

Spis treści

Wstęp	9
Wykaz ważniejszych oznaczeń	10
1. Niesterowane układy prostownikowe jedno- i dwupulsowe	12
1.1. Wprowadzenie	12
1.2. Niesterowany prostownik jednopulsowy	13
1.3. Niesterowany prostownik dwupulsowy	22
1.4. Ćwiczenie 1	24
1.4.1. Cel ćwiczenia	24
1.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	24
1.4.3. Przebieg ćwiczenia	26
1.4.4. Opracowanie wyników badań	26
1.4.5. Zagadnienia kontrolne	27
2. Niesterowane układy prostownikowe trój- i sześciopulsowe	28
2.1. Wprowadzenie	28
2.2. Niesterowany prostownik trójpulsowy	28
2.3. Niesterowany prostownik sześciopulsowy mostkowy	31
2.4. Ćwiczenie 2	34
2.4.1. Cel ćwiczenia	34
2.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	34
2.4.3. Przebieg ćwiczenia	34
2.4.4. Opracowanie wyników badań	36
2.4.5. Zagadnienia kontrolne	37
3. Sterowane układy prostownikowe jedno- i dwupulsowe	38
3.1. Wprowadzenie	38
3.2. Sterowany prostownik jednopulsowy	38
3.3. Sterowany prostownik dwupulsowy	43
3.4. Ćwiczenie 3	45
3.4.1. Cel ćwiczenia	45
3.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	46
3.4.3. Przebieg ćwiczenia	47
3.4.4. Opracowanie wyników badań	48
3.4.5. Zagadnienia kontrolne	48
4. Sterowane układy prostownikowe trój- i sześciopulsowe	49
4.1. Wprowadzenie	49
4.2. Sterowany prostownik trójpulsowy	49
4.3. Sterowany prostownik sześciopulsowy	53
4.4. Ćwiczenie 4	58
4.4.1. Cel ćwiczenia	58

4.4.2.	Opis modelu laboratoryjnego	58
4.4.3.	Przebieg ćwiczenia	60
4.4.4.	Opracowanie wyników badań	60
4.4.5.	Zagadnienia kontrolne	61
5.	Jednofazowe sterowniki napięcia prądu przemiennego	62
5.1.	Wprowadzenie	62
5.2.	Sposoby regulacji mocy z wykorzystaniem sterowników	64
5.3.	Jednofazowy sterownik prądu przemiennego zasilający odbiornik czysto rezystancyjny ...	67
5.4.	Jednofazowy sterownik prądu przemiennego zasilający odbiornik czysto indukcyjny	71
5.5.	Jednofazowy sterownik prądu przemiennego zasilający odbiornik rezystancyjno-indukcyjny	74
5.6.	Ćwiczenie 5	78
5.6.1.	Cel ćwiczenia	78
5.6.2.	Opis modelu laboratoryjnego	78
5.6.3.	Przebieg ćwiczenia	79
5.6.4.	Opracowanie wyników badań	80
5.6.5.	Zagadnienia kontrolne	80
6.	Trójfazowe sterowniki napięcia prądu przemiennego	81
6.1.	Wprowadzenie	81
6.2.	Trójfazowy sterownik zasilany z sieci trójfazowej z przewodem neutralnym	82
6.3.	Trójfazowy sterownik zasilany z sieci trójfazowej bez przewodu neutralnego	87
6.4.	Ćwiczenie 6	91
6.4.1.	Cel ćwiczenia	91
6.4.2.	Opis modelu laboratoryjnego	91
6.4.3.	Przebieg ćwiczenia	93
6.4.4.	Opracowanie wyników badań	93
6.4.5.	Zagadnienia kontrolne	94
7.	Cyklokonwerter jednofazowy obniżający częstotliwość	95
7.1.	Wprowadzenie	95
7.2.	Ćwiczenie 7	101
7.2.1.	Cel ćwiczenia	101
7.2.2.	Opis modelu laboratoryjnego	101
7.2.3.	Przebieg ćwiczenia	101
7.2.4.	Opracowanie wyników badań	102
7.2.5.	Zagadnienia kontrolne	102
8.	Cyklokonwerter jednofazowy podwyższający częstotliwość	103
8.1.	Wprowadzenie	103
8.2.	Zasada działania	103
8.3.	Ćwiczenie 8	108
8.3.1.	Cel ćwiczenia	108
8.3.2.	Opis modelu laboratoryjnego	108
8.3.3.	Przebieg ćwiczenia	109
8.3.4.	Opracowanie wyników badań	109
8.3.5.	Zagadnienia kontrolne	110
9.	Tyristorowy falownik jednofazowy o napięciu prostokątnym	111
9.1.	Wprowadzenie	111
9.2.	Falowniki napięciowe równoległe	111
9.3.	Ćwiczenie 9	114

