

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	7
Słowo wstępne	9
1. Obliczanie parametrów zastępczych elementów systemu elektroenergetycznego do analizy stanów ustalonych	13
1.1. Obliczanie parametrów zastępczych linii	13
1.2. Obliczanie parametrów zastępczych transformatorów 2-uzwojeniowych	19
1.3. Obliczanie parametrów zastępczych transformatora 3-uzwojeniowego	24
1.4. Moce odbierane i generowane w węźle	30
1.5. Moce odbioru silnikowego	32
2. Obliczanie rozptywu mocy w promieniowym układzie pracy sieci elektroenergetycznej	37
2.1. Straty przesyłowe mocy podłużne i poprzeczne	37
2.2. Rozptyw mocy w promieniowym układzie sieci elektroenergetycznej	40
2.3. Przykład obliczeniowy	48
3. Iteracyjne obliczanie rozptyłów mocy	57
3.1. Jednostki względne w obliczaniu rozptyłów mocy	57
3.2. Modelowanie transformatora z regulowaną przekładnią	61
3.3. Parametry zastępcze czwórników	71
3.4. Równania węzłowe napięciowo-mocowe w jednostkach względnych	72
3.5. Macierz admitancji węzłowych	76
3.6. Typy węzłów w obliczaniu rozptyłów mocy	76
3.7. Iteracyjna metoda Newtona	78
3.8. Macierz Jacobiego równań węzłowych	81
3.9. Optymalizacja kroku iteracyjnego	82
3.10. Proces iteracyjny	85
4. Wyznaczanie rozptywu mocy z uwzględnieniem regulacji napięć	91
4.1. Regulacja napięcia generatora synchronicznego	91
4.2. Regulacja napięcia przez zmianę przekładni transformatora pod obciążeniem	98
5. Analiza wyników rozptywu mocy	107
5.1. Przykład obliczania rozptyłów mocy	107
5.1.1. Plik danych do obliczeń	111
5.1.2. Czytanie danych do obliczeń z tablic komórkowych	113
5.1.3. Pliki wyników analizy rozptywu mocy	121
5.2. Analiza napięć węzłowych	124
5.3. Analiza prądów i mocy gałęziowych	129
5.4. Bilans mocy i strat	135
6. Analiza stabilności napięciowej	139
6.1. Zjawiska towarzyszące obniżaniu napięć węzłowych systemu	139

6.1.1.	Ograniczenia wytwarzania mocy biernej przez generatory synchroniczne	140
6.1.2.	Ograniczenia regulacji napięcia za pomocą zmian przekładni transformatorów	141
6.1.3.	Wpływ zmian napięcia na pobór mocy	142
6.1.4.	Wpływ zmian napięcia na wytwarzanie mocy biernej przez pojemności linii i baterie kondensatorów	143
6.1.5.	Wpływ zmian napięcia na straty przesyłowe mocy biernej	144
6.2.	Analiza rozwiązań układu równań algebraiczno-różniczkowych opisujących stabilność napięciową	144
6.2.1.	Lokalna stabilność napięciowa	144
6.2.2.	Analiza modalna macierzy Jacobiego równań węzłowych	146
6.2.3.	Analiza modalna zredukowanej macierzy Jacobiego równań węzłowych	151
6.2.4.	Przykłady obliczeniowe	155
6.3.	Badanie zapasu stabilności napięciowej metodą krzywych nosowych $P-U$	158
6.3.1.	Wyznaczanie krzywych $P-U$ przez dociążanie systemu	158
6.3.2.	Funkcje do badania zapasu przesyłu mocy w systemie	160
6.3.3.	Przykład obliczeniowy	171
6.4.	Badanie zapasu stabilności napięciowej metodą krzywych nosowych $Q-U$	175
6.4.1.	Sposób wyznaczania krzywych $Q-U$	175
6.4.2.	Funkcje realizujące wyznaczanie krzywych nosowych $Q-U$	176
6.4.3.	Przykład obliczeniowy	183
7.	Analiza naruszenia ograniczeń napięciowych i prądowych po zmianach mocy węzłowych i konfi- guracji sieci	185
7.1.	Analiza rozptyłów mocy po zmianach konfiguracji sieci	185
7.2.	Analiza rozptyłów mocy po zmianach danych węzłowych	193
8.	Symulacja losowych zmian mocy węzłowych	205
8.1.	Pseudolosowa symulacja zmian mocy węzłowych o prostokątnym i normalnym rozkładzie prawdopodobieństwa	205
8.1.1.	Symulacja prostokątnego rozkładu prawdopodobieństwa	206
8.1.2.	Symulacja normalnego rozkładu prawdopodobieństwa	207
8.1.3.	Model rozptyłu mocy z losowymi zmianami mocy węzłowych	211
8.2.	Analiza statystyczna losowych realizacji rozptyłów mocy	212
8.3.	Przykład obliczeniowy	223
9.	Funkcja sterująca analizą rozptyłów mocy	227
9.1.	Rozptył mocy	229
9.2.	Krzywe $P-U$	230
9.3.	Krzywe $Q-U$	230
9.4.	Analiza modalna macierzy Jacobiego	231
9.5.	Kryterium N-m	231
9.6.	Zmiany mocy węzłowych	232
9.7.	Losowe zmiany mocy węzłowych	232
9.8.	Funkcja arm	233
9.9.	Dane do testowania źle uwarunkowanego systemu	233
10.	Obliczanie parametrów zastępczych elementów systemu elektroenergetycznego do analizy stanów zwarć	237
10.1.	Składowe symetryczne 012	237
10.2.	Schematy zwarciowe zastępcze generatora synchronicznego	240
10.3.	Schemat zwarciowy zastępczy silników indukcyjnych	248
10.4.	Schemat zwarciowy zastępczy sieci zasilającej	253

