceleração e a inversão do sentido de rotação. Um layout do circuito de interface com o usuário é esquematizado na figura 4.

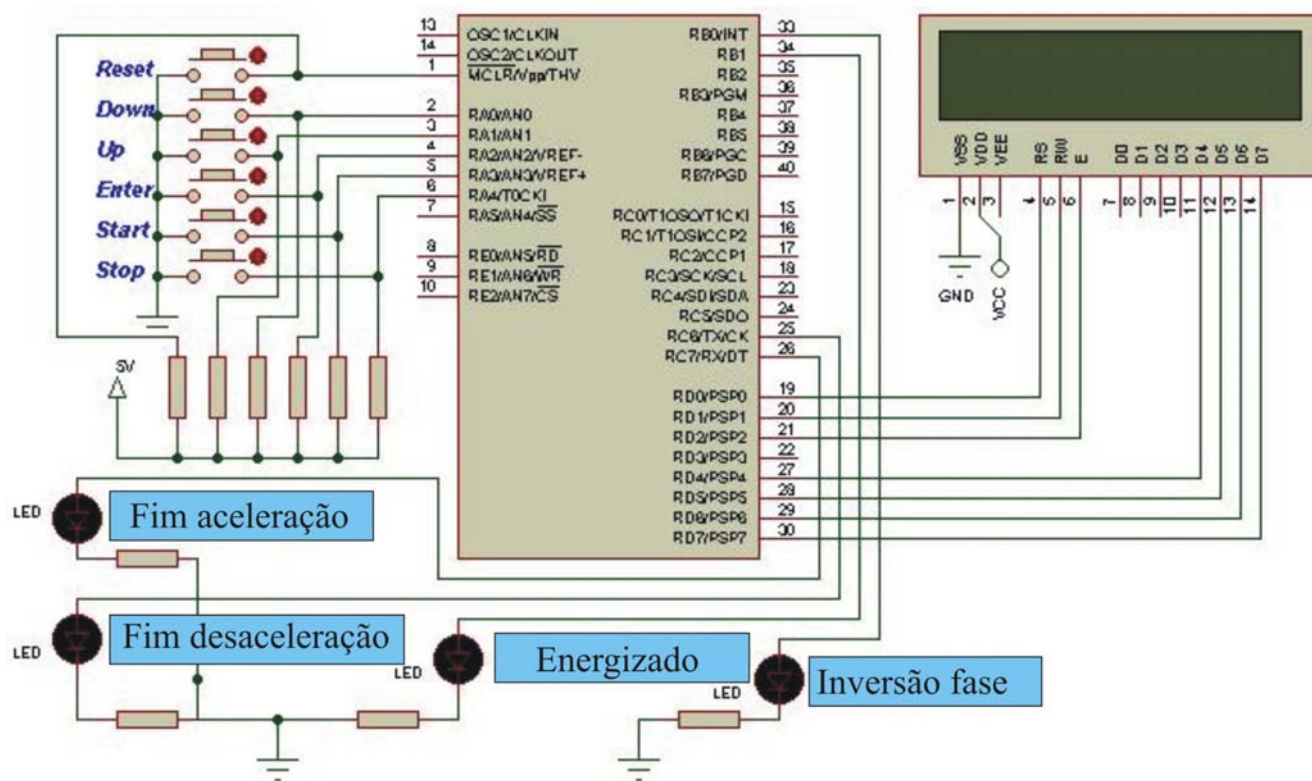


Figura 4 - Circuito da interface com o usuário.

2.2 O Controle de Fase para Acionamento

O controle dos disparos dos tiristores é realizado pelo microcontrolador PIC 16F877 utilizando-se um programa de controle implementado em linguagem C.

Para obter uma partida suave deve-se diminuir a tensão aplicada ao motor no instante da partida (essa tensão é denominada de tensão de pedestal - V_p) e aumentá-la com o tempo, conforme a carga conectada ao seu eixo, até se atingir a tensão nominal V_n .

Para obter a característica desejada do controle de partida, são utilizados dois tiristores para cada fase, um para cada semiciclo. Estes devem ser acionados com um ângulo de disparo α

que vai variando até o tiristor atingir seu ângulo máximo de condução conforme mostra a figura 5.

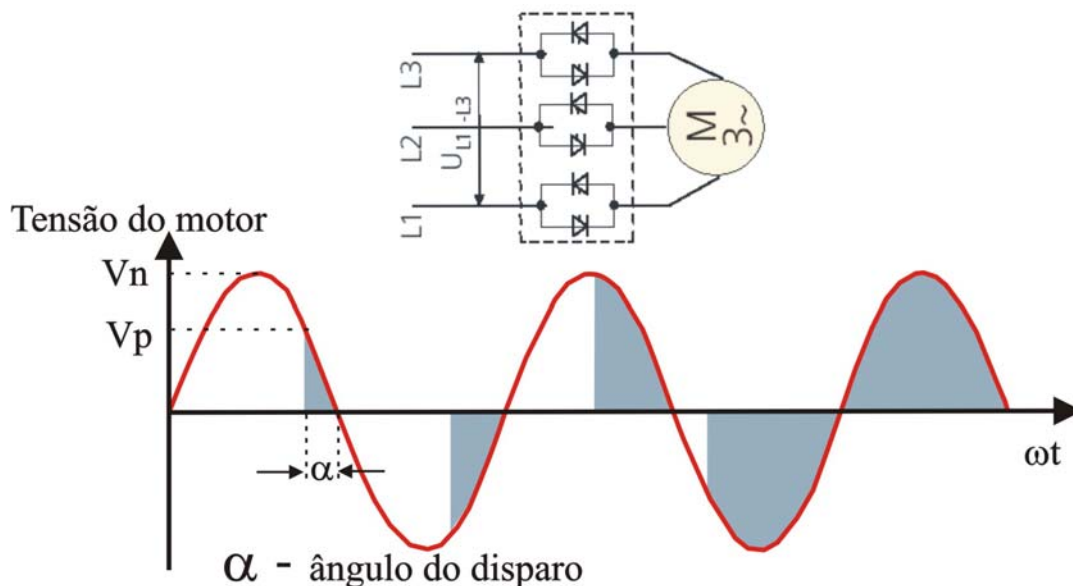


Figura 5 - Variação do ângulo na partida do motor.

Na partida do motor pode-se ajustar o tempo da partida que varia entre 5s e 60s, assim como, a tensão inicial aplicada ao motor em 20%, 50% ou 70% da tensão nominal do motor. Para fazer esse controle são utilizadas as interrupções do microcontrolador que são acionadas cada vez que a rede elétrica passa por zero. Como o sistema é trifásico, são utilizadas 3 interrupções e os 3 timers disponíveis do *PIC*. Dessa forma, são utilizados uma interrupção e um timer para cada fase.

Na figura 6, destaca-se o circuito de acionamento com a devida isolamento. Nele é possível observar a conexão realizada entre o microcontrolador, responsável pelo controle, com a parte de potência que é devidamente isolada através MOC3020 (Fairchild semicondutores).

A variação de tempo de desligamento é realizada de modo semelhante à variação feita para a partida do motor, ou seja, variando-se o ângulo de disparo.

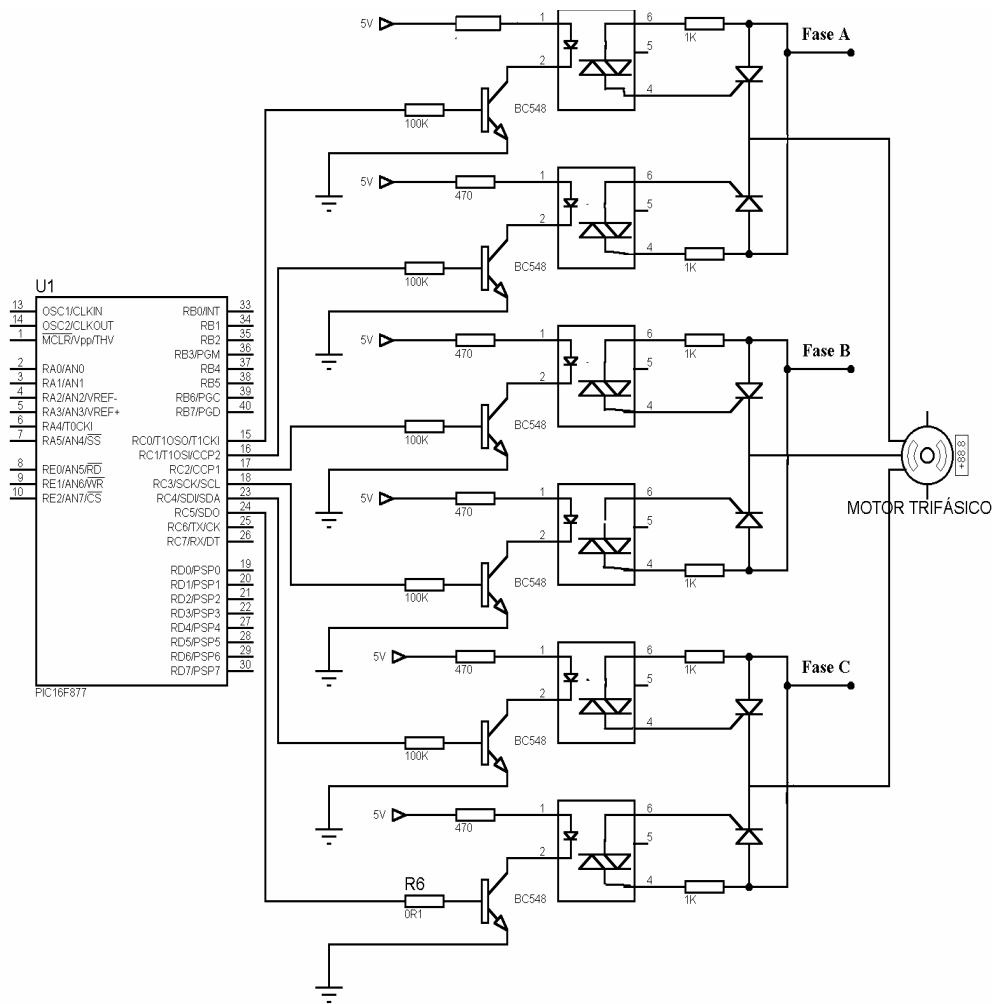


Figura 6 - Circuito de acionamento e Isolação.

3. Guia de Utilização

Para a utilização da *soft starter*, descrita nesse trabalho, foi elaborado um guia de utilização onde são apresentados todos os procedimentos necessários para o acionamento correto do motor.

Uma vez o sistema energizado e correta a seqüência de fase, o estudante deverá entrar com o percentual da tensão de pedestal, relativo à tensão nominal do motor. Na seqüência, deverá ser informado o tempo de partida (tempo esse gasto para o motor atingir sua tensão nominal), e o tempo de desaceleração para então, dar início ao processo de partida do motor pressionando a tecla *start*.

Um led de fim de rampa de aceleração sinalizará o momento em que o motor atingir a tensão nominal. Um led de fim de rampa de desaceleração também sinalizará esta ação, indicando o final do processo de desligamento do motor.

4. A Placa Implementada

Com a finalidade de explorar o sistema de acionamento suave, a placa desenvolvida dispõe de alguns pinos de acesso cujo objetivo é permitir a realização de algumas medidas através de um osciloscópio permitindo assim observar a atuação do sistema (aspecto acadêmico).

A figura 7 mostra o aspecto final da placa implementada, apresentando uma visão geral do sistema de partida implementado.

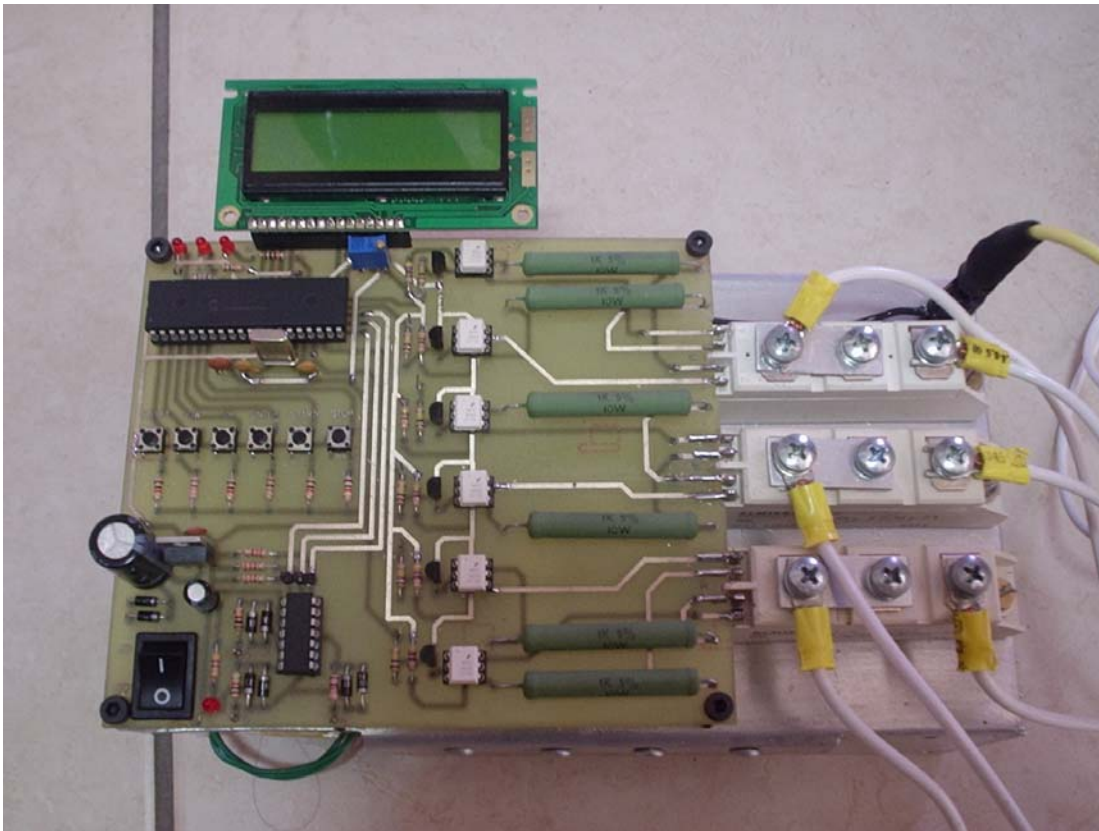


Figura 7 - Aspecto do sistema de partida suave implementado.

5. Conclusões

Neste trabalho foi apresentada a implementação de um sistema de partida suave para motores de indução trifásicos. O sistema desenvolvido apresenta as principais características de um sistema industrial, tais como: ajuste de rampa de aceleração e desaceleração, e ajuste da tensão de pedestal, com a peculiaridade de possuir diversos pontos de acesso que permitem a medição e visualização de formas de ondas de tensão. Dessa forma, pulsos de disparo, tensão de

fase e de linha, ângulo de disparo, dentre outros, poderão ser observados e analisados pelos estudantes, o que enriquece o processo ensino/aprendizagem.

O sistema desenvolvido apresenta funcionamento bastante satisfatório, tanto do ponto de vista funcional quanto do ponto de vista acadêmico, uma vez que permite aos alunos do curso, em várias disciplinas, explorarem suas potencialidades, em especial nas disciplinas de Laboratório de Máquinas Elétricas e Eletrônica de Potência.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Editora do Brasil, 2000.

FARCHILD SEMICONDUCTORS. **Folha de dados MOC3020**. Disponível em: <http://www.datasheetarchive.com/download.php?pi=69343> Última visita em 03/12/2004.

KOSOW, L. Irving. *Máquinas elétricas e transformadores* 8º ed. Editora Globo, 1996.

MICROCHIP. **Folha de dados PIC16F877**. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf> Última visita em 03/12/2004.

PERTENCE, Antonio. **Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos**. 4º ed. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda, 1996.

RASHID, H. Muhammad. **Eletrônica de potência circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1999.

DIDACTIC SOFT STARTER SYSTEM FOR TRIPHASIC MOTORS

Abstract: *This project consists of the development of a didactic soft starter system for triphasic induction motors, known as soft starter. With this kind of converter, the motor turn-on and turn-off processes are done without harming the electric network and causing damages to the motor. Due to didactic nature of the implemented system, it was chosen to start low power electric motors up to approximately 2CV. The control is done by PIC16F77 microcontroller and the interface with the user through a Liquid Crystal display and a keyboard. In the proposed system, it is possible to control the turning-on and turning-off periods, setting the acceleration and*

deceleration ramp, respectively. At the start time, the applied voltage can be also adjusted to get the best torque.

Key-words: *Power Electronic, AC-AC Converters, AC Voltage Control, Soft Starter.*