9.3.1.	Cel ćwiczenia	114
9.3.2.	Opis modelu laboratoryjnego	115
9.3.3.	Przebieg ćwiczenia	116
9.3.4.	Opracowanie wyników badań	118
9.3.5.	Zagadnienia kontrolne	118
10.	Jednofazowy napięciowy falownik MSI	119
10.1.	Wprowadzenie	119
10.2.	Ćwiczenie 10	124
10.2.1.	Cel ćwiczenia	124
10.2.2.	Opis modelu laboratoryjnego	124
10.2.3.	Przebieg ćwiczenia	126
10.2.4.	Opracowanie wyników badań	126
10.2.5.	Zagadnienia kontrolne	126
11.	Trójfazowy napięciowy falownik MSI	127
11.1.	Wprowadzenie	127
11.2.	Falownik napięcia z modulacją szerokości pojedynczego impulsu w półokresie	127
11.3.	Trójfazowy falownik napięcia	129
11.4.	Wektor wirujący napięcia wyjściowego falownika	131
11.5.	Falownik napięcia z modulacją impulsową	132
11.6.	Ćwiczenie 11	136
11.6.1.	Cel ćwiczenia	136
11.6.2.	Opis modelu laboratoryjnego	136
11.6.3.	Przebieg ćwiczenia	138
11.6.4.	Opracowanie wyników badań	138
11.6.5.	Zagadnienia kontrolne	138
12.	Falownik szeregowy	140
12.1.	Wprowadzenie	140
12.2.	Ćwiczenie 12	142
12.2.1.	Cel ćwiczenia	142
12.2.2.	Opis modelu laboratoryjnego	142
12.2.3.	Przebieg ćwiczenia	143
12.2.4.	Opracowanie wyników badań	143
12.2.5.	Zagadnienia kontrolne	144
13.	Tyristorowy łącznik napięcia stałego	145
13.1.	Wprowadzenie	145
13.2.	Ćwiczenie 13	148
13.2.1.	Cel ćwiczenia	148
13.2.2.	Opis modelu laboratoryjnego	148
13.2.3.	Przebieg ćwiczenia	149
13.2.4.	Opracowanie wyników badań	150
13.2.5.	Zagadnienia kontrolne	150
14.	Przekształtnik DC/DC obniżający napięcie	151
14.1.	Wprowadzenie	151
14.2.	Ćwiczenie 14	156
14.2.1.	Cel ćwiczenia	156
14.2.2.	Opis modelu laboratoryjnego	156
14.2.3.	Przebieg ćwiczenia	157
14.2.4.	Opracowanie wyników badań	157

14.2.5. Zagadnienia kontrolne	157
15. Przekształtnik DC/DC podwyższający napięcie	158
15.1. Wprowadzenie	158
15.2. Ogólne właściwości regulatorów napięcia stałego	158
15.2.1. Klasyfikacja regulatorów napięcia stałego	159
15.2.2. Zasada impulsowej regulacji napięcia	160
15.3. Rodzaje impulsowych regulatorów napięcia	162
15.4. Ćwiczenie 15	168
15.4.1. Cel ćwiczenia	168
15.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	168
15.4.3. Przebieg ćwiczenia	170
15.4.4. Opracowanie wyników badań	170
15.4.5. Zagadnienia kontrolne	171
16. Negatywne oddziaływanie przekształtników energoelektronicznych na sieć zasilającą	172
16.1. Wprowadzenie	172
16.2. Niesinusoidalny przebieg prądów pobieranych z sieci	173
16.3. Moc bierna sterowania	174
16.4. Komutacyjne załamania przebiegu napięcia	176
16.5. Odkształcanie się napięć	180
16.6. Rezonanse	180
16.7. Ćwiczenie 16	182
16.7.1. Cel ćwiczenia	182
16.7.2. Opis modelu laboratoryjnego	182
16.7.3. Przebieg ćwiczenia	185
16.7.4. Opracowanie wyników badań	186
16.7.5. Zagadnienia kontrolne	186
17. Pasywne filtry wyższych harmonicznych	187
17.1. Wprowadzenie	187
17.2. Zasada działania równoległych filtrów wyższych harmonicznych	189
17.3. Kryteria doboru elementów filtrów wyższych harmonicznych	190
17.4. Ćwiczenie 17	194
17.4.1. Cel ćwiczenia	194
17.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	194
17.4.3. Przebieg ćwiczenia	196
17.4.4. Opracowanie wyników badań	197
17.4.5. Zagadnienia kontrolne	198
18. Nadążna kompensacja mocy biernej	199
18.1. Wprowadzenie	199
18.2. Układy energoelektroniczne do poprawy współczynnika mocy	200
18.3. Ćwiczenie 18	204
18.3.1. Cel ćwiczenia	204
18.3.2. Opis modelu laboratoryjnego	205
18.3.3. Przebieg ćwiczenia	206
18.3.4. Opracowanie wyników badań	206
18.3.5. Zagadnienia kontrolne	207
19. Praca falownikowa tyrystorowych układów prostownikowych	208
19.1. Wprowadzenie	208
19.2. Ćwiczenie 19	212

19.2.1. Cel ćwiczenia	212
19.2.2. Opis modelu laboratoryjnego	212
19.2.3. Przebieg ćwiczenia	213
19.2.4. Opracowanie wyników badań	214
19.2.5. Zagadnienia kontrolne	214
20. Sześciopulsowy falownik sieciowzbudny	215
20.1. Wprowadzenie	215
20.2. Układ sześciopulsowego falownika sieciowzbudnego	215
20.3. Ćwiczenie 20	221
20.3.1. Cel ćwiczenia	221
20.3.2. Opis modelu laboratoryjnego	221
20.3.3. Przebieg ćwiczenia	223
20.3.4. Opracowanie wyników badań	223
20.3.5. Zagadnienia kontrolne	224
21. Układy przekształtnikowe o zmniejszonym oddziaływaniu na sieć zasilającą	225
21.1. Wprowadzenie	225
21.2. Ćwiczenie 21	229
21.2.1. Cel ćwiczenia	229
21.2.2. Opis modelu laboratoryjnego	229
21.2.3. Przebieg ćwiczenia	231
21.2.4. Opracowanie wyników badań	232
21.2.5. Zagadnienia kontrolne	232
22. Układy fazowego sterowania przekształtników energoelektronicznych	233
22.1. Wprowadzenie	233
22.2. Idea sterowania fazowego	234
22.3. Charakterystyka obwodu bramkowego tyrystora	238
22.4. Ćwiczenie 22	240
22.4.1. Cel ćwiczenia	240
22.4.2. Opis modelu laboratoryjnego	240
22.4.3. Przebieg ćwiczenia	241
22.4.4. Opracowanie wyników badań	241
22.4.5. Zagadnienia kontrolne	242
Dodatek A. Klasyczne przyrządy pomiarowe w obwodach elektrycznych z odkształconymi przebiegami	243
A.1. Wprowadzenie	243
A.2. Amperomierz elektromagnetyczny w obwodzie o odkształconym przebiegu prądu	244
A.3. Woltomierz w obwodzie z odkształconym napięciem	245
A.4. Elektrodynamiczne przyrządy pomiarowe w obwodach z odkształconymi przebiegami napięcia i prądu	246
Dodatek B. Pomiary i monitorowanie przebiegów w obwodach silnoprądowych	248
B.1. Obwody zasilane napięciami separowanymi	248
B.2. Obwody zasilane napięciami nieseparowanymi	249
B.3. Sposób wyznaczania zawartości wyższych harmonicznych w przebiegach prądów i napięć przy użyciu nanowoltomierza selektywnego	250
Dodatek C. Moce w obwodach o niesinusoidalnych przebiegach napięć i prądów. Pomiary	253
C.1. Moc w obwodach o okresowych niesinusoidalnych przebiegach napięć i prądów	253
C.2. Współczynnik mocy λ układów przekształtnikowych	255
C.3. Współczynnik zawartości harmonicznych napięcia sieci (THD)	256

C.4. Pomiary	256
Dodatek D. Wytyczne do sporządzania sprawozdania z ćwiczenia i sposobu opracowania wyników badań	259
Literatura	261
262	
263	
264	
265	
266	
267	
268	
269	
270	
271	
272	
273	
274	
275	
276	
277	
278	
279	
280	
281	
282	
283	
284	
285	
286	
287	
288	
289	
290	
291	
292	
293	
294	
295	
296	
297	
298	
299	
300	
301	
302	
303	
304	
305	
306	
307	
308	
309	
310	
311	
312	
313	
314	
315	
316	
317	
318	
319	
320	
321	
322	
323	
324	
325	
326	
327	
328	
329	
330	
331	
332	
333	
334	
335	
336	
337	
338	
339	
340	
341	
342	
343	
344	
345	
346	
347	
348	
349	
350	
351	
352	
353	
354	
355	
356	
357	
358	
359	
360	
361	
362	
363	
364	
365	
366	
367	
368	
369	
370	
371	
372	
373	
374	
375	
376	
377	
378	
379	
380	
381	
382	
383	
384	
385	
386	
387	
388	
389	
390	
391	
392	
393	
394	
395	
396	
397	
398	
399	
400	