

POLITECHNIKA GDAŃSKA

LESZEK JARZĘBOWICZ

BEZCZUJNIKOWE STEROWANIE
TRAKCYJNYM
SILNIKIEM SYNCHRONICZNYM
Z MAGNESAMI TRWAŁYMI
ZAGŁĘBIONYMI W WIRNIKU



GDAŃSK 2012

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Romuald Szymkiewicz

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Janusz T. Cieśliński

REDAKTOR SERII

Zbigniew Krzemiński

RECENZENCI

Janusz Nieznański

Andrzej Pochanke

PROJEKT OKŁADKI

Jolanta Cieślawska

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
www.pg.gda.pl/WydawnictwoPG

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2012

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

ISBN 978-83-7348-415-3

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ INDEKSÓW I SKRÓTÓW	5
1. WPROWADZENIE	7
2. UKŁADY NAPĘDOWE Z SILNIKAMI PMSM	10
2.1. Trakcyjne układy sterowania	10
2.2. Metody modulacji napięcia wyjściowego falownika	14
2.3. Sterowanie bezczujnikowe	16
2.4. Algorytmiczne estymatory położenia wirnika	17
2.5. Fizyczne estymatory położenia wirnika	18
2.6. Estymatory położenia wirnika oparte na analizie pochodnych prądów fazowych	20
2.7. Zakres przeprowadzonych badań	23
3. PROJEKT ESTYMATORÓW POŁOŻENIA WIRNIKA	26
3.1. Wstępne założenia	26
3.2. Algorytm estymatora dla dużych prędkości wirnika (EHV)	27
3.3. Algorytm estymatora dla małych prędkości kątowych wirnika (ELV)	29
3.4. Algorytm estymatora położenia początkowego wirnika	32
4. BADANIA SYMULACYJNE	34
4.1. Wstępne założenia	34
4.2. Model układu napędowego	35
4.3. Modele estymatorów	39
4.4. Wybrane wyniki badań symulacyjnych	41
5. PROJEKT LABORATORYJNEGO UKŁADU NAPĘDOWEGO	45
5.1. Struktura układu	45
5.2. Program sterowania	47
5.3. Konfiguracja modułu przetwornika ADC	49
5.4. Realizacja algorytmu wykrywania położenia początkowego	50
5.5. Rejestracja zmiennych programu sterowania	52
6. BADANIA LABORATORYJNE	54
6.1. Zakres badań	54
6.2. Dobór chwil pomiaru prądów fazowych dla algorytmu EHV	54
6.3. Dobór chwil pomiaru prądów fazowych dla algorytmu ELV	60
6.4. Badania estymatora EHV	63
6.5. Badania estymatora ELV	66
6.6. Badania estymatora położenia początkowego wirnika	67
6.7. Estymacja w pełnym zakresie prędkości kątowych wirnika	69
6.8. Praca napędu w trybie bezczujnikowym	71
7. PODSUMOWANIE	73
BIBLIOGRAFIA	75
Streszczenie w języku polskim	83
Streszczenie w języku angielskim	84
ZAŁĄCZNIKI	85