

Spis treści

Słowo wstępne	15
Od Autora	16
I. WSTĘP	17
I-1. Wstęp	19
II. WYBRANE ZAGADNIENIA Z TEORII OBWODÓW	27
II-1. Układy jedno- i trójfazowe – pojęcia podstawowe	29
II-1.1. Systemy jednofazowe	29
II-1.2. Systemy wielofazowe	33
II-1.3. Moce w obwodach o przebiegach sinusoidalnych	36
II-1.3.1. Moc pozorna	36
II-1.3.1. Moc zespolona	39
II-1.4. Przekształcenie układu trójfazowego w dwufazowy i odwrotnie	42
II-1.5. Prezentacja chwilowych wartości przebiegów sinusoidalnych za pomocą wykresów wskazowych	43
II-2. Asymetria	45
II-2.1. Składowe symetryczne	45
II-2.2. Moc składowych symetrycznych	49
II-2.3. Moc pulsująca w liniowych układach asymetrycznych niezrównoważonych	52
II-2.4. Wpływ asymetrii na przekształcanie energii	56
II-2.5. Trójfazowe układy zrównoważone	59
II-2.6. Wpływ kolejności faz na wartość współczynnika asymetrii	62
II-2.7. Symetryzacja odbiorników zasilanych trójprzewodowo	70
II-2.8. Trójfazowe odbiorniki z przewodem neutralnym	74
II-2.9. Pomiar składowych symetrycznych	80
II-2.9.1. Filtry składowej zgodnej i przeciwnej prądu	80
II-2.9.2. Filtry składowej zgodnej i przeciwnej napięcia	82
II-2.9.3. Filtry składowej zerowej napięcia	84
II-2.9.4. Filtry składowej zerowej prądu	85

II-2.10. Związek między skutecznymi wartościami prądów fazowych a składowymi symetrycznymi niezrównoważonego odbiornika zasilanego trójprzewodowo	87
II-3. Harmoniczne w układach wielofazowych.....	90
II-3.1. Szereg Fouriera	90
II-3.2. Szeregi Fouriera okresowych funkcji symetrycznych.....	92
II-3.3. Przykłady wyznaczania współczynników szeregu Fouriera	94
II-3.4. Wyższe harmoniczne prądu w symetrycznych układach trójfazowych	98
II-3.5. Harmoniczne prądu w asymetrycznych układach trójfazowych.....	100
II-3.6. Moc w jednofazowych układach z okresowymi przebiegami odkształconymi	103
II-3.7. Miary odkształcenia przebiegów okresowych	105
II-4. Transformacje układów trójfazowych	107
II-4.1. Przekształcenie układu trójfazowego bez przewodu neutralnego do dwufazowego układu stacjonarnego	107
II-4.2. Przekształcenie dwufazowego układu stacjonarnego $\alpha\beta$ do układu wirującego dq	113
II-4.3. Prądy układu trójfazowego jako wektor wirujący.....	115
II-5. Moc bierna i prądy bierne	119
II-5.1. Definicja mocy według Constantina I. Budeanu	120
II-5.1.1. Odbiorniki jednofazowe	120
II-5.1.2. Odbiorniki wielofazowe	123
II-5.2. Rozkład prądów fazowych według Stanisława Fryzego	128
II-5.3. Teoria mocy chwilowych.....	142
II-5.4. Wpływ obciążenia biernego na system zasilania	149
II-5.5. Bilans mocy w układzie Steinmetza	151
II-6. Jednofazowe obciążenie bierne	154
III. PRZEKSZTAŁTNIKI TYRYSTOROWE I CYKLOKONWERTORY	161
III-1. Prostowniki jednofazowe	163
III-1.1. Jednofazowe prostowniki diodowe	163
III-1.2. Jednofazowe prostowniki tyrystorowe	168
III-2. Tyrystorowe przekształtniki wielofazowe.....	179
III-2.1. Tyrystorowe przekształtniki gwiazdowe	179
III-2.1.1. Wielofazowe tyrystorowe przekształtniki gwiazdowe	179

III-2.1.2. Trójfazowe tyrystorowe przekształtniki gwiazdowe	188
III-2.2. Trójfazowe tyrystorowe przekształtniki mostkowe	190
III-2.2.1. Średnia wartość napięcia wyjściowego przekształtnika mostkowego	193
III-2.2.2. Nieciągły prąd obciążenia	198
III-2.2.3. Proces komutacji w przekształtniku tyrystorowym	202
III-2.2.4. Wpływ procesu komutacji na średnią wartość napięcia wyjściowego	206
III-2.2.5. Praca falownikowa mostka tyrystorowego	209
III-2.3. Mostkowe prostowniki diodowe	215
III-2.4. Dławik wyjściowy trójfazowego mostkowego przekształtnika tyrystorowego	230
III-3. Oddziaływanie trójfazowego przekształtnika mostkowego na linię zasilającą	233
III-3.1. Prądy fazowe linii zasilającej (źródła) trójfazowy tyrystorowy przekształtnik mostkowy	233
III-3.2. Komutacyjne załamania napięcia	242
III-3.3. Związek pomiędzy dopuszczalną maksymalną mocą pozorną przekształtnika i mocą zwarcia w punkcie przyłączenia	244
III-3.4. Oddziaływanie trójfazowego mostkowego przekształtnika diodowego	247
III-3.5. Składowa aktywna i nieaktywna prądu źródła zasilającego trójfazowy mostkowy przekształtnik tyrystorowy	250
III-4. Trójfazowe przekształtniki złożone	253
III-4.1. Trójfazowe podwójne przekształtniki jednokierunkowe (dwukwadrantowe)	253
III-4.1.1. Jednokierunkowy złożony przekształtnik szeregowy	253
III-4.1.2. Jednokierunkowy złożony przekształtnik równoległy	276
III-4.1.3. Trójfazowe podwójne przekształtniki dwukierunkowe (czterokwadrantowe)	285
III-4.1.4. Przekształtniki z prądem obwodowym (wyrównawczym)	286
III-4.1.5. Przekształtniki bez prądu obwodowego	293
III-5. Sterowanie i regulacja tyrystorowych przekształtników trójfazowych	295
III-5.1. Przekształtniki jednokierunkowe (nienawrotne)	295

III-5.2. Przekształtniki dwukierunkowe (nawrotne) z prądem wyrównawczym	300
III-5.3. Przekształtniki nawrotne bez prądu wyrównawczego	301
III-5.4. Struktura układu synchronizacji i generowania impulsów bramkowych dla tyrystorów trójfazowego mostka	304
III-5.4.1. Układy analogowo-logiczne	304
III-5.4.2. Układy cyfrowe (mikroprocesorowe)	310
III-6. Cyklokonwertory	316
III-6.1. Wstęp	316
III-6.2. Podstawy działania cyklokonwertora	318
III-6.2.1. Praca jednofazowego cyklokonwertora bez prądu obwodowego	319
III-6.2.2. Praca cyklokonwertora z prądem obwodowym	322
III-6.3. Oddziaływanie cyklokonwertora na linię zasilającą	325
III-6.4. Układy cyklokonwertorów	337
III-6.4.1. Symetryczny układ sześciopulsowy z punktem neutralnym	337
III-6.4.2. Symetryczny układ dwunastopulsowy z punktem neutralnym	338
III-6.4.3. Symetryczny układ sześciopulsowy mostkowy z rozdzielonymi obciążeniami	338
III-6.4.4. Symetryczny układ sześciopulsowy mostkowy z nierozdzielonymi obciążeniami	339
III-6.4.5. Symetryczny dwunastopulsowy układ mostkowy	340
III-6.4.6. Cyklokonwertor w układzie otwartego trójkąta	341
III-6.4.7. Układ sześciopulsowy mostkowy otwartego trójkąta	342
III-6.4.8. Cyklokonwertor pierścieniowy	344

IV. TRÓJFAZOWE PROSTOWNIKI TYRYSTOROWE

O ZMNIEJSZONEJ MOCY BIERNEJ	347
IV-1. Sterowanie trójfazowego mostkowego prostownika tyrystorowego zmniejszające moc bierną	349
IV-1.1. Sterowanie prostownikiem	349
IV-1.2. Komutacja prądu obciążenia	352
IV-1.3. Średnia wartość napięcia wyprostowanego	357
IV-1.4. Harmoniczne prądu fazowego	359
IV-1.5. Moc bierna prostownika	362
IV-2. Trójfazowy mostkowy prostownik tyrystorowy z dwoma tyrystorami rozładowniczymi	366
IV-2.1. Struktura układu i sterowanie prostownika 6T+2T	366

IV-2.2. Procesy komutacji w prostowniku 6T+2T	368
IV-2.3. Średnia wartość napięcia wyprostowanego prostownika 6T+2T	370
IV-2.4. Harmoniczne prądu źródła zasilającego prostownik 6T+2T	372
IV-2.5. Moc bierna prostownika 6T+2T	375
IV-2.6. Prostownik 6T+2T zasilany z linii bez przewodu neutralnego	377
IV-2.6.1. Względna zawartość wyższych harmoniczych w prądach fazowych źródła	381
IV-3. Trójfazowy prostownik mostkowy z diodami rozładowczymi	385
IV-3.1. Trójfazowy prostownik mostkowy z jedną diodą rozładowczą (6T+1D)	385
IV-3.1.1. Komutacja w mostku 6T+1D	393
IV-3.1.2. Średnia wartość napięcia wyprostowanego	395
IV-3.2. Trójfazowy prostownik mostkowy z dwiema diodami rozładowczymi (6T+2D)	395
IV-3.2.1. Komutacja w prostowniku 6T+2D	403
IV-3.2.2. Średnia wartość napięcia wyprostowanego	405
IV-4. Prostownik mostkowy z różnym wysterowaniem tyrystorów gwiazdy anodowej i katodowej	407
V. TYRYSTOROWE ŁĄCZNIKI I REGULATORY (STEROWNIKI)	
PRĄDU PRZEMIENNEGO	415
V-1. Sterowniki jednofazowe	417
V-1.1. Jednofazowe sterowniki z obciążeniem RL	417
V-1.2. Sterownik jednofazowy z obciążeniem rezystancyjnym	419
V-1.3. Sterownik jednofazowy z obciążeniem indukcyjnym	422
V-2. Sterowniki trójfazowe	426
V-2.1. Sterowniki trójfazowe połączone w trójkąt	426
V-2.1.1. Sterowniki trójfazowe połączone w trójkąt z obciążeniem rezystancyjnym	427
V-2.1.2. Sterowniki trójfazowe połączone w trójkąt z obciążeniem indukcyjnym	427
V-2.2. Sterowniki trójfazowe w układzie gwiazdowym	428
V-2.2.1. Sterowniki w układzie w gwiazdowym z obciążeniem rezystancyjnym	428
V-2.2.2. Sterowniki trójfazowe połączone w gwiazdę z obciążeniem indukcyjnym	431
V-3. Łącznik tyrystorowy do załączania baterii kondensatorów	440
V-3.1. Załączanie jednofazowej baterii kondensatorów do linii prądu przemiennego	440

VI. KOMPENSACJA PRĄDU BIERNEGO	451
VI-1. Wprowadzenie	453
VI-2. Parametry trójfazowego kompensatora symetryzującego	455
VI-2.1. Wyznaczanie wartości susceptancji międzyfazowych elementów kompensatora symetryzującego na podstawie składowych biernych prądów fazowych	455
VI-2.2. Sterowanie kompensatorem symetryzującym zasilanym przez transformator	470
VI-2.3. Związki pomiędzy wartościami fazowych prądów biernych i składowymi symetrycznymi prądów fazowych obciążenia	474
VI-3. Sterowanie kompensatorem symetryzującym o ograniczonych wartościach parametrów elementów reaktancyjnych	479
VI-4. Pomiar składowych czynnej i biernej prądu odbiorników trójfazowych	491
VI-1.1. Pomiar składowych czynnej i biernej obciążeń symetrycznych	491
VI-4.1.1. Pomiar składowej biernej obciążeń symetrycznych	493
VI-4.1.2. Pomiar składowej czynnej prądu	495
VI-4.1.3. Wpływ wyższych harmonicznych prądu na wynik pomiaru	498
VI-4.1.4. Wpływ asymetrii obciążenia na wynik pomiaru składowej czynnej i biernej prądu	499
VI-2.1. Pomiar składowych biernych prądów fazowych obciążeń asymetrycznych	501
VI-3.1. Pomiar nieaktywnych składowych prądów faz obciążenia trójfazowego	504
VI-5. Nadążne tyrystorowe kompensatory prądu biernego	509
VI-5.1. Trójfazowe kompensatory asymetryczne	509
VI-5.1.1. Wielosekcyjna bateria kondensatorów załączanych łącznikami tyrystorowymi (TSC)	509
VI-5.1.2. Kompensator TSC zasilany przez transformator	513
VI-5.2. Stała bateria kondensatorów i dławiki z prądem biernym kontrolowanym za pomocą regulatorów tyrystorowych	517
VI-5.3. Nadążne kompensatory symetryczne	524
VI-5.3.1. Kompensatory z prądami dławików symetrycznie regulowanymi za pomocą regulatorów tyrystorowych	524

VI-5.3.2. Kompensatory symetryczne zawierające mostek tyrystorowy obciążony dławikiem	526
VI-5.3.3. Kompensator symetryczny zawierający mostek tyrystorowy z regulacją kąta przewodzenia prądów fazowych, obciążony dławikiem	531
VI-5.3.4. Symetryczny kompensator zawierający mostek tyrystorowy z dwoma tyrystorami pomocniczymi	534
VI-5.4. Sterowanie nadążnymi symetrycznymi kompensatorami w zamkniętym układzie regulacji	535
VI-5.5. Porównanie nadążnych trójfazowych kompensatorów	536
VI-5.6. Jednofazowe kompensatory nadążne	537
VI-6. Kompensatory synchroniczne (maszynowe)	541
VII. PRZEKSZTAŁTNIKI IMPULSOWE NAPIĘCIA STAŁEGO	555
VII-1. Przekształtnik obniżający napięcie	557
VII-2. Przekształtnik podwyższający napięcie	565
VII-3. Przekształtnik do obniżania i podwyższania napięcia	569
VII-3.1. Impulsowy przekształtnik kaskadowy	569
VII-3.2. Impulsowy przekształtnik obniżający i podwyższający napięcie	569
VII-3.2.1. Praca z nieciągłym prądem dławika	570
VII-3.2.2. Praca z ciągłym prądem dławika	572
VII-3.3. Impulsowy przekształtnik półmostkowy	573
VII-4. Filtr wejściowy przekształtnika impulsowego	576
VII-4.1. Wybór struktury filtra	576
VII-4.2. Dobór parametrów filtra 1Γ	581
VII-5. Oddziaływanie przekształtnika impulsowego prądu stałego wraz z filtrem na źródło energii (linię zasilającą)	586
VII-6. Impulsowe przekształtniki wielopulsowe	588
VII-6.1. Topologia i sterowanie	588
VII-6.2. Filtr wejściowy przekształtnika wielopulsowego	591
VII-6.3. Oscylacje w filtrze zasilającym przekształtnik impulsowy stabilizujący prąd obciążenia	595
VII-7. Składowa nieaktywna prądu źródła zasilającego impulsowy przekształtnik prądu stałego	599

VIII. FALOWNIKI AUTONOMICZNE	605
VIII-1. Wprowadzenie	607
VIII-1.1. Falowniki napięcia	607
VIII-1.2. Falowniki prądu	609
VIII-2. Jednofazowe falowniki napięcia	610
VIII-2.1. Falownik półmostkowy z przewodzeniem półokresowym	610
VIII-2.2. Mostkowy falownik napięcia z przewodzeniem półokresowym	612
VIII-2.3. Mostkowy falownik napięcia z modulacją szerokości pojedynczego impulsu w półokresie	613
VIII-2.4. Falowniki napięcia z modulacją szerokości impulsów	615
VIII-2.5. Falowniki napięcia śledzące zadany przebieg prądu obciążenia	619
VIII-2.6. Falowniki z eliminacją harmonicznym niskiego rzędu w napięciu wyjściowym	622
VIII-2.7. Wpływ czasu opóźnienia załączania łączników na napięcie wyjściowe falownika	623
VIII-3. Trójfazowe falowniki napięcia	627
VIII-3.1. Falowniki napięcia z półokresowym przewodzeniem łączników	627
VIII-3.2. Wektor wirujący napięcia wyjściowego falownika	631
VIII-3.3. Falowniki napięcia z modulacją impulsową	633
VIII-3.3.1. Modulacja szerokości impulsów (PWM) w naturalnym układzie odniesienia	634
VIII-3.3.2. Zastosowanie 3. harmonicznej w przebiegach napięć modulujących w celu zwiększenia napięcia wyjściowego trójfazowego falownika napięcia z modulacją PWM	641
VIII-3.3.3. Modulacja szerokości impulsów PWM w dwufazowym stacjonarnym układzie odniesienia ($\alpha\beta$)	645
VIII-3.4. Modulacja z eliminacją harmonicznym niskiego rzędu z napięć międzyfazowych	653
VIII-3.5. Sterowanie falowników napięcia ze śledzeniem zadanych przebiegów prądów odbiornika	655

VIII-3.6. Sterowanie falowników napięcia ze śledzeniem prądów fazowych przy stałej częstotliwości impulsowania	657
VIII-3.7. Przebieg prądu źródła napięcia zasilającego trójfazowy falownik napięcia	658
VIII-4. Czterogłęziowe falowniki napięcia	660
VIII-5. Sterowanie trójfazowym falownikiem napięcia z histerezowymi regulatorami prądów fazowych	670
VIII-5.1. Wprowadzenie	670
VIII-5.2. Szczególne przypadki sterowania falownika za pomocą regulatorów histerezowych	672
VIII-5.2.1. Generowanie wektorów zerowych przy małej wartości napięcia wyjściowego	672
VIII-5.3. Przełączanie z wektorów zerowych na wektory aktywne	674
VIII-6. Wielopoziomowe falowniki napięcia	676
VIII-6.1. Trójfazowy mostkowy falownik trójpoziomowy z diodową separacją źródeł napięcia stałego	676
VIII-6.2. Mostkowy trójfazowy falownik trójpoziomowy	679
VIII-6.2. Kaskadowe falowniki wielopoziomowe	694
VIII-6.3. Trójfazowe mostkowe falowniki kaskadowe	698
VIII-6.4. Falowniki wielopoziomowe z poziomowaniem napięć za pomocą kondensatorów	702
VIII-6.5. Wielopoziomowe falowniki napięcia do zasilania trójfazowych maszyn elektrycznych o nieskojarzonych uzwojeniach	705
VIII-7. Napięcie doziemne punktu neutralnego odbiornika zasilanego z trójfazowego falownika napięcia (PWM)	715
VIII-7.1. Falownik zasilany przez trójfazowy impulsowy (PWM)	715
VIII-7.2. Falownik (PWM) zasilany przez trójfazowy prostownik diodowy	718
VIII-8. Dwukierunkowy przekształtnik do zasilania odbiornika trójfazowego z jednofazowego źródła	722
VIII-8.1. Impulsowy (PWM) jednofazowy półmostkowy przekształtnik sieciowy i trójfazowy autonomiczny falownik w układzie V	722
VIII-8.2. Trójfazowy falownik w układzie V	723
VIII-8.2.1. Modulacja z trójkątną falą nośną	723
VIII-8.2.2. Modulacja wektorowa w falowniku V	729
VIII-9. Falowniki do wysokoobrotowych silników dwufazowych	736

VIII-10. Jednofazowe falowniki prądu	754
VIII-11. Trójfazowe tyrystorowe falowniki prądu	765
VIII-12. Falowniki prądu z modulacją szerokości impulsów (PWM)	773
VIII-13. Zasilanie falowników	779
VIII-13.1. Falowniki napięcia	779
VIII-13.2. Falowniki prądu	780
VIII-13.3. Dwukierunkowy przepływ energii	781
IX. FILTRACJA HARMONICZNYCH – PASYWNA I AKTYWNA	783
IX-1. Filtracja harmoniczných	785
IX-1.1. Źródła wyższych harmoniczných prądu	785
IX-1.2. Źródła wyższych harmoniczných napięcia	787
IX-1.3. Równoległe pasywne filtry	
wyższych harmoniczných prądu	787
IX-1.3.1. Zasada filtracji harmoniczných prądu	787
IX-1.4. Dobór parametrów elementów	
pasywnego filtru równoległego	796
IX-1.5. Szeregowe pasywne filtry harmoniczných napięcia	798
IX-1.5.1. Zasada filtracji harmoniczných napięcia	798
IX-1.6. Równoległe filtry aktywne	802
IX-1.6.1. Równoległy filtr aktywny	
dla źródła harmoniczných prądu	802
IX-1.6.2. Równoległy filtr aktywny	
dla źródła harmoniczných napięcia	804
IX-1.7. Szeregowe filtry aktywne	805
IX-1.7.1. Szeregowy filtr aktywny	
dla źródła harmoniczných prądu	805
IX-1.7.2. Szeregowy filtr aktywny	
dla źródła harmoniczných napięcia	806
IX-1.8. Różnice pomiędzy równoległym filtrem	
aktywnym i pasywnym	807
IX-1.9. Struktura układów sterowania	
równoległymi filtrami aktywnymi	809
IX-1.10. Sterowanie równoległym filtrem aktywnym	
w funkcji chwilowych mocy czynnych i biernych	812
IX-2. Jednofazowy równoległy filtr aktywny	816
IX-2.1. Jednofazowy prostownik impulsowy	816
IX-2.2. Jednofazowy prostownik sieciowy-filtr aktywny	820
IX-2.2.1. Dobór pojemności	
i napięcia kondensatora wyjściowego	827
IX-2.2.2. Dobór indukcyjności dławika wejściowego	827
IX-2.3. Wymuszanie stałej częstotliwości przełączeń	
histerezného regulatora prądu	828

IX-2.4. Przykłady realizacji jednofazowego prostownika-filtru aktywnego	829
IX-2.5. Stabilizacja napięcia wyjściowego przekształtnika sieciowego-filtru aktywnego	833
IX-2.6. Wpływ reaktancji źródła (linii zasilającej) na pracę filtru aktywnego	836
IX-3. Trójfazowy równoległy filtr aktywny	842
IX-3.1. Parametry elementów filtru i jego układu sterowania	842
IX-3.2. Przykład realizacji trójfazowego filtru aktywnego	849
IX-4. Równoległe filtry aktywne sterowane we współrzędnych dq	854
IX-4.1. Związek pomiędzy składowymi dq napięć i prądów trójfazowego filtru aktywnego	854
IX-4.2. Struktura układu regulacji przebiegów napięć filtru aktywnego we współrzędnych wirujących dq	856
IX-5. Kompensator STATCOM	865
IX-6. Równoległe filtry aktywne i kompensatory STATCOM dla średnich napięć	871
IX-7. Równoległe filtry hybrydowe	882
X. PROSTOWNIKI IMPULSOWE	
O PODWYŻSZONYM WSPÓŁCZYNNIKU MOCY	889
X-1. Jednofazowe prostowniki impulsowe	891
X-2. Trójfazowe prostowniki impulsowe	900
X-2.1. Jednokierunkowy prostownik impulsowy	900
X-2.2. Trójfazowy dwukierunkowy prostownik aktywny	904
XI. PRZEKSZTAŁTNIKI MATRYCOWE	907
XI-1. Zasada działania przekształtnika matrycowego	909
XI-2. Przekształtnik matrycowy 3×3	913
XII. PRZEKSZTAŁTNIKI WIELOKOMÓRKOWE	925
XII-1. Wielokomórkowe wielopoziomowe przekształtniki prądu stałego	927
XII-2. Wielokomórkowe falowniki napięcia	944
XII-2.1. Jednofazowy wielokomórkowy falownik napięcia	944
XII-2.2. Trójfazowy siedmiopoziomowy wielokomórkowy falownik napięcia	948
XII-3. Wielokomórkowy jednofazowy impulsowy regulator napięcia przemiennego	952
A. DODATEK	961
A1. Projektowanie rdzeniowych dławików prądu przemiennego do filtrów harmonicznyc <i>h</i> i statycznych kompensatorów prądu biernego	963

A1.1. Wyznaczenie wymiaru bazowego h	967
A1.2. Wyznaczenie długości szczeliny powietrznej	968
A1.3. Dławik dla nadążnego kompensatora FC+TCR	969
A1.4. Przykład	971
A2. Pętle fazowe	974
A2.1. Pętla fazowa PLL	974
A2.2. Przykłady zastosowań pętli fazowych	980
A2.2.1. Mnożenie (powielanie) częstotliwości	980
A2.2.2. Demodulator FM	980
A2.3. Trójfazowa pętla fazowa	981
A3. Układ do ograniczenia prądów zwarciovych	987
A4. Zasilanie bezszczotkowej maszyny prądu stałego	991
A5. Układ napędowy dla pomp i wentylatorów z pierścieniowym silnikiem indukcyjnym i kaskadą przekształtnikową	1000
Literatura	1009