

## SPIS TREŚCI

<b>1</b>	<b>Wprowadzenie</b>	<b>3</b>
1.1	Zalety płynnej regulacji prędkości	4
1.2	Definicje sterowania i regulacji	6
<b>2</b>	<b>Trójfazowe silniki prądu przemiennego</b>	<b>7</b>
2.1	Silnik asynchroniczny	9
2.1.1	Stojan	9
2.1.2	Pole magnetyczne silnika	10
2.1.3	Wirnik silnika asynchronicznego	12
2.1.4	Poślizg, moment i prędkość	13
2.1.5	Sprawność i straty	16
2.1.6	Pole magnetyczne silnika	17
2.1.7	Elektryczny schemat zastępczy	18
2.1.7.1	Warunki pracy silnika	19
2.1.8	Sposoby regulacji prędkości	20
2.1.8.1	Regulacja prędkości przez zmianę liczby par biegunów	21
2.1.8.2	Sterowanie poślizgiem silnika	22
2.1.8.3	Regulacja prędkości przez zmianę częstotliwości zasilania	23
2.2	Dane tabliczki znamionowej silnika	26
2.3	Typowe obciążenia silników	34
2.4	Silniki synchroniczne	36
2.5	Silniki reluktancyjne	39
<b>3</b>	<b>Przezienniki częstotliwości</b>	<b>43</b>
3.1	Prostowniki	45
3.2	Obwód pośredni	49
3.3	Falownik	52
3.3.1	Tranzystor jako dwustanowy łącznik energoelektroniczny	55
3.3.2	Metody kształtowania napięcia wyjściowego falownika	58
3.3.2.1	Kształtowanie napięcia metodą modulacji amplitudowej - PAM	58
3.3.2.2	Kształtowanie napięcia metodą PWM	59
3.3.2.3	Modulacja PWM z sinusoidalnym przebiegiem nośnym	60
3.3.2.4	Synchroniczna modulacja PWM	63
3.3.2.5	Asynchroniczna modulacja PWM	63
3.4	Obwód sterowania	69
3.4.1	Zasada sterowania falownika PWM według firmy <b>Danfoss</b>	70
3.4.2	Podstawy sterowania według metody VVC	71
3.4.3	Podstawy sterowania według metody VVC PLUS	72
3.4.4	Polowo zorientowane sterowanie wektorowe silników	78
3.4.5	Charakterystyka V/f i sterowanie wektorem strumienia silnika	79
3.4.6	Modulacja VVC PLUS. Kompensacja poślizgu	80
3.4.7	Automatyczne dopasowanie przeziennika do silnika (AMA)	81
3.4.8	Automatyczna optymalizacja zużycia energii (AEO)	82
3.4.9	Praca przy ograniczeniu prądowym	82
3.4.10	Funkcje ochronne	83
3.4.11	Ogólne wiadomości o układzie z mikroprocesorem	85

3.4.12	Zastosowanie komputerów w przemiennikach częstotliwości	86
3.5	Komunikacja	89
3.6	Sterowniki swobodnie programowane PLC	90
3.6.1	Komunikacja przez łącze szeregowe	92
3.6.2	Otwarte protokoły komunikacyjne	96
<b>4</b>	<b>Przemienniki częstotliwości i silniki trójfazowe</b>	<b>99</b>
4.1	Warunki pracy silnika	100
4.1.1	Kompensacja	100
4.1.2	Zależne i niezależne od obciążenia silnika parametry kompensacji	101
4.1.3	Kompensacja poślizgu	101
4.2	Charakterystyki momentu silnika	102
4.2.1	Ograniczenie prądowe	102
4.2.2	Wymagania stawiane zaawansowanym cyfrowym przemiennikom częstotliwości	105
4.3	Dobór przemiennika częstotliwości	105
4.3.1	Rodzaje charakterystyk obciążenia	106
4.3.2	Rozpływ prądu w przemienniku częstotliwości. Współczynnik mocy silnika - $\cos\varphi$	110
4.3.3	Sterowanie prędkością obrotową silnika	111
4.3.4	Minimalne czasy zwiększania i zmniejszania prędkości silnika	112
4.3.5	Hamowanie dynamiczne	113
4.3.6	Zmiana kierunku wirowania	114
4.3.7	Czasy rozruchu i hamowania silnika	115
4.3.8	Monitorowanie napędu	117
4.4	Wpływ obciążenia na nagrzewanie się silnika	118
4.5	Sprawność urządzeń układu napędowego	119
<b>5</b>	<b>Ochrona i bezpieczeństwo</b>	<b>123</b>
5.1	Ochrona dodatkowa	123
5.2	Zerowanie (system TN)	123
5.3	Uziemienie (system TT)	124
5.4	Przełączniki ochronne	125
5.5	Zgodność elektromagnetyczna	127
5.6	Emisja zaburzeń	129
5.7	Sprzężenia obwodów elektrycznych	130
5.8	Zakłócenia przenoszone siecią zasilania	132
5.9	Interferencja częstotliwości radiowych	134
5.10	Przewody ekranowe lub zbrojone	137
5.11	Urządzenia do kompensacji współczynnika mocy	138
5.12	Dobór przemiennika częstotliwości dla napędów o regulowanej prędkości obrotowej	138
<b>6</b>	<b>Dodatek I Ogólna teoria mechaniki</b>	<b>141</b>
6.1	Ruch prostoliniowy	141
6.2	Ruch po okręgu	141
6.3	Praca i siła	143
<b>7</b>	<b>Dodatek II Ogólna teoria prądu przemiennego</b>	<b>145</b>
7.1	Współczynnik mocy	147

7.2	Trójfazowy prąd przemienny	147
7.3	Połączenie uzwojeń silnika – gwiazda-trójkąt	148
<b>8</b>	<b>Dodatek III Ogólne używane skróty</b>	<b>150</b>
<b>9</b>	<b>Literatura</b>	<b>151</b>