

Spis treści

Przedmowa.....	9
Wykaz ważniejszych oznaczeń	11
Część I. WYBRANE ZAGADNIENIA RACJONALNEGO DOBORU I ENERGOOSZCZĘD- NEJ EKSPLOATACJI POMP I INSTALACJI POMPOWYCH.....	15
1. Wprowadzenie.....	17
2. Podstawowe wiadomości o układach pompowych i pompach wirowych.....	20
2.1. Podstawowe parametry pracy układu pompowego	20
2.2. Rodzaje pomp wirowych, ich parametry pracy oraz obszary zastosowań	22
2.3. Charakterystyki pompy i grupy pomp; współpraca pompy z rurociągiem	26
2.3.1. Charakterystyki przepływu, mocy i sprawności pompy. Pagórek sprawności	26
2.3.2. Punkt pracy pompy w układzie. Współpraca kilku pomp	30
2.3.3. Kawitacja. Charakterystyki kawitacyjne	33
2.3.4. Zakres dopuszczalnej ciągłej pracy pompy	37
2.4. Regulacja i sterowanie parametrami pracy pomp i układów pompowych	41
2.4.1. Sposoby regulacji	41
2.4.2. Regulacja dławieniowa	42
2.4.3. Regulacja zmiennoodrotowa	46
2.4.4. Regulacja przez zmianę liczby włączonych pomp, połączonych równolegle	48
2.4.5. Ograniczenia przy doborze pomp oraz wyborze sposobu ich regulacji	50
2.5. Układy napędowe pomp	52
2.5.1. Rodzaje napędów pomp wirowych	52
2.5.2. Najważniejsze informacje o silnikach elektrycznych. Silniki asynchroniczne	53
2.5.3. Tradycyjne napędy elektryczne o zmiennych prędkościach obrotowych	55
2.5.4. Tyristorowe napędy o zmiennych prędkościach obrotowych	58
2.5.5. Porównanie różnych sposobów realizacji zmian prędkości obrotowej	59
2.5.6. Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi	60
2.5.7. Napęd turbiną parową	62
3. Efektywność energetyczna układu pompowego.....	63
3.1. Przyczyny strat energii w pompach i układach pompowych.....	63
3.2. Główne źródła strat energii powstałych poza zespołami pompowymi	64
3.2.1. Niewłaściwy dobór pomp	64

3.2.2. Nieracjonalna koncepcja układu pompowego	65
3.2.3. Niepoprawne hydraulicznie rozwiązanie i wykonanie instalacji	66
3.2.4. Negatywne skutki wieloletniego użytkowania	67
3.2.5. Zbyt energochłonna regulacja wydajności	67
3.3. Sprawność chwilowa procesu pompowania (transportu) cieczy i inne wskaźniki efektywności energetycznej układów pompowych	68
3.4. Zużycie energii i jej koszt oraz sprawność średnia pompowania $\eta_{c\text{sr}}$ w czasie T_a	70
3.5. Wskaźniki energochłonności EEI i efektywności energetycznej MEI oraz sprawność η_{sr}	74
3.5.1. Wskaźnik EEI dla pomp obiegowych	74
3.5.2. Wskaźnik MEI dla pomp do wody	75
3.5.3. Sprawność średnia ważona η_{sr} pompy	78
3.6. Energochłonność silników elektrycznych	79
4. Sposoby i koszty powiększenia efektywności energetycznej pompowania	81
4.1. Sposoby zmniejszenia energochłonności instalacji pompowej	81
4.2. Koszt cyklu życia LCC i LCC' zespołu pompowego	82
4.3. Okres zwrotu kosztów modernizacji	84
5. Optymalny dobór pomp	86
5.1. Czynniki wpływające na dobór pomp	86
5.2. Wyznaczenie charakterystyki układu	88
5.3. Ogólne zasady optymalnego doboru pomp do instalacji nowych i modernizowanych	88
5.4. Dobór parametrów znamionowych oraz wybór pojedynczej pompy	90
5.5. Ustalenie parametrów znamionowych grupy pomp oraz wybór pomp	95
6. Modernizacje układów pompowych	97
6.1. Cechy bardzo dobrej instalacji pompowej	97
6.2. Poprawa doboru pomp	98
6.3. Zmiana koncepcji hydraulicznej i/lub struktury pompowej układu	104
6.4. Modernizacja rurociągów zmniejszająca opory przepływu	106
6.5. Zmiana sposobu regulacji	108
7. Modernizacje zwiększające sprawność pompy i zespołu pompowego	110
7.1. Sprawność pompy i zespołu pompowego	110
7.2. Modernizacje uszczelnień	111
7.3. Zabiegi zmniejszające straty hydrauliczne i tarczowe	116
7.4. Inne zabiegi modernizacyjne pomp	118
7.5. Modernizacje zwiększające sprawność zespołu pompowego	122
8. Działania poprzedzające modernizację	123
8.1. Zbiór działań w zakresie przygotowania i wykonania modernizacji	123
8.2. Audyt energetyczny	130
9. Energooszczędna eksploatacja pomp i instalacji pompowych	133
9.1. Warunki i narzędzia eksploatacji energooszczędnej	133
9.1.1. Warunki ekonomicznej pracy pompy i instalacji pompowej	133
9.1.2.	
Narzędzia użytkownika instalacji pompowej	134
9.1.3. Niezawodność pracy a energochłonność	135
9.2. Podstawowe zasady racjonalnej eksploatacji pomp	136
9.2.1. Zapoznanie się z działaniem pompy i instalacji oraz z DTR	136
9.2.2. Podstawowe zasady montażu pomp i rurociągów oraz instalacji elektrycznej	136
9.2.3. Racjonalna obsługa i nadzór nad pracą pomp	139

9.3 Monitorowanie pracy zespołu pompowego. Wielkości kontrolowane. Typowe niesprawności	141
9.3.1. Monitorowanie ciągłe i okresowe.	141
9.3.2. Dopuszczalny poziom drgań zespołu pompowego.	142
9.3.3. Stopień zmniejszenia sprawności η_z i η_c	142
9.3.4. Luzy hydrauliczne w uszczelnieniach wewnętrznych	143
9.3.5. Typowe niesprawności zespołów pompowych.	143
9.4. Optymalne sterowanie lub optymalne, bieżące regulowanie parametrów pracy grupy pomp podczas ich eksploatacji	145
9.5. Wpływ kształtu charakterystyki obiektu odbierającego ciecz na zużycie energii przez grupę pomp	151
9.5.1. Możliwe kształty charakterystyki obiektu zasilanego	151
9.5.2. Charakterystyka m.s.c. i jej racjonalizacja	152
9.5.3. Charakterystyka m.s.w. i jej racjonalizacja	154
9.6. Nieustalone stany pracy pomp i ich skutki	156
9.6.1. Ustalone i nieustalone stany pracy pomp	156
9.6.2. Rodzaje warunków pracy pompy	157
9.6.3. Charakterystyki zupełne	158
9.6.4. Przykłady zdarzeń powodujących nieustaloną pracę pomp	160
9.6.5. Zapobieganie negatywnym skutkom pracy pomp w warunkach odbiegających od normalnych	163
10. Przykłady liczbowe dotyczące możliwych lub wykonanych modernizacji i przewidywanych lub uzyskanych oszczędności energii.	165
10.1. Dobór optymalnych energetycznie parametrów znamionowych pompy i/lub silnika elektrycznego oraz poprawa doboru pomp	165
10.2. Zmiana koncepcji hydraulicznej układu i/lub zmiana struktury pompowej	180
10.3. Modernizacja rurociągów. Wybór charakterystyki rurociągu.	186
10.4. Zmiana sposobu regulacji i/lub zmiana sposobu regulowania prędkości obrotowej	187
10.5. Inne działania modernizacyjne i eksploatacyjne	194
11. Zadania do samodzielnego rozwiązania	210
Literatura do części I	221
 Część II. POTENCJAŁ EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ I WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KONTEKŚCIE EMISJI CO ₂ I ZMIAN KLIMATYCZNYCH NA ZIEMI	
223	223
1. Wstęp	225
2. Efekt cieplarniany i zmiany klimatu na Ziemi.	227
2.1. Efekt cieplarniany i jego przyczyny	227
2.2. Zmiany klimatu Ziemi na przestrzeni dziejów	227
3. Wpływ emisji CO₂ do atmosfery na zmiany klimatyczne	233
4. Przyczyny i sposoby redukowania spalania paliw kopalnych	237
5. Model energetyki. Jakie odnawialne źródła energii?	240
5.1. Produkcja energii elektrycznej w Polsce	240
5.2. Rodzaje OZE możliwych do wykorzystania w Polsce	241
5.3. Racjonalny model energetyki w Polsce w najbliższych dziesięcioleciach	243

6. Zalety wykorzystania efektywności energetycznej jako czwartego paliwa i jego koszt. .	245
6.1. Uwagi ogólne	245
6.2. Moc uniknięta i koszt uniknięcia budowy nowych źródeł	246
6.3. Porównanie kosztów uniknięcia z kosztami budowy nowych źródeł energii	251
6.4. Efektywny koszt uniknięcia. Dodatkowe korzyści z wykorzystania potencjału efektywności energetycznej	253
6.5. Przykład liczbowy	255
7. Podsumowanie	256
Literatura do części II	258
Skorowidz rzeczowy do części I	260
Skorowidz rzeczowy do części II	269