10.5. Schemat zwarcia zastępczy linii napowietrznych i kablowych	256
10.6. Schematy zwarcia zastępcze transformatorów	260
10.6.1. Transformatory 2-uzwojeniowe	261
10.6.2. Transformatory 3-uzwojeniowe	271
11. Analiza zwarć	283
11.1. Modelowanie zwarć symetrycznych	283
11.1.1. Prąd zwarcia nieustalony	283
11.1.2. Zastosowanie twierdzenia Thevenina	287
11.1.3. Prądy charakteryzujące zwarcie symetryczne	293
11.2. Modelowanie zwarć niesymetrycznych w sieciach skutecznie uziemionych	311
11.2.1. Zwarcie jednofazowe z ziemią w sieci skutecznie uziemionej	312
11.2.2. Inne zwarcia niesymetryczne w sieciach skutecznie uziemionych	317
11.2.3. Prądy zwarcia początkowe zwarć symetrycznych i niesymetrycznych	318
11.2.4. Analiza numeryczna i graficzna zwarć w wybranym węźle sieci elektroenergetycznej	320
11.3. Analiza zwarć symetrycznych i niesymetrycznych w wielonapięciowych sieciach skutecznie uziemionych	331
11.3.1. Plik danych do analizy zwarć symetrycznych i niesymetrycznych	331
11.3.2. Czytanie pliku danych do obliczeń zwarcia	333
11.3.3. Wyznaczanie macierzy admitancyjnych zwarcia	337
11.3.4. Wyznaczanie impedancji Thevenina dla węzła ze zwarcie	337
11.3.5. Analiza zwarć w węzłach wielonapięciowej sieci elektroenergetycznej	339
11.3.6. Numeryczna analiza zwarć w sieci skutecznie uziemionej	342
11.4. Przykład analizy zwarć w sieci skutecznie uziemionej	345
11.4.1. Schemat sieci i dane znamionowe elementów	345
11.4.2. Wyznaczenie parametrów zastępczych zwarcia	347
11.4.3. Plik danych do analizy zwarć	352
11.4.4. Pliki wyników analizy zwarć	354
12. Analiza zwarcia 1-fazowego z ziemią w sieciach średnich napięć	369
12.1. Zwarcie 1-fazowe w sieci z izolowanym punktem neutralnym	371
12.2. Zwarcie 1-fazowe w sieci z punktem neutralnym uziemionym przez cewkę lub rezystor ...	373
12.2.1. Kompensacja ziemnozwarciowa	375
12.2.2. Uziemienie punktu neutralnego przez rezystor	376
12.3. Funkcja analizująca zwarcie doziemne w sieci średniego napięcia	377
12.4. Przykład analizy zwarcia 1-fazowego w sieci średniego napięcia	384
13. Funkcja sterująca analizą zwarć	389
Literatura	393
Matlab-based Power System Steady State and Fault Analysis. Summary	397