

Nesse trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma Plataforma Experimental e de uma Plataforma de Simulação para a avaliação de desempenho em motores síncronos com ímãs permanentes quando acionados com diferentes estratégias de controle. A proposta da plataforma experimental é permitir o acionamento e a análise desses motores com as principais estratégias de controle utilizadas em suas aplicações de forma prática e didática. As estratégias implementadas são o controle Six-step para motores do tipo BLDC, ou seja, com tensões induzidas trapezoidais, o controle vetorial para motores do tipo BLAC, ou seja, com tensões induzidas senoidais e uma proposta de modificação no controle vetorial para o acionamento de motores com tensões induzidas não senoidais. A plataforma de simulação tem por objetivo estimar a priori os resultados obtidos na plataforma experimental através da implementação das mesmas estratégias de controle e do modelamento das principais perdas existentes no inversor e no motor.

Orientador: Prof. Dr. Ademir Nied

Coorientador: Prof. Dr. José de Oliveira

Joinville, 2013

ANO
2013

ROBERTO ANDRICH | DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE
ACIONAMENTO DE MOTORES USADOS EM
PRODUTOS DA LINHA BRANCA**

ROBERTO ANDRICH

JOINVILLE, 2013

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ROBERTO ANDRICH

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE
ACIONAMENTO DE MOTORES USADOS EM
PRODUTOS DA LINHA BRANCA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Ademir Nied
Coorientador: Prof. Dr. José de Oliveira

JOINVILLE

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Andrich, Roberto

A543d Desenvolvimento de uma plataforma para avaliação de desempenho de estratégias de acionamento de motores usados em produtos da linha branca / Roberto Andrich. - 2013.

187 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Ademir Nied

Bibliografia: p. 141-143

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Mestrado em Engenharia Elétrica, Joinville, 2013.

1. Motor a Ímã Permanente 2. Acionamento elétrico
3. Motores elétricos - Controle Eletrônico II. Nied, Ademir III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Engenharia Elétrica. IV. Título

CDD: 621.3 - 20.ed.

**"DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE
ACIONAMENTO DE MOTORES USADOS EM
PRODUTOS DA LINHA BRANCA"**

por

ROBERTO ANDRICH

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

Mestre em Engenharia Elétrica

àrea de concentração em "Sistemas Eletroelêtronicos",
e aprovada em sua forma final pelo

**CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM ENGEHARIA
ELÉTRICA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARTINA**

Dr. Ademir Nied
CCT/UEDESC (Orientador/presidente)

Banca Examinadora:

Joinville, 28 de Agosto
2013.

Dr. Fernando Humel Lafratta
CCT/UEDESC

Dr. Braz de Jesus Cardoso Filho
UFMG

Dr. José de Oliveira
CCT/UEDESC (Coorientador/suplente)

Dedico esse trabalho à minha querida esposa Tamara por seu apoio e incentivo incondicionais.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Ademir Nied pelos seus conselhos e postura sempre serena. Ao colega Luiz Von Dokonal pela sugestão do tema, apoio e troca de idéias. Aos colegas Milton Brünning, Patrício Pavez e Matheus Bevilaqua pelo auxílio na preparação da bancada experimental. Aos alunos Roger Zamparete e Willian Lenert pela ajuda na construção da interface gráfica de controle. Ao colega Filipe Nazário pelo auxílio no desenvolvimento de algumas rotinas. Aos meus supervisores na Embraco - Günter J. Maass, Luiz M. Medeiros e Ronaldo R. Duarte pelo apoio, disponibilidade de recursos e de tempo cedidos para desenvolvimento desse trabalho.

*Qualquer um que nunca tenha cometido
um erro jamais tentou algo novo*

Albert Einstein

RESUMO

Nesse trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma Plataforma Experimental e de uma Plataforma de Simulação para a avaliação de desempenho em motores síncronos com ímãs permanentes quando acionados com diferentes estratégias de controle. A proposta da plataforma experimental é permitir o acionamento e a análise desses motores com as principais estratégias de controle utilizadas em suas aplicações de forma prática e didática. As estratégias implementadas são o controle *Six-step* para motores do tipo *BLDC*, ou seja, com tensões induzidas trapezoidais, o controle vetorial para motores do tipo *BLAC*, ou seja, com tensões induzidas senoidais e uma proposta de modificação no controle vetorial para o acionamento de motores com tensões induzidas não senoidais. A plataforma de simulação tem por objetivo estimar a priori os resultados obtidos na plataforma experimental através da implementação das mesmas estratégias de controle e do modelamento das principais perdas existentes no inversor e no motor.

Palavras-chave: Motor Síncrono de Ímãs Permanentes. Controle *Six-step*, Controle Vetorial, BLDC, BLAC, MSIP.

ABSTRACT

In this work is presented the development of an experimental setup and a simulation platform for the evaluation of performance in permanent magnet synchronous motors when driven with different control strategies. The proposal of the experimental setup is to allow the driving and analysis of these types of motors with the main control strategies used in their applications in a easy and didactic way. The control strategies implemented are the well known Six-step technic for BLDC type motor, that is, motors having trapezoidal back-emf voltages, the classical Field Oriented Control for BLAC type motors, that is, motors having sinusoidal back-emf voltages and a modified field oriented control specially developed for non-sinusoidal back-emf voltage motors. The proposal of the simulation platform is to estimate the results obtained in the experimental bench. This is done by implementing the same control strategies in the simulation bench and also by modelling the main losses in the driving inverter and motor.

Keywords: Permanent Magnet Synchronous Motor, Six-step control, Field Oriented Control, BLDC, BLAC, PMSM.