

Spis treści

Wstęp	7
1. Układy jedno- i trójfazowe – pojęcia podstawowe	9
1.1. Systemy jednofazowe	9
1.2. Systemy wielofazowe	16
1.3. Przekształcenie układu trójfazowego w dwufazowy i odwrotnie	19
1.4. Moce w obwodach wielofazowych	20
1.4.1. Moc pozorna	20
1.4.2. Moc zespolona	22
2. Asymetria obciążenia	27
2.1. Składowe symetryczne	27
2.2. Moc składowych symetrycznych	28
2.3. Moc pulsująca w liniowych układach asymetrycznych nie zrównoważonych	31
2.4. Wpływ asymetrii na przekształcanie energii	34
2.5. Symetryzacja prądów trójprzewodowej linii zasilającej odbiorniki asymetryczne	37
2.6. Trójfazowy asymetryczny odbiornik zrównoważony	48
2.7. Kolejność faz a wartość składowej kolejności przeciwnej prądu odbiornika asymetrycznego	50
2.8. Trójfazowe odbiorniki asymetryczne z przewodem neutralnym	53
2.9. Składowe symetryczne nie zrównoważonego odbiornika zasilanego trójprzewodowo a wartości skuteczne prądów linii	57
3. Harmoniczne w układach wielofazowych	60
3.1. Harmoniczne prądu w symetrycznych układach trójfazowych	60
3.2. Harmoniczne prądu asymetrycznych trójfazowych odbiorników nieliniowych	62

3.3. Moc w jednofazowych liniach z okresowymi przebiegami odkształconymi	64
3.4. Miary odkształcenia przebiegów sinusoidalnych	66
4. Transformacje układów trójfazowych	69
4.1. Przekształcenie układu trójfazowego bez przewodu neutralnego do dwufazowego układu stacjonarnego (przekształcenie Clarke)	69
4.2. Przekształcenie dwufazowego układu stacjonarnego $\alpha\beta$ do układu wirującego dq (przekształcenie Parka)	74
4.3. Trójfazowa pętla fazowa	77
4.4. Prądy układu trójfazowego jako wektor wirujący	83
4.5. Regulacja prądów we współrzędnych dq	86
4.6. Regulacja prądów linii sprzęgającej źródło zależne i niezależne	90
5. Moc bierna i prądy bierne	93
5.1. Składowe mocy pozornej według C.I. Budeanu	93
5.1.1. Odbiorniki jednofazowe	93
5.1.2. Odbiorniki wielofazowe	97
5.2. Rozkład prądów fazowych według S. Fryzego	101
5.3. Teoria mocy chwilowych	115
5.4. Wpływ obciążenia biernego na napięcie u odbiorcy energii	123
5.5. Współczynnik mocy w linii trójfazowej	125
6. Parametry trójfazowego kompensatora symetryzującego	127
6.1. Wyznaczanie wartości parametrów międzyfazowych elementów kompensatora symetryzującego	127
6.2. Pomiar wartości składowych biernej i czynnej prądu odbiorników trójfazowych	131
6.2.1. Pomiar składowych czynnej i biernej obciążeń jednofazowych	131
6.2.2. Pomiar składowej biernej obciążeń trójfazowych symetrycznych	133
6.2.3. Pomiar składowej czynnej prądu	135
6.2.4. Wpływ harmonicznych prądu na wynik pomiaru składowych	137
6.2.5. Wpływ asymetrii prądów na wynik pomiaru składowej czynnej i biernej prądu	138
6.2.6. Pomiar składowych biernych prądów fazowych obciążeń asymetrycznych	141

7. Nadążne tyrystorowe kompensatory prądu biernego	144
7.1. Trójfazowe kompensatory symetryzujące	144
7.1.1. Wielosekcyjna bateria kondensatorów	
załączanych łącznikami tyrystorowymi (TSC)	144
7.1.1.1. Załączanie jednofazowej baterii kondensatorów	
do linii prądu przemiennego	145
7.1.1.2. Kompensator TSC zasilany przez transformator	157
7.1.2. Stała bateria kondensatorów i dławiki	
z kontrolowanym za pomocą regulatorów tyrystorowych	
prądem biernym (FC+TCR)	161
7.1.2.1. Jednofazowy tyrystorowy sterownik	
z obciążeniem indukcyjnym	161
7.1.3. Kompensator (FC+TCR)	165
7.2. Nadążne kompensatory symetryczne	169
7.2.1. Kompensatory z prądami dławików	
regulowanymi symetrycznie	
za pomocą regulatorów tyrystorowych	169
7.2.2. Sterowanie nadążnymi symetrycznymi kompensatorami	
w zamkniętym układzie regulacji	171
7.3. Porównanie nadążnych trójfazowych kompensatorów	173
7.4. Jednofazowe kompensatory nadążne	173
7.5. Kompensator symetryzujący w układzie Steinmetza	176
8. Filtracja harmonicznych	180
8.1. Źródła harmonicznych prądu	180
8.2. Źródła harmonicznych napięcia	182
8.3. Równoległe pasywne filtry harmonicznych prądu	183
8.3.1. Zasada filtracji harmonicznej prądu	183
8.3.2. Dobór parametrów elementów	
pasywnego filtra równoległego	191
8.4. Równoległe filtry aktywne	194
8.4.1. Równoległy filtr aktywny dla źródła harmonicznych prądu	194
8.4.2. Równoległy filtr aktywny dla źródła harmonicznych napięcia	196
8.5. Szeregowe filtry aktywne	197
8.5.1. Szeregowy filtr aktywny dla źródła harmonicznych prądu	197
8.5.2. Szeregowy filtr aktywny dla źródła harmonicznych napięcia	199
8.6. Różnice pomiędzy równoległym filtrem aktywnym i pasywnym	200

8.7. Struktura układów sterowania równoległymi filtrami aktywnymi	201
8.7.1. Sterowanie równoległym filtrem aktywnym w funkcji chwilowych mocy czynnych i biernych	205
8.7.2. Równoległe filtry aktywne sterowane we współrzędnych dq na podstawie składowych prądów S. Fryzego	209
8.8. Kompensator STATCOM	219
8.9. Pomiar nieaktywnych składowych prądów faz linii trójfazowej	224
9. Regulator proporcjonalno-rezonansowy (P+R)	229
9.1. Koncepcja regulatora	229
9.2. Synteza regulatora analogowego	232
9.3. Przykłady zastosowania regulatora P+R	236
9.4. Trójfazowy układ regulacji mocy czynnej i biernej	240
10. Dodatek	243
10.1. Jednofazowe obciążenie bierne	243
10.2. Składowa nieaktywna prądu źródła zasilającego impulsowy przekształtnik prądu stałego	248
Literatura	255