

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA –DEE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA - PGEE**

Formação: Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO OBTIDA POR

Rafael de Farias Campos

**CONTROLE VETORIAL DO MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO**

Apresentada em 18 / 07 / 2008 Perante a Banca Examinadora:

Dr. José de Oliveira- Presidente (CCT/UDESC)  
Dr. Ademir Nied (CCT/UDESC)  
Dr. Luiz Carlos de Souza Marques (UFSM)  
Dr. Seleme Isaac Seleme Júnior (UFMG)

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - PGEE

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Mestrando: RAFAEL DE FARIAS CAMPOS – Engenheiro Eletricista**

**CCT/UDESC – JOINVILLE**

**CONTROLE VETORIAL DO MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA PARA OBTENÇÃO  
DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA, CENTRO DE CIÊNCIAS  
TECNOLÓGICAS – CCT.

Joinville  
2008



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO - CPG

**“CONTROLE VETORIAL DO MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO”.**

por

**Rafael de Farias Campos**

Essa dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

na área de concentração "**Automação de Sistemas**", e aprovada em sua forma final pelo

CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

---

Dr. José de Oliveira - UDESC  
(presidente - orientador)

Banca de avaliação:

---

Dr. Ademir Nied - UDESC  
(co-orientador)

---

Dr. Seleme Isaac Seleme Jr. - UFMG

---

Dr. Luiz Carlos de Souza Marques - UFSM

## FICHA CATALOGRÁFICA

<b>NOME:</b> CAMPOS, Rafael de Farias	
<b>DATA DEFESA:</b> 18/07/2008	
<b>LOCAL:</b> Joinville, CCT/UDESC	
<b>NÍVEL:</b> Mestrado	<b>Número de ordem:</b> 07 – CCT/UDESC
<b>FORMAÇÃO:</b> Engenharia Elétrica	
<b>ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:</b> Automação de Sistemas	
<b>TÍTULO:</b> Controle Vetorial do Motor de Indução Monofásico	
<b>PALAVRAS - CHAVE:</b> Motor de indução monofásico, Orientação de campo, Fluxo de rotor.	
<b>NÚMERO DE PÁGINAS:</b> 121 pgs.	
<b>CENTRO/UNIVERSIDADE:</b> Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC	
<b>PROGRAMA:</b> Pós-graduação em Engenharia Elétrica - PGEE	
<b>CADASTRO CAPES:</b> 41002016012P-0	
<b>ORIENTADOR:</b> Dr. José de Oliveira	
<b>PRESIDENTE DA BANCA:</b> Dr. José de Oliveira	
<b>MEMBROS DA BANCA:</b> Dr. Ademir Nied, Dr. Luiz Carlos de Souza Marques, Dr. Seleme Isaac Seleme Júnior	

À minha mãe, meu irmão  
e meus avós

## **Agradecimentos**

- Ao meu orientador Prof. José de Oliveira, que sempre esteve presente para ajudar com críticas construtivas nos momentos de dúvidas;
- Ao Prof. Ademir Nied pelo seus conselhos sempre pertinentes;
- À Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC pelo apoio financeiro recebido através do programa de bolsa de estudos PROMOP;
- Ao Centro de Ciências Tecnológicas e ao Departamento de Engenharia Elétrica pela infra-estrutura oferecida;
- À Dirceu Soncini por disponibilizar sua biblioteca sempre que se fez necessário;

## Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>xvii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xviii</b>
<b>Capítulo 1 Introdução Geral .....</b>	<b>19</b>
1.1 Introdução.....	19
1.2 Breve estudo bibliográfico da análise dinâmica dos motores de indução. ....	20
1.3 Considerações sobre os métodos de controle de motores de indução. ....	21
1.4 Considerações sobre as topologias de acionamento de motores de indução. ....	24
1.5 Contribuições.....	26
1.6 Disposição geral da dissertação.....	26
<b>Capítulo 2 Modelo Dinâmico do Motor de Indução Monofásico .....</b>	<b>27</b>
2.1 Introdução.....	27
2.2 Modelo dinâmico do motor monofásico.....	28
2.3 Transformação das equações do motor para um referencial estacionário. ....	33
2.4 Modelo referido assimétrico do motor de indução monofásico. ....	37
2.5 Modelo não referido simétrico do motor de indução monofásico em configuração bifásica.....	42
2.6 Transformação das equações do motor simétrico para um referencial arbitrário.....	44
2.8 Representação do modelo dinâmico do motor em equações de estados. ....	49
2.9 Conclusão. ....	50
<b>Capítulo 3 Parametrização do Motor de Indução Monofásico .....</b>	<b>51</b>
3.1 Introdução.....	51
3.2 Modelo do motor monofásico assimétrico em regime permanente.....	52
3.2.1 Equações das tensões em variáveis $d-q$ : .....	52
3.2.2 Equações das tensões na forma de componentes simétricos: .....	53
3.3 Equações das tensões para o motor de indução com capacitor permanente:.....	58
3.3.1 Equações das tensões em variáveis $d-q$ : .....	59
3.3.2 Equações das tensões na forma de componentes simétricos para o motor de..... indução com capacitor permanente: .....	61

	viii
3.3.3 Parametrização do motor de indução a partir do circuito equivalente: .....	64
3.4 Conclusões.....	73
<b>Capítulo 4 Controle Vetorial do Motor de Indução Monofásico .....</b>	<b>75</b>
4.1 Introdução.....	75
4.2 Controle pelo fluxo rotórico. ....	77
4.2.1 Controle direto do fluxo rotórico.....	80
4.2.2 Controle indireto do fluxo rotórico.....	82
4.2.3 Desacoplamento das tensões. ....	84
4.2.4 Determinação dos parâmetros dos controladores. ....	86
4.3 Circuito de acionamento aplicado ao motor de indução monofásico. ....	94
4.5 Estudo de simulação. ....	97
4.5.1 Análise da resposta do controle por orientação de campo rotórico no modo direto.....	98
4.5.2 Análise da resposta do controle por orientação de campo rotórico no modo indireto.....	100
4.6 Conclusão. ....	102
<b>Capítulo 5 Resultados Experimentais.....</b>	<b>104</b>
5.1 Introdução.....	104
5.2 Apresentação dos resultados experimentais. ....	105
5.2.2 Resultados experimentais referentes ao controle direto - DRFOC.....	105
5.2.3 Resultados experimentais referentes ao controle indireto - IRFOC. ....	109
5.3 Conclusão. ....	114
<b>Capítulo 6 Conclusão Geral.....</b>	<b>115</b>
6.1 Considerações finais.....	115
6.2 Sugestões para trabalhos futuros. ....	117
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>118</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.1: Classificação geral dos métodos de controle dos motores de indução .....	23
Figura 1.2: Topologias inversoras para o acionamento de motores de indução bifásicos: ..	24
Figura 2.1: Representação do motor assimétrico bifásico.....	28
Figura 2.2: Representação do motor assimétrico bifásico transformado.....	33
Figura 2.3: Circuito equivalente de um motor de indução bifásico assimétrico. ....	40
Figura 2.4: Sistemas de eixo para um referencial arbitrário.....	45
Figura 3.1: Circuito equivalente para o motor de indução bifásico assimétrico. ....	58
Figura 3.2: Motor de indução com capacitor permanente.....	59
Figura 3.3: Circuito equivalente para o motor de indução monofásico com capacitor permanente.....	63
Figura 3.4: Circuito equivalente considerando a impedância de entrada infinita. ....	64
Figura 4.1: Representação do controle do fluxo rotórico. ....	79
Figura 4.2: Diagrama de blocos referente ao modo direto de controle do fluxo de rotor. ..	82
Figura 4.3: Diagrama de blocos referente ao modo indireto de controle do fluxo de rotor.	83
Figura 4.4: Diagrama de blocos do controle de fluxo. ....	86
Figura 4.5: Diagrama de blocos do controle de torque.....	88
Figura 4.6: Diagrama de blocos do controle de velocidade. ....	90
Figura 4.7: Diagrama de blocos do controle de corrente.....	92
Figura 4.10: Sistema de acionamento do motor de indução monofásico. ....	94
Figura 4.11: Vetores de espaço gerados pelo sistema de acionamento.....	95
Figura 4.12: Resposta da velocidade para o motor a vazio ( <i>DRFOC</i> ). ....	99
Figura 4.13: Detalhe da resposta da velocidade para o motor a vazio ( <i>DRFOC</i> ). ....	99
Figura 4.14: Resposta do fluxo para o motor a vazio ( <i>DRFOC</i> ).....	100
Figura 4.15: Resposta das correntes de estator para o motor a vazio ( <i>DRFOC</i> ).....	100
Figura 4.16: Detalhe da resposta das correntes de estator para o motor a vazio ( <i>DRFOC</i> ). .....	100
Figura 4.17: Resposta da velocidade para o motor a vazio ( <i>IRFOC</i> ).....	101
Figura 4.18: Detalhe da resposta da velocidade para o motor a vazio ( <i>IRFOC</i> ).....	101
Figura 4.19: Resposta do fluxo para o motor a vazio ( <i>IRFOC</i> ). ....	102
Figura 4.20: Resposta das correntes de estator para o motor a vazio ( <i>IRFOC</i> ). ....	102

