

	Str.
1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE O ELEKTROWNIACH	1
1.1. Postacie energii naturalnej i typy elektrowni je wykorzystujących	1
1.2. Energia elektryczna i jej zastosowanie	2
1.3. Energia cieplna i jej zastosowanie	2
1.4. Krzywe obciążenia	3
1.5. Podstawowe wyposażenie elektrowni	7
1.6. Klasyfikacja elektrowni cieplnych	8
1.7. Organizacja elektrowni	10
1.8. Schemat procesu technologicznego elektrowni ..	11
2. OBIEGI CIEPLNE STOSOWANE W ELEKTROWNIACH I ELEKTROCIĘPŁOWNIACH	22
2.1. Obieg cieplny elektrowni kondensacyjnej	22
2.2. Obiegi cieplne w elektrociepłowniach	27
2.2.1. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej w układzie z turbiną przeciwną	27
2.2.2. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej w układzie z turbiną upustowo-kondensacyjną	29
2.3. Współczynniki sprawności wytwarzania energii elektrycznej w układach skojarzonych	32
2.4. Rozchody ciepła na produkcję energii elektrycznej w układzie skojarzonym	38
2.5. Układy z niezależnym wytwarzaniem energii elektrycznej i cieplnej	39
2.6. Obieg z regeneracyjnym podgrzewaniem wody zasilającej	41
2.7. Obieg z międzystopniowym przegrzewaniem pary	52
3. SPRAWNOŚĆ ORAZ ROZCHODY PARY I CIEPŁA PRZY ZMIENNYM OBCIĄŻENIU ZESPOŁÓW	57
3.1. Współczynniki charakteryzujące zmienność pracy zespołów	57
3.2. Zależność sprawności turbogeneratora od obciążenia	59
3.3. Zależność sprawności mechanicznej turbozespołu / η_m / od obciążenia	61
3.4. Zależność sprawności termodynamicznej / η_{td} / od obciążenia	62

3.5. Zależność godzinowych i jednostkowych rozchodów pary i ciepła od obciążenia turbozespołów. Charakterystyki turbozespołów.....	62
3.5.1. Turbozespoły kondensacyjne	62
3.5.2. Turbozespoły upustowo-kondensacyjne ..	68
3.6. Zależność sprawności kotła od obciążenia	73
3.7. Sprawność rurociągów	78
3.8. Zmienność ciśnienia na upustach nieregulowanych przy częściowych obciążeniach turbozespołu	78
 4. KOREKTA JEDNOSTKOWYCH ROZCHODÓW PARY Z TYTUŁU ODCHYLEŃ PARAMETRÓW POZĄTKOWYCH I KOŃCOWYCH PARY W STOSUNKU DO ZNAMIONOWYCH	81
4.1. Zmiana ciśnienia pary dolotowej przy stałej temperaturze	81
4.2. Zmiana temperatury pary dolotowej przy stałym ciśnieniu	83
4.3. Zmiana ciśnienia końcowego / w kondensatorze / przy stałych początkowych parametrach pary ..	84
 5. WPŁYW WYSOKOŚCI CIŚNIENIA NA SPRAWNOŚĆ TERMICZNĄ PRZY STAŁEJ TEMPERATURZE PARY DOLOTOWEJ	86
5.1. Wpływ wysokości ciśnienia na sprawność termiczną przy stałej temperaturze pary dolotowej ..	86
5.2. Wpływ wysokości temperatury pary dolotowej na sprawność termiczną przy stałym ciśnieniu dolotowym	86
5.3. Wpływ parametrów początkowych pary na sprawność termiczną układów skojarzonych	87
5.4. Wpływ ciśnienia i temperatury pary dolotowej na sprawność termodynamiczną	87
5.5. Zachowanie się metali w wysokich temp.	89
5.6. Wpływ wysokości przeciwcisnienia / ciśnienia w kondensatorze / na sprawność termiczną i termodynamiczną.....	93
 6. OBLICZENIE SCHEMATU CIEPLNEGO.....	95
6.1. Zachowanie się podgrzewaczy pow., ochładzaczy kondensatu, wyparek i skraplaczy wyparów przy częściowych obciążeniach turbozespołów..	96

	Str.
6.1.1. Podgrzewacze powierzchniowe i skraplacze oparów	96
6.1.2. Ochładzacze kondensatu	97
6.1.3. Wyparki	98
6.1.4. Straty ciepła w aparatach i na doprowadzeniach do nich	99
6.2. Obliczenie schematu cieplnego dla turbozespołu kondensacyjnego	99
6.2.1. Obliczenie ilości pary pobieranej z upustów dla podgrzewania regeneracyjnego wody zasilającej	100
6.2.1.1. Skraplacz powierzchniowy, ochładzacz kondensatów i I stopień regeneracyjnego podgrzewania .	
6.2.1.2. Skraplacz pary z dławnic	
6.2.1.3. Wyparka ze skraplaczem wyparów	
6.2.1.4. Podgrzewacz powierzchniowy II	
6.2.1.5. Podgrzewacz mieszkankowy /IV stopień regeneracyjnego podgrzewania /	
6.2.2. Obliczenie jednostkowego zużycia pary i ciepła	113
6.3. Przykład	116
6.3.1. Założenia i dane wyjściowe	116
6.3.2. Bilans skraplacza eżektora próżniowego	118
6.3.3. Bilans podgrzewacza regeneracyjnego I stopnia / R_I /	118
6.3.4. Bilans wyparki i skraplacza wyparów ..	120
6.3.5. Bilans podgrzewacza regeneracyjnego II stopnia / R_{II} /	122
6.3.6. Bilans podgrzewacza regeneracyjnego III stopnia / R_{III} /	
6.3.7. Bilans podgrzewacza regeneracyjnego IV stopnia / R_{IV} /	
6.3.8. Bilans czynnika w obiegu	
6.3.9. Obliczenie jednostkowego zużycia pary i ciepła oraz całkowitego zapotrzebowania pary	
6.4. Obliczenie schematu cieplnego dla turbozespołu upustowo-kondensacyjnego	126
6.4.1. Określenia i schemat zasadniczy	126

6.4.2. Ustalenie zapotrzebowania i regulacja ilości oddawanego ciepła	129
6.4.3. Obliczanie rozchodów pary	133
7. PODSTAWOWE WYPOSAŻENIE CIEPLNE ELEKTROWNI - INSTALACJE KOTŁOWE	138
7.1. Określenia wstępne	138
7.2. Paliwo i proces spalania	142
7.2.1. Określenia wprowadzające i klasyfikacja paliw	142
7.2.2. Proces spalania	149
7.2.2.1. Temperatura zapłonu	
7.2.2.2. Wartość opałowa górna i dolna	
7.2.2.3. Rozchód powietrza na spalanie paliwa	
7.2.2.4. Spaliny	
7.2.2.5. Temperatura w komorze paleniskowej	
7.2.2.6. Przebieg spalania w paleniskach rusztowych i na pył węglowy	
7.3. Wielkości charakterystyczne kotła	160
7.3.1. Parametry pary	160
7.3.2. Wydajność kotła	162
7.3.3. Powierzchnia ogrzewalna kotła	163
7.3.4. Powierzchnie ogrzewalne podgrzewacza wody, powietrza oraz przegrzewacza pary	165
7.3.5. Powierzchnia rusztu i objętość komory paleniskowej	170
7.3.6. Straty i sprawność kotła	173
7.4. Cyrkulacja wody w kotle	174
7.4.1. Kotły z naturalną cyrkulacją wody	174
7.4.2. Kotły z wymuszoną cyrkulacją wody	176
7.5. Paleniska	178
7.5.1. Paleniska z rusztem stałym i obsługą ręczną	178
7.5.2. Paleniska z rusztem mechanicznym	180
7.5.2.1. Paleniska z rusztem kauczukowym - / wędrownym /	

7.5.2.2. Palenisko z rusztem mechanicznym / podsuwowym /	
7.5.2.3. Paleniska z rusztem mechanicznym / nasuwowym /	
7.5.3. Paleniska na pył węglowy	184
7.5.4. Urządzenia do przygotowania, transportu i składowania pyłu węglowego	187
7.5.5. Porównanie paleniska z rusztem mechanicznym i na pył węglowy	196
7.6. Obmurze i konstrukcja nośna kotła	198
7.7. Wytwarzanie ciągu w kotle. Wentylatory	200
7.8. Typy kotłów	207
7.8.1. Kotły wodnorurkowe komorowe i sekcyjne	208
7.8.1.1. Kotły wodnorurkowe dwukomorowe	
7.8.1.2. Kotły wodnorurkowe sekcyjne	
7.8.2. Kotły stromorurkowe	211
7.8.3. Kotły opromieniowane	213
7.8.4. Podgrzewacze wody	214
7.8.5. Podgrzewacze powietrza	216
7.8.6. Przegrzewacze pary	218
7.9. Armatura i osprzęt kotła oraz aparatura pomiarowa i automatyka w instalacji kotłowej	220
7.9.1. Armatura i osprzęt kotła	220
7.9.2. Urządzenia do regulacji zasilania kotła wodą	222
7.9.3. Urządzenia do regulacji temperatury przegrzania pary	224
7.9.4. Pomiar i automatyka	225
7.10. Pompy wody zasilającej	227
8. PODSTAWOWE WYPOSAŻENIE CIEPŁE ELEKTROWNI. TURBOZESPÓŁY	234
8.1. Określenia wstępne	234
8.2. Zasady działania turbin akcyjnych i reakcyjnych	239
8.2.1. Turbiny akcyjne	239
8.2.2. Turbiny reakcyjne	243
8.3. Przemiana ciepła na pracę w turbinie	246
8.4. Straty wewnętrzne w turbinie	246

	Str.
8.4.1. Straty przy przepływie przez dyszę	246
8.4.2. Straty przy przepływie przez łopatkę ..	247
8.4.3. Straty wylotowe	247
8.4.4. Straty na tarcie i wentylację	247
8.4.5. Straty w dławnicach i międzystopniowe .	248
8.5. Straty zewnętrzne w turbinie	249
8.5.1. Straty mechaniczne	249
8.5.2. Straty na promieniowanie	250
8.6. Zestawienie strat w turbinie	250
8.7. Klasyfikacja turbin	251
8.7.1. Pod względem przeznaczenia	251
8.7.2. Pod względem kierunku przepływu pary ..	253
8.7.3. Pod względem sposobu rozprężania pary w ołopatkowaniu turbiny	253
8.7.4. Pod względem ilości kadłubów	255
8.7.5. Uwagi ogólne o zakresie stosowalności poszczególnych typów turbin	256
8.7.6. Wielkości znormalizowane	257
8.8. Regulacja turbin	259
8.8.1. Zasady regulacji jakościowej i ilościowej	259
8.8.2. Ważniejsze wielkości charakterystyczne regulacji turbin	263
8.8.3. Regulatory o sterowaniu drążkowym i olejowym	266
8.9. Urządzenia zabezpieczające dla turbin paro- wych	267
8.9.1. Zatrzaśk bezpieczeństwa	269
8.9.2. Zabezpieczenie obiegu oleju	269
8.9.3. Kontrola położenia wału i przesuwu osiowego	271
8.9.4. Zabezpieczenie próżni w kondensatorze .	272
8.9.5. Zabezpieczenie ruchu pomp kondensacji .	273
8.10. Obieg i chłodzenie oleju	274
8.11. Ustawienie turbozespołu	276
8.12. Urządzenia kondensacyjne	277
8.12.1. Opis i zasada działania urządzenia kondensacyjnego	277
8.12.2. Kondensatory	282

VII

	Str.
8.12.3. Aparaty do ewakuacji powietrza / aparaty próżniowe /	286
8.12.4. Pompy kondensatu	289
8.12.5. Zapotrzebowanie i schematy zaopatrzenia elektrowni w wodę chłodzącą dla kondensacji	291
8.12.6. Pompy wody chłodzącej dla kondensacji	296
9. CHŁODNIE	299
9.1. Opis działania chłodni, pracujących na zasadzie parowania	299
9.2. Wielkości charakterystyczne chłodni	302
9.3. Opis typowych konstrukcji chłodni	308
9.4. Utrzymanie w równowadze bilansu soli w zamkniętym obiegu chłodzącym	310
10. PRZYGOTOWANIE WODY DODATKOWEJ DLA OBIEGU CIEPLNEGO	312
10.1. Wielkość strat w obiegu cieplnym i wymagania stawiane wodzie zasilającej i kotłowej	312
10.2. Metody przygotowania wody dodatkowej	318
10.2.1. Wyparki	320
10.2.2. Chemiczne preparowanie wody	322
11. PRZYGOTOWANIE WODY DODATKOWEJ DLA OBIEGU CHŁODZĄCEGO	328
12. TRANSPORT I SKŁADOWANIE WĘGLA	331
12.1. Uwagi ogólne o transporcie węgla	331
12.2. Obliczenie rocznego i dobowego zapotrzebowania węgla przez elektrownię	332
12.3. Wielkość składów węgla	333
12.4. Klasyfikacja składów węgla	334
12.5. Krótka charakterystyka sposobów dostawy węgla z zewnątrz dla elektrowni	335
12.5.1. Dostawa koleją normalnotorową lub wąskotorową	335
12.5.2. Dostawa kolejką linową lub szynową	335
12.5.3. Dostawa przy pomocy przenośnika taśmowego	335
12.5.4. Transport wodny	335

12.6. Urządzenia wyładowcze i załadownicze na składzie węgla	336
12.6.1. Suwnice mostowe z chwytnikiem	336
12.6.2. Wywrotnice wagonów	336
12.6.3. Żurawie wyładowcze z chwytnikiem na podwoziu kolejowym lub na gąsienicach	337
12.6.4. Skrepery	337
12.7. Urządzenia do transportu węgla do kotłowni	337
12.7.1. Przenośniki taśmowe	337
12.7.2. Przenośniki Redlera	338
12.7.3. Przenośniki kubekowe	338
12.8. Wydajność urządzeń transportowych	338
12.8.1. Urządzenia wyładowcze	338
12.8.2. Urządzenia transportujące węgiel do bunkrów nadkotłowych	339
12.9. Elementy urządzeń transportowych	339
12.10. Przykłady urządzeń dla zagospodarowania składów węgla	341
13. TRANSPORT POPIOŁU / ŻUŻŁA I POPIOŁU LOTNEGO / ...	343
13.1. Obliczenie ilości popiołu	343
13.2. Urządzenia do transportu żużla i popiołu lotnego	344
13.2.1. Odżużlanie i transport ręczny	344
13.2.2. Odżużlanie i transport zmechanizowany	345
13.2.3. Odżużlanie i transport hydrauliczny niskociśnieniowy	346
13.3.5. Odżużlanie i transport pneumatyczny	348
14. ODPYLANIE SPALIN	350
14.1. Określenia ogólne	350
14.2. Odpylanie spalin	354
15. UKŁADY POŁĄCZEŃ RUROCIĄGÓW PAROWYCH I WODY ZASILAJĄCEJ	358
15.1. Uwagi ogólne	358
15.2. Układy połączeń rurociągów parowych	359

15.3. Układy połączeń rurociągów kondensatu i wody zasilającej	360
16. RUROCIĄGI I ARMATURY	363
17. WYPOSAŻENIE ELEKTRYCZNE ELEKTROWNI	371
17.1. Elektryczny schemat elektrowni	371
17.2. Silniki potrzeb własnych	378
17.2.1. Określenia ogólne dotyczące napędu mechanizmów potrzeb własnych	378
17.2.2. Wybór silników dla napędu mechanizmów potrzeb własnych	382
17.2.3. Zachowanie się silników asynchronicznych w wypadku zwarć w sieci lub przejściowego ich odłączenia od sieci	387
17.3. Potrzeby własne elektrowni	390
17.3.1. Wielkość mocy zainstalowanej i szczytowej potrzeb własnych	390
17.3.2. Klasyfikacja napędów potrzeb własnych	393
17.3.3. Schematy zasilania potrzeb własnych	394
17.3.4. Schematy sieci potrzeb własnych	399
17.4. Zabezpieczenia generatorów, transformatorów, szyn zbiorczych i silników do napędu potrzeb własnych	401
17.4.1. Zabezpieczenia generatorów	401
17.4.1.1. Zabezpieczenia od przeciążeń	
17.4.1.2. Zabezpieczenia nadmiarowe z blokadą podnapięciową od nieodłączonych zwarć zewnętrznych	
17.4.1.3. Zabezpieczenia różnicowe od zwarć międzyfazowych wewnątrz uzwojenia generatora	
17.4.1.4. Zabezpieczenia od zwarć do korpusu stojana	
17.4.1.4.1. Uzwojenie stojana jest galwanicznie oddzielane od sieci	
17.4.1.4.2. Uzwojenie stojana jest galwa-	

nicznie po-
łączone z
siecią lub
kilka generato-
rów pracuje
równolegle
na szyny

- 17.4.1.5. Zabezpieczenie od zwarć międzyzwojowych w uzwojeniu stojana
- 17.4.1.6. Zabezpieczenie od podskoku napięcia w uzwojeniu stojana
- 17.4.1.7. Zabezpieczenie od zwarć do żelaza w uzwojeniu wirnika generatora
- 17.4.1.8. Urządzenia przeciwpożarowe
- 17.4.2. Zabezpieczenia transformatorów 420
 - 17.4.2.1. Zabezpieczenia od przepięć pochodzenia atmosferycznego
 - 17.4.2.2. Zabezpieczenia od przeciążeń
 - 17.4.2.3. Kontrola medium chłodzącego
 - 17.4.2.4. Zabezpieczenia od uszkodzeń izolacji uzwojeń i przepustów transformatora
 - 17.4.2.4.1. Zabezpieczenia przy pomocy przekątnika gazowego /Buchholza /
 - 17.4.2.4.2. Zabezpieczenia różnicowe
 - 17.4.2.5. Zabezpieczenia od zwarć zewnętrznych
 - 17.4.2.6. Zabezpieczenia od zwarć do ziemi
- 17.4.3. Zabezpieczenia szyn zbiorczych 429
- 17.4.4. Zabezpieczenia silników napędzających potrzeby własne w elektrowni . 431
 - 17.4.4.1. Zabezpieczenie od przeciążeń

- 17.4.4.1.1. Zabezpieczenia przy pomocy przekładników termicznych
- 17.4.4.1.2. Zabezpieczenia przy pomocy przekładników prądowych, nadmiarowo-czasowych o charakterystyce niezależnej lub organicznie zależnej
- 17.4.4.2. Zabezpieczenie od zwarc międzyfazowych w uzwojeniu silnika
- 17.4.4.3. Zabezpieczenia napięciowe
- 17.5. Automatyczna regulacja parametrów elektrycznych i sterowanie urządzeń w elektrowni 435
 - 17.5.1. Automatyczna regulacja napięcia i rozptywu mocy biernej 435
 - 17.5.1.1. Uwagi ogólne o regulacji automatycznej napięcia i rozptywu mocy biernej
 - 17.5.1.2. Automatyczny regulator napięcia Tirilla
 - 17.5.1.3. Automatyczny regulator napięcia typu BBC
 - 17.5.1.4. Automatyczny regulator napięcia składający się z regulatora statycznego i amplitudyny
 - 17.5.1.5. Regulacja napięcia i rozptywu mocy biernej równolegle pracujących generatorów
 - 17.5.2. Automatyczna regulacja częstotliwości i rozptywu mocy czynnej 452
 - 17.5.2.1. Regulatory mocy / i obrotów / turbozespołów o astatycznej i statycznej charakterystyce
 - 17.5.2.2. Rozdział obciążeń czynnych pomiędzy turbozespoły równolegle pracujące
 - 17.5.2.3. Samoczynna regulacja częstotliwości i rozptywu mocy czynnej

17.5.2.4. Niezależna automatyczna regulacja mocy i częstotliwości	
17.5.2.5. Współzależna automatyczna regulacja mocy i częstotliwości	
17.5.2.6. Przykład rozwiązania regulacji współzależnej mocy i częstotliwości w wykonaniu BBC	
17.5.3. Automatyczne awaryjne odciążenie elektrowni	465
17.5.4. Automatyczny rozruch silników potrzeb własnych	470
17.5.5. Samoczynne załączanie rezerwy	473
17.5.6. Samoczynna synchronizacja	481