

**Modernizacja elektrowni : efektywność energetyczna i ekonomiczna /
Ryszard Bartnik, Waldemar Skomudek, Zbigniew Buryn, Anna Hnydiuk-
Stefan. – Wydanie I. – Warszawa, 2020**

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i symboli	11
Analiza termodynamiczna i ekonomiczna quasi-nieustalonej pracy bloku energetycznego nadbudowanego turbozespołem gazowym	13
1	
Wprowadzenie	15
Bibliografia	21
2	
Model matematyczny bloku energetycznego o znamionowej mocy elektrycznej 370 MW nadbudowanego turbozespołem gazowym i kotłem odzyskowym	23
2.1. Wprowadzenie	23
2.2. Równania bilansów masy i energii	25
2.2.1. Kocioł parowy	27
2.2.2. Turbozespół parowy	28
2.2.3. Skraplacz	30
2.2.4. Wymienniki regeneracji niskoprężnej oraz chłodnica pary z uszczelnień turbiny	33
2.2.5. Zbiornik wody zasilającej, odgazowywacz, główna pompa zasilająca, skraplacz turbiny pomocniczej	36
2.2.6. Wymienniki regeneracji wysokoprężnej	37
2.2.7. Turbozespół gazowy i kocioł odzyskowy	38
2.3. Statyczne charakterystyki energetyczne podstawowych urządzeń bloku 370 MW opisujące ich pracę	41
2.3.1. Kocioł parowy	41
2.3.2. Turbozespół parowy	43
2.3.3. Regeneracja nisko- i wysokoprężna	44
2.3.4. Rurociągi zasilające turbinę pomocniczą i odgazowywacz	46
2.3.5. Główna pompa wody zasilającej	47
2.3.6. Skraplacze turbiny głównej i pomocniczej	47
2.3.7. Turbozespół gazowy	48
2.4. Obliczenia testujące model matematyczny	50
2.4.1. Porównanie wielkości zmierzonych i obliczonych	50
Bibliografia	56

3

Analiza termodynamiczna pracy bloku o znamionowej mocy elektrycznej 370 MW nadbudowanego turbozespołem gazowym i kotłem odzyskowym jedno-, dwu- i trójciśnieniowym **57**

3.1. Wprowadzenie	57
3.2. Termodynamiczna analiza pracy bloku 370 MW dla maksymalnego strumienia pary świeżej dopływającego do turbiny parowej i z mocą znamionową turbozespołu gazowego	58
3.3. Termodynamiczna analiza pracy bloku 370 MW dla minimalnej wydajności kotła parowego BP-1150 i pracy turbiny gazowej z mocą znamionową	72
3.4. Termodynamiczna analiza pracy bloku 370 MW dla minimalnej wydajności kotła parowego BP-1150 i pracy turbiny gazowej z 60% obciążeniem	81
3.5. Podsumowanie	90
Bibliografia	92

4

Praca bloku 370 MW w układzie regulacji mocy i częstotliwości w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym **93**

4.1. Wprowadzenie	93
4.2. Dyskusja i analiza wyników termodynamicznych obliczeń	94
4.2.1. Układ z kotłem jednociśnieniowym	95
4.2.2. Układ z kotłem dwuciśnieniowym	101
4.2.3. Układ z kotłem trójciśnieniowym	107
4.3. Podsumowanie i wnioski końcowe	112
Bibliografia	114

5

Analiza ekonomiczna całorocznej quasi-nieustalanej pracy bloku 370 MW nadbudowanego turbozespołem gazowym w układzie równoległym **115**

5.1. Wprowadzenie	115
5.2. Algorytm obliczeń optymalnej mocy turbozespołu gazowego i struktury kotła odzyskowego do bloku energetycznego o znamionowej mocy elektrycznej 370 MW	119
5.3. Jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej quasi-nieustalanej pracy bloku 370 MW ze stałą mocą turbozespołu gazowego	122
5.4. Jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej quasi-nieustalanej pracy bloku 370 MW ze zmienną mocą turbozespołu gazowego	125
5.5. Jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej quasi-nieustalanej pracy bloku 370 MW z wyłączonym turbozespołem gazowym w czasie doliny nocnej	127
5.6. Analiza wrażliwości	129

5.7. Podsumowanie	131
Bibliografia	133
6	
Podsumowanie i wnioski końcowe	134
Bibliografia	137
Analiza termodynamiczna i ekonomiczna quasi-nieustalonej pracy skojarzonej elektrowni zawodowych	139
7	
Wprowadzenie	141
Bibliografia	144
8	
Model matematyczny obiegu wodno-parowego bloku energetycznego o znamionowej mocy elektrycznej 370 MW przystosowanego do pracy skojarzonej	145
8.1. Schemat bloku	145
8.2. Równania bilansów masy i energii	146
8.2.1. Kocioł parowy BP-1150	146
8.2.2. Turbozespół parowy 18K3370	147
8.2.3. Skraplacz KQ1	148
8.2.4. Wymienniki ciepła regeneracji niskoprężnej XN1, XN2, XN3, XN4, CT1	149
8.2.5. Zbiornik wody zasilającej, odgazowywacz, główna pompa zasilająca, skraplacz KQ2	151
8.2.6. Wymienniki regeneracji wysokoprężnej XW1/2, XW3/4	153
8.2.7. Wymienniki ciepłownicze XC2, XC3, XC4, XC5	154
9	
Skojarzona praca elektrowni zawodowej z blokami o znamionowych mocach 370 MW pracującymi w układzie regulacji mocy i częstotliwości w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym	156
9.1. Termodynamiczna analiza możliwości przystosowania bloku energetycznego 370 MW do quasi-nieustalonej skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła	157
9.1.1. Wyprowadzenie mocy cieplnej przy pracy bloku z mocą elektryczną maksymalną trwałą 380 MW	160
9.1.2. Wyprowadzenie mocy cieplnej przy pracy bloku z mocą elektryczną minimalną trwałą 180 MW	161
9.1.3. Podsumowanie	162
9.2. Termodynamiczna analiza całorocznej quasi-nieustalonej skojarzonej pracy bloku 370 MW dla rzeczywistych, godzinowych przebiegów mocy	

elektrycznej i cieplnej	163
9.2.1. Termodynamiczna analiza quasi-nieustalonej skojarzonej pracy pojedynczego bloku o znamionowej mocy 370 MW	164
9.2.2. Podsumowanie	173
9.3. Analiza termodynamiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy bloku energetycznego 370 MW dla różnych konfiguracji wymienników ciepłowniczych	174
9.3.1. Podsumowanie	184
9.4. Analiza termodynamiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy dwóch bloków 370 MW zasilających równolegle wymienniki ciepłownicze	185
9.4.1. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy dwóch bloków energetycznych z mocą 180 MW	187
9.4.2. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy dwóch bloków energetycznych z mocą 380 MW	189
9.4.3. Sprawność energetyczna uciepłwnionych bloków energetycznych	191
9.4.4. Podsumowanie	194
9.5. Porównawcza analiza termodynamiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy jednego i dwóch bloków 370 MW	194
9.5.1. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 180 MW	195
9.5.2. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 380 MW	198
9.5.3. Porównanie efektywności termodynamicznej dla jedno- i dwublokowego zasilania wymienników ciepłowniczych	200
9.5.4. Podsumowanie	203
9.6. Analiza termodynamiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy bloku energetycznego 370 MW zasilającego sieć ciepłowniczą o parametrach termicznych wody sieciowej 110/70°C	203
9.6.1. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 180 MW	205
9.6.2. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 380 MW	207
9.6.3. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla całorocznej pracy bloku	209
9.6.4. Podsumowanie	210
9.7. Porównawcza analiza termodynamiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy bloku energetycznego 370 MW zasilającego sieć ciepłowniczą o parametrach termicznych wody sieciowej 135/70°C oraz 110/70°C	211
9.7.1. Założenia przyjęte do porównawczych termodynamicznych obliczeń	211
9.7.2. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 180 MW	212
9.7.3. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla pracy bloku z mocą 380 MW	214
9.7.4. Wyniki obliczeń termodynamicznych dla całorocznej	

quasi-nieustalonej skojarzonej pracy bloku	216
9.7.5. Podsumowanie	217
Bibliografia	218

10

Analiza ekonomiczna quasi-nieustalonej skojarzonej pracy elektrowni zawodowej z blokami 370 MW	219
10.1. Praca skojarzona pojedynczego bloku 370 MW	221
10.1.1. Jednostkowy koszt produkcji ciepła	222
10.1.2. Dyskontowe mierniki oceny efektywności ekonomicznej pracy skojarzonej	223
10.1.3. Analiza wrażliwości	225
10.2. Praca skojarzona dwóch bloków 370 MW	227
10.2.1. Jednostkowy koszt produkcji ciepła	227
10.2.2. Dyskontowe mierniki oceny efektywności ekonomicznej pracy skojarzonej	229
10.2.3. Analiza wrażliwości	230
10.3. Podsumowanie	232
Bibliografia	234

oprac. BPK