Figura 4.21: Detalhe da resposta das correntes de estator para o motor a vazio ( <i>IRFOC</i> ).	102
Figura 5.1: Bancada de testes. ....	104
Figura 5.2: Velocidade do motor (rad/s)- DRFOC (caso <i>a</i> ). Escala 1mV=0.47rad/s .....	106
Figura 5.3: Módulo do fluxo - DRFOC (caso <i>a</i> ) . Escala 100mV=0.1Wb.....	106
Figura 5.4: Correntes de estator. Lidas pela placa de aquisição- DRFOC (caso <i>a</i> ). ....	107
Figura 5.5: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente-DRFOC (caso <i>a</i> – 60Hz). ....	107
Figura 5.6: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- DRFOC (caso <i>a</i> – 30Hz). ....	107
Figura 5.7. Velocidade do motor (rad/s) – DFROC (caso <i>b</i> ). Escala 1mV=0.47rad/s.....	108
Figura 5.8. Módulo do fluxo – DRFOC (caso <i>b</i> ) . Escala 100mV=0.1Wb.....	108
Figura 5.9. Correntes de estator. Lidas pela placa de aquisição – DRFOC (caso <i>b</i> ). ....	109
Figura 5.10: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- DRFOC (caso <i>b</i> – 60Hz). ....	109
Figura 5.11: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- DRFOC (caso <i>b</i> – 30Hz). ....	109
Figura 5.12: Velocidade do motor (rad/s) – IRFOC (caso <i>a</i> ). Escala 1mV=0.47rad/s: a) 60Hz, b)30Hz. ....	110
Figura 5.13: Módulo do fluxo– IRFOC (caso <i>a</i> ) . Escala 100mV=0.1Wb. ....	111
Figura 5.14: Correntes de estator. Lidas pela placa de aquisição – IRFOC (caso <i>a</i> ). ....	111
Figura 5.15: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- IRFOC (caso <i>a</i> – 60Hz). ....	111
Figura 5.16: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- IRFOC (caso <i>a</i> – 30Hz). ....	111
Figura 5.17. Velocidade do motor (rad/s) – IRFOC (caso <i>b</i> ). Escala 1mV=0.47rad/s.....	112
Figura 5.18. Módulo do fluxo _ IRFOC (caso <i>b</i> ) . Escala 100mV=0.1Wb.....	112
Figura 5.19. Correntes de estator. Lidas pela placa de aquisição – IRFOC (caso <i>b</i> ) .....	113
Figura 5.20: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- IRFOC (caso <i>a</i> – 60Hz). ....	113
Figura 5.21: Correntes de estator. Lidas com uma ponteira de corrente- IRFOC (caso <i>a</i> – 30Hz). ....	113

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Calculo das variáveis R e X. Ensaio de curto-circuito e a vazio .....	69
Tabela 3.2: Parâmetros obtidos nos ensaios .....	70
Tabela 4.1: Tensões geradas pelo inversor .....	96
Tabela 4.2: Dados do motor de indução .....	98

### **Lista de Abreviações**

CC – Corrente Continua.

CS – Capacitor-Start

CSCR – Capacitor Start Capacitor Run

DSC – Direct Self Control.

DTC – Direct Torque Control

DFOC – Direct Oriented Control

FOC – Field Oriented Control.

IFOC – Indirect Oriented Control

PSC – Permanent Split Capacitor

SP – Split Phase

SVPWM – Space Vector Pulse Width Modulation

## Simbologia

$B$	transformada de ParK	
$B^{-1}$	transformada inversa de ParK	
$F$	coeficiente de atrito viscoso	
$i_{as}$	corrente do enrolamento de estator $as$	A
$i_{bs}$	corrente do enrolamento de estator $bs$	A
$i_{ar}$	corrente do enrolamento de rotor $ar$	A
$i_{br}$	corrente do enrolamento de rotor $br$	A
$i_{ds}^s$	corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$	A
$i_{qs}^s$	corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$	A
$i_{dr}^s$	corrente do enrolamento de rotor de eixo estacionário $dr$	A
$i_{qr}^s$	corrente do enrolamento de rotor de eixo estacionário $qr$	A
$i_{ds1}^s$	corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$ simétrico	A
$i_{qs1}^s$	corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$ simétrico	A
$i_{Ds1}^a$	corrente do enrolamento de estator de eixo arbitrário $Ds$ simétrico	A
$i_{Qs1}^a$	corrente do enrolamento de estator de eixo arbitrário $Qs$ simétrico	A
$i_{Dr}^a$	corrente do enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Dr$	A
$i_{Qr}^a$	corrente do enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Qr$	A
$i_{Ds1}^{er}$	corrente do enrolamento de estator $Ds1$ no referencial rotórico	A
$i_{Qs1}^{er}$	corrente do enrolamento de estator $Qs1$ no referencial rotórico	A
$i_{Ds1}^{es}$	corrente do enrolamento de estator $Ds1$ no referencial estatórico	A
$i_{Qs1}^{es}$	corrente do enrolamento de estator $Qs1$ no referencial estatórico	A
$\tilde{I}_{ds}^s$	fasor de corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$	A
$\tilde{I}_{qs}^s$	fasor de corrente do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$	A
$\tilde{I}_{dr}^s$	fasor de corrente do enrolamento de rotor de eixo estacionário $dr$	A
$\tilde{I}_{qr}^s$	fasor de corrente do enrolamento de rotor de eixo estacionário $qr$	A
$\tilde{I}_{ds+}^s$	fasor de corrente de seqüência positiva de eixo estacionário $ds$	A
$\tilde{I}_{ds-}^s$	fasor de corrente de seqüência negativa de eixo estacionário $ds$	A
$J$	coeficiente de inércia	
$L_{asas}$	indutância própria do enrolamento de estator $as$	H
$L_{bsbs}$	indutância própria do enrolamento de estator $bs$	H
$L_{arar}$	indutância própria do enrolamento de rotor $ar$	H
$L_{brbr}$	indutância própria do enrolamento de rotor $br$	H

$L_{as}$	indutância própria do enrolamento de estator $as$	H
$L_{bs}$	indutância própria do enrolamento de estator $bs$	H
$L_r$	indutância própria dos enrolamentos rotor $ar$ e $br$	H
$L_{las}$	indutância de dispersão do enrolamento de estator $as$	H
$L_{lbs}$	indutância de dispersão do enrolamento de estator $bs$	H
$L_{mas}$	indutância de magnetização do enrolamento de estator $as$	H
$L_{mbs}$	indutância de magnetização do enrolamento de estator $bs$	H
$L_{lr}$	indutância de dispersão do enrolamento de rotor	H
$L_{mr}$	indutância de magnetização do enrolamento de rotor	H
$L_{sra}$	amplitudes da indutância mútua entre $as$ e $ar$	H
$L_{srb}$	amplitudes da indutância mútua $bs$ e $br$	H
$L_{sr}$	matriz das indutâncias próprias de rotor	
$L_{ds}$	indutância própria do enrolamento de estator $ds$	H
$L_{qs}$	indutância própria do enrolamento de estator $qs$	H
$L_{srd}$	indutância mútua entre o enrolamento de rotor e $ds$	H
$L_{srq}$	indutância mútua entre o enrolamento de rotor e $qs$	H
$L_{mds}$	indutância de magnetização do eixo $ds$	H
$L_{mqd}$	indutância de magnetização do eixo $qs$	H
$N_{ds}$	número de espiras do enrolamento de estator $ds$	
$N_{qs}$	número de espiras do enrolamento de estator $qs$	
$N_r$	número de espiras do enrolamento de rotor	
$r_{as}$	resistência do enrolamento de estator $as$	$\Omega$
$r_{bs}$	resistência do enrolamento de estator $bs$	$\Omega$
$r_{ds}$	resistência do enrolamento de estator $ds$	$\Omega$
$r_{qs}$	resistência do enrolamento de estator $qs$	$\Omega$
$r_r$	resistência do enrolamento de rotor	$\Omega$
$R_{dscc}$	resistência equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$R_{qscc}$	resistência equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$R_{ds0}$	resistência equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$R_{qs0}$	resistência equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$s$	escorregamento	
$T_e$	torque eletromagnético	Nm
$T_L$	torque mecânico	Nm
$T_{pwm}$	período de comutação	s
$\tau_r$	constante rotórica	
$t_{ds}$	tempo de duração do vetor de comutação	s
$t_{qs}$	tempo de duração do vetor de comutação	s
$v_{as}$	tensão do enrolamento de estator $as$	V

$v_{bs}$	tensão do enrolamento de estator $bs$	V
$v_{ar}$	tensão do enrolamento de rotor $ar$	V
$v_{br}$	tensão do enrolamento de rotor $br$	V
$v_{ds}^s$	tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$	V
$v_{qs}^s$	tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$	V
$v_{dr}^s$	tensão do enrolamento de rotor de eixo estacionário $ds$	V
$v_{qr}^s$	tensão do enrolamento de rotor de eixo estacionário $qs$	V
$v_{ds1}^s$	tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$ simétrico	V
$v_{qs1}^s$	tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$ simétrico	V
$v_{Ds1}^a$	tensão do enrolamento de estator de eixo arbitrário $Ds$ simétrico	V
$v_{Qs1}^a$	tensão do enrolamento de estator de eixo arbitrário $Qs$ simétrico	V
$v_{Dr}^a$	tensão do enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Dr$	V
$v_{Qr}^a$	tensão do enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Qr$	V
$v_{Ds1}^{er}$	tensão do enrolamento de estator $Ds1$ no referencial rotórico	V
$v_{Qs1}^{er}$	tensão do enrolamento de estator $Qs1$ no referencial rotórico	V
$\tilde{V}_{ds}^s$	fasor de tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$	V
$\tilde{V}_{qs}^s$	fasor de tensão do enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$	V
$\tilde{V}_{ds+}^s$	fasor de tensão de seqüência positiva de eixo estacionário $ds$	V
$\tilde{V}_{ds-}^s$	fasor de tensão de seqüência negativa de eixo estacionário $ds$	V
$\tilde{V}_+$	fasor de tensão de seqüência positiva do motor psc	V
$\tilde{V}_-$	fasor de tensão de seqüência negativa do motor psc	V
$V_{ds}^{s*}$	vetor de tensão de comutação	V
$V_{qs}^{s*}$	vetor de tensão de comutação	V
$X_{m ds}$	reatância mútua do enrolamento $ds$	$\Omega$
$X_{m qs}$	reatância mútua do enrolamento $qs$	$\Omega$
$X_{ds}$	reatância do enrolamento de estator $ds$	$\Omega$
$X_{qs}$	reatância do enrolamento de estator $qs$	$\Omega$
$X_{lds}$	reatância de dispersão do enrolamento de estator $ds$	$\Omega$
$X_{lqs}$	reatância de dispersão do enrolamento de estator $qs$	$\Omega$
$X'_{dr}$	reatância referida do enrolamento de rotor $dr$	$\Omega$
$X'_{qr}$	reatância referida do enrolamento de rotor $qr$	$\Omega$
$X'_{ldr}$	reatância referida de dispersão do enrolamento de rotor $dr$	$\Omega$
$X'_{lqr}$	reatância referida de dispersão do enrolamento de rotor $qr$	$\Omega$
$X_{dscc}$	reatância equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$X_{qscc}$	reatância equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$

$X_{ds0}$	reatância equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$X_{qs0}$	reatância equivalente usada na parametrização do motor	$\Omega$
$Z_{ds}$	impedância de estator do enrolamento $ds$	$\Omega$
$Z_{qs}$	impedância de estator do enrolamento $qs$	$\Omega$
$Z'_{dr}$	impedância referida de rotor do enrolamento $dr$	$\Omega$
$Z'_{qr}$	impedância referida de rotor do enrolamento $qr$	$\Omega$
$W_{en}$	energia de campo	
$W_{coen}$	coenergia	
$\omega_r$	freqüência angular do rotor	rad/s
$\omega_b$	freqüência angular da tensão de alimentação	rad/s
$\omega_a$	freqüência angular do eixo arbitrário	rad/s
$\omega_{er}$	freqüência síncrona do rotor	rad/s
$\omega_{err}$	freqüência de escorregamento	rad/s
$\omega_{esr}$	freqüência de escorregamento	rad/s
$\lambda_{as}$	fluxo concatenado no enrolamento de estator $as$	Wb
$\lambda_{bs}$	fluxo concatenado no enrolamento de estator $bs$	Wb
$\lambda_{ar}$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor $ar$	Wb
$\lambda_{br}$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor $br$	Wb
$\lambda_{ds}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$	Wb
$\lambda_{qs}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$	Wb
$\lambda_{dr}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor de eixo estacionário $ds$	Wb
$\lambda_{qr}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor de eixo estacionário $qs$	Wb
$\lambda_{ds1}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo estacionário $ds$ simétrico	Wb
$\lambda_{qs1}^s$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo estacionário $qs$ simétrico	Wb
$\lambda_{Ds1}^a$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo arbitrário $Ds$ simétrico	Wb
$\lambda_{Qs1}^a$	fluxo concatenado no enrolamento de estator de eixo arbitrário $Qs$ simétrico	Wb
$\lambda_{Dr}^a$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Dr$	Wb
$\lambda_{Qr}^a$	fluxo concatenado no enrolamento de rotor de eixo arbitrário $Qr$	Wb
$\theta_{rm}$	deslocamento angular do rotor	rad
$\theta_r$	deslocamento elétrico do rotor	rad
$\theta_{er}$	ângulo de orientação do fluxo de rotor	rad
$\psi$	ângulo do eixo arbitrário com relação ao estator	rad
$k$	variável de transformação de simetria	

## Resumo

Este trabalho tem por objetivo estudar o acionamento do motor de indução monofásico utilizando o método de controle vetorial por fluxo de rotor. Inicialmente, será desenvolvido o modelo matemático do motor de indução monofásico transformado para o eixo estacionário para que seja eliminada a dependência angular das variáveis do motor devido à assimetria dos parâmetros do motor. É observado que o motor monofásico pode ser apresentado em configuração bifásica. Em seguida, um estudo de parametrização do motor é realizado. O controle vetorial é analisado na seqüência, observando a necessidade de simetria dos parâmetros do motor para que haja um controle efetivo do motor. São considerados dois métodos: controle direto do fluxo de rotor e controle indireto do fluxo de rotor. Analisa-se, também, o comportamento do controle através de simulações numéricas. Na seqüência, implementa-se experimentalmente o controle utilizando um processador digital de sinais. Os resultados obtidos mostram que o controle estudado ao ser aplicado ao motor de indução monofásico apresenta uma boa resposta dinâmica para o sistema, tanto para método direto quanto para o método indireto.

**Palavras-Chave:** motor de indução monofásico, orientação de campo, fluxo de rotor.

## Abstract

The objective of this work is to study the rotor flux vector control applied to a single-phase induction motor drive. Initially, a mathematical model of the motor will be derived. The motor equations will be transformed to the stationary reference frame so that the angular dependency due to the asymmetry of the motor variables is eliminated. Then is discussed that single-phase induction motor can be viewed as a two-phase system. A mathematical model to derive the motor parameters is presented. The next step is to analyze the rotor flux vector control, pointing out the need for a symmetry transformation of the motor parameters. Two control methods are presented: direct rotor flux control and indirect rotor flux control. These control methods are validated through numerical simulations. Experimental analyses making use of a digital signal processor are carried out. The results obtained show the good dynamic response when the vector control method is applied to a single-phase induction motor drive system.

**Keywords:** single-phase induction motor, field oriented control, rotor flux.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)