



P.3347/74

ELEKTRYKA z. 43

ANDRZEJ MATCZEWSKI

**METODA OCENY I OPTIMALIZACJI PRACY
UKŁADU ENERGETYCZNEGO
PRZEDSIĘBIORSTWA PRZEMYSŁOWEGO**

**P O L I T E C H N I K A Ś L Ą S K A
ZESZYT NAUKOWY Nr 412 – GLIWICE 1974**

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 412

ANDRZEJ MATCZEWSKI



P.3347/A4

**METODA OCENY I OPTIMALIZACJI PRACY
UKŁADU ENERGETYCZNEGO
PRZEDSIĘBIORSTWA PRZEMYSŁOWEGO**

ZESZYT CZTERDZIESTY TRZECI

PL ISSN 0072-4688

GLIWICE 1974

REDAKTOR NACZELNY ZESZYTÓW NAUKOWYCH
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Iwo Pollo

REDAKTOR DZIAŁU

Zofia Cichowska

SEKRETARZ REDAKCJI

Anna Błażkiewicz

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej
Gliwice, ul. Kujańska 2

Nakł. 50+175 Ark. wyd. 4,92 Ark. druk. 4,75 Papier offsetowy kl. III, 70×100, 80 g
Oddano do druku 12.4.1974 Podpis. do druku 14.5.1974 Druk ukończ. w maju 1974
Zam. 554 12.4.1974 H-23 Cena zł 6,-

Skład, fotokopie, druk i oprawę
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

74-210/74

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	9
2. Racjonalizacja gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa przemysłowego	13
2.1. Gospodarka energetyczna przedsiębiorstwa na tle krajowego systemu paliwowo-energetycznego	13
2.2. Rola systemu zarządzania w procesie racjonalizacji gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa	16
2.3. Kryteria racjonalizacji gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa	17
2.3.1. Mierniki oparte na wielkościach naturalnych	17
2.3.2. Ogólne kryterium ekonomiczne gospodarowania energią w przedsiębiorstwie przemysłowym	18
3. Ocena pracy układu energetycznego w trybie operatywnego nim kierowania	25
3.1. Zasady ogólne obliczania i stosowania wskaźnika technologicznego jednostkowego zużycia energii i wskaźnika agregatowego.	26
4. Optymalizacja gospodarki energetycznej w przedsiębiorstwie przemysłowym dla potrzeb operatywnego nim kierowania	31
4.1. Założenia podstawowe	31
4.1.1. Uwagi ogólne	31
4.1.2. Zasada dekompozycji układu energetycznego	31
4.1.3. Zasada optymalizacji pracy układu energetycznego	32
4.1.4. Sposób wyznaczania kosztu zmiennego energii na wejściu do procesu technologicznego	33
4.2. Optymalizacja pracy układu energetycznego dla potrzeb operatywnego nim kierowania	35
4.2.1. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie użytkowania energii	36
4.2.2. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie przemian energii	39
4.2.3. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie zasilania.	42
4.2.4. Koordynacja programów pracy podukładów energetycznych	45

5. Założenia ogólne do projektu systemu informacyjnego dla operatywnego kierowania gospodarką energetyczną przedsiębiorstwa przemysłowego	48
5.1. Uwagi ogólne	48
5.2. Schemat ogólny sterowania układem energetycznym	48
5.3. Koncepcja systemu informacyjnego	50
5.4. Identyfikacja układu energetycznego	55
5.5. Założenia ogólne do projektu systemu rejestracji i przetwarzania danych	58
5.6. Zasady ogólne pomiaru, przesyłu, rejestracji i przetwarzania informacji oraz środki techniczne	62
6. Wnioski	64
Literatura	65
Załączniki	68
Streszczenia	71

Wykaz oznaczeń

- A - macierz norm technologicznych; zbiór czynności
- k^{a_j} - ilość surowca lub materiału k -tego rodzaju dla wytworzenia jednostki wyrobu j -tego rodzaju
- B - macierz zużycia surowców
- $B_{ij}(P, t)$ - całkowita ilość energii i -tego rodzaju przeznaczona dla j -tego procesu technologicznego doprowadzona na poziom $P(A, B, C)$, w przedziale czasu t ,
- B_{ij}^* - optymalne ilości energii i -tego rodzaju doprowadzone do j -tego procesu technologicznego
- $k^{B(t)}$ - ilość zużywanego w przedziale czasu t surowca k -tego rodzaju
- ΔB_{ij}^f - straty energii w fazie f
- C - zbiór celów
- $c_i(t)$ - cena jednostkowa i -tego rodzaju energii
- D - zbiór decyzji
- d - współczynnik koordynacyjny
- l^{e_j} - agregatowy wskaźnik całkowitego zużycia energii dla wyprodukowania l -tych rodzajów produktów w j -tych procesach technologicznych
- e_i - energia właściwa nośnika i -tego rodzaju doprowadzonego do procesu transformacji
- e^{tri} - energia właściwa nośnika i -tego rodzaju po transformacji
- $F_{1,m}$ - funkcja pomocnicza
- f_i - wartość graniczna niedoboru energii i -tego rodzaju
- K_{ze} - całkowite koszty zmienne energii doprowadzonej w układzie do procesów technologicznych
- K_w - całkowite koszty wytwarzania produktu
- $K_e(t)$ - całkowite koszty gospodarowania energią w przedziale czasu t
- $K_{ei}^f(t)$ - koszty zmienne obciążające nośnik energii i -tego rodzaju w obrębie fazy f , w przedziale czasu t
- K_s - całkowite koszty tytułem strat wynikające z niewykonania planu produkcji w przedziale czasu t , skutkiem niedostarczenia energii lub niedostatecznej jej jakości,
- K_{ze}^{tr} - całkowity koszt zmienny transformacji nośników i -tego rodzaju w przedziale czasu t

- k_{wi} - jednostkowy koszt wytwarzania i-tego produktu
- $k_{ij}(P,t)$ - jednostkowy koszt zmienny i-tego rodzaju energii doprowadzonej do P-tego (A,B,C) poziomu gospodarowania energią w przedziale czasu t , przeznaczanego dla j-tego procesu technologicznego
- k_{ej} - całkowity koszt energii niezbędnej na wyprodukowanie jednostki produktu j-tego rodzaju
- k_{zei}^j - jednostkowy koszt zmienny energii i-tego rodzaju doprowadzonej do j-tego procesu technologicznego
- k_{sj} - jednostkowe koszty strat wynikające z niewyprodukowania j-tego produktu
- k_i^{rb} - jednostkowe koszty robocizny związane ze składowaniem i-tego nośnika energii w przedziale czasu t
- k_i^{on} - jednostkowe koszty energetyczne związane ze składowaniem i-tego nośnika w przedziale czasu t
- k_i^{trm} - jednostkowe koszty transportu mechanicznego związane ze składowaniem i-tego nośnika w przedziale czasu t
- k_i^d - jednostkowe koszty dodatków związane z ubytkami nośnika i-tego rodzaju w obrębie składowania, w przedziale czasu t
- k_{tri} - jednostkowy koszt zmienny transformacji nośnika energii i-tego rodzaju
- P_L, q_L - wskaźniki agregatowe Laspeyrsa
- P_s, q_s - wskaźniki agregatowe Stuvela
- S - zbiór informacji
- r^S_i - maksymalna pojemność i-tego składowiska dla i-tego nośnika energii
- W - zbiór węzłów
- i^{wti} - wskaźnik technologiczny jednostkowego zużycia energii
- W^{tji} - wskaźnik technologiczny jednostkowego zużycia energii i-tego rodzaju w j-tym procesie produkcyjnym
- W_{di} - wartość opałowa i-tego nośnika energii
- Y - macierz ubytków produkcji tytułem ograniczenia ilości dostaw energii
- Y_O^T - wektor wielkości decyzyjnych obliczonych w oparciu o matematyczne modele decyzyjne
- Y^T - wektor wielkości pomierzonych
- Y_{tri} - ilość nośnika i-tego rodzaju po transformacji, w przedziale czasu t
- x - macierz wielkości produktów
- Z - macierz ubytków produkcji tytułem obniżenia jakości dostarczonej energii
- Z_{ij} - zmienna pomocnicza
- η_f - sprawność energetyczna fazy f
- η_{tri} - sprawność procesu transformacji nośnika energii i-tego rodzaju

- $\lambda_1(t)$ - współczynnik niepewności dostawy energii i-tego rodzaju
 $\lambda_2(t)$ - współczynnik planowych ograniczeń dostawy i-tego rodzaju energii w przedziale czasu t .

Indeksy podstawowe

- i - rodzaj nośnika energii
 j - rodzaj procesu technologicznego
 k - rodzaj surowca (energetycznego i nieenergetycznego)
 α - indeks agregatu transformującego.

1. WSTĘP

Wprowadzanie do przemysłu nowoczesnych technologii, związane z nimi wysoki stopień mechanizacji i automatyzacji procesów, przyczynia się do stałego wzrostu zużycia przez przemysł energii, w różnych jej postaciach. Stąd też poważny jest w większości gałęzi przemysłu udział kosztów energii w całkowitych jednostkowych kosztach wytwarzania produktów finalnych. W tej sytuacji racjonalna gospodarka energią w przedsiębiorstwach przemysłowych staje się koniecznością, tak z punktu widzenia ekonomiki samego przedsiębiorstwa, jak i ekonomicznego gospodarowania energią w skali regionu i kraju.

Poza środkami i przedsięwzięciami o charakterze technicznym, poważne znaczenie dla racjonalizacji gospodarki energią posiada właściwie prowadzona eksploatacja układu energetycznego przedsiębiorstwa. Jednym zaś z podstawowych warunków zapewniających dobrą eksploatację jest dysponowanie i praktyczne stosowanie odpowiednich, efektywnych środków jej oceny i metod programowania pracy układu, w miarę możliwości optymalnego.

W małych przedsiębiorstwach przemysłowych, o prostych układach energetycznych, w których ponadto wymogi co do pewności i jakości dostawy energii nie są duże, istnieją możliwości oceny pracy układu wyłącznie w oparciu o tradycyjne systemy wskaźników oraz programowania jego pracy na podstawie sposobów wynikających z doświadczenia personelu eksploatacyjnego. W dużych jednakże przedsiębiorstwach wielozakładowych, w takich branżach, jak np.: chemia, hutnictwo, wobec złożoności układów energetycznych, w skład których wchodzi duże elektrociepłownie, mieszalnie gazów, układy rekuperujące ciepło itp., przy jednocześnie wysokich wymaganiach co do jakości i pewności zasilania procesów technologicznych w energię, opanowanie wynikającego stąd kompleksu problemów eksploatacyjnych prostymi środkami zarządzania staje się wręcz niemożliwe. W tej sytuacji układy energetyczne w szeregu kluczowych przedsiębiorstw są prowadzone, mimo dużego wysiłku personelu, w sposób znacznie odbiegający od optymalnego w sensie możliwości technicznych tkwiących w układzie. Znajduje to odbicie w wynikach ekonomicznych wydziałów energetycznych, a tym samym przedsiębiorstw. Dodać również należy, iż w szeregu nowoczesnych przemysłów, np.: włókien sztucznych, właściwa praca układu energetycznego warunkuje wprost wyniki produkcyjno-ekonomiczne całego przedsiębiorstwa.

W1

Poprawa poziomu eksploatacji układu energetycznego przedsiębiorstwa przemysłowego drogą wprowadzenia odpowiednich metod oceny i optymalizacji jego pracy jest jednym ze środków najefektywniejszych. Wieloletnie (1964-1972) badania i praktyczne próby czynione w tym zakresie przez zespół d. Katedry Elektrowni, a następnie d. Instytutu Energetyki, a od 1971 r. Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej w pełni potwierdziły powyższy pogląd. Nie powinno to sugerować jednakże, że wystarczającą są do uzyskania tych efektów ekonomicznych wyłącznie dobre metody organizacyjne i modele matematyczne. Istotnie, istnieje grupa problemów, dla której środki te są wystarczające, w większości jednak nowoczesne metody operacyjne wymagają dobrych informacji, a ich uzyskanie zaś - dobrego poziomu aparatury pomiarowej, nowoczesnych aparatów rejestrujących i przesyłających dane, wreszcie - elektronicznej techniki obliczeniowej. W przedsiębiorstwach starszych lub zaniedbanych nakłady na nowoczesną organizację pracy układu energetycznego muszą więc iść w parze z nakładami na wskazane, niezbędne środki techniczne.

Wobec dysponowania nielicznym zespołem pracowników naukowo-technicznych i ograniczonymi środkami finansowymi wspomniane prace znacznie zaawansowane zostały wyłącznie w zakresie metod oceny gospodarki energetycznej, w mniejszym zaś stopniu w dziedzinie optymalizacji pracy układu. Opracowano mianowicie kompleksową metodę analizy i oceny gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa. Co się tyczy optymalizacji, prace sprowadziły się do rozwiązania i wdrożenia kilku wybranych problemów cząstkowych.

Prezentowana praca stanowi propozycję uzupełniającą w zakresie metodologii niektóre działy związane z oceną gospodarki energetycznej w przedsiębiorstwie oraz rozwijającą metody optymalizacji pracy układu energetycznego. Jest ona w części wynikiem pracy zespołowej, w części zaś koncepcji i praktycznych doświadczeń autora. Szereg uogólnionych w pracy tej zagadnień, zostało wcześniej przedstawionych w publikacjach, bądź też opracowaniach wykonywanych na zlecenie przemysłu oraz Ośrodka d/s Energetyzacji Kraju GIG.

Za cel stawia sobie również autor takie przedstawienie metody, by była ona zdalna do bezpośredniego zastosowania w przedsiębiorstwach różnych branż. Tak więc na tle ogólnych koncepcji podaje się sposoby praktycznych rozwiązań. Ta dążność do uzyskania możliwie jak największej przydatności w praktyce opracowanych metod nasuwać może chwilami uwagi co do niedostatecznej w pewnych fragmentach spójności pracy; jest to jednakże kompromis autora między chęcią jak najpełniejszego uogólnienia metody, a koniecznością przedstawienia praktycznych narzędzi pracy dla energetyków przemysłowych. Równocześnie przy zapoznawaniu się z niektórymi algorytmami obliczeń - pomimo formalnego uzasadnienia ich poprawności - odczuwać się będzie brak przykładu praktycznego zastosowania. Stan ten wynika głównie z faktu niemożności przeprowadzenia przez autora samodzielnie pracochłonnego zebrania i opracowania niezbędnych danych.

Praca składa się z czterech działów.

W części pierwszej zdefiniowano pojęcie racjonalizacji gospodarki energetycznej, rozumiejąc pod tym zespół przedsięwzięć podejmowanych w obrębie układu energetycznego, prowadzącej do minimalizacji kosztów gospodarowania energią. Przy czym za kryterium ekonomiczne, będące miarą tych kosztów, przyjęto ogólną jego formułę, podaną przez L. Nehrebeckiego brzmiącą: "uzasadniona jest taka wysokość kosztów gospodarowania energią w okresie T , która prowadzi do minimum całkowitych kosztów wytwarzania produktu finalnego w okresie T , przy ustalonych pozostałych czynnikach determinujących wysokość tych kosztów, nie związanych z rozwiązaniem i eksploatacją urządzeń energetycznych w procesach technologicznych lub usługowych". Sformułowaniu temu nadano w pracy opis matematyczny, umożliwiający realizację praktycznych obliczeń optymalizacyjnych. W dziale tym określono ponadto podstawowe zasady i schemat zarządzania gospodarką energetyczną, wyodrębniając dla poszczególnych faz gospodarowania energią następujące poziomy zarządzania: poziom eksploatacji urządzeń i obiektów, poziom operatywnego zarządzania, poziom analiz techniczno-ekonomicznych i planowania rozwoju gospodarki energetycznej. Sprecyzowano również w oparciu o ten schemat zakres proponowanej metody optymalizacji, wiążąc ją z poziomem operatywnego zarządzania układem energetycznym.

W części poświęconej ocenie pracy układu energetycznego przedsiębiorstwa przemysłowego przeanalizowano istniejące systemy wskaźników techniczno-ekonomicznych oceny gospodarki energetycznej. Na tej podstawie przedstawiono zasady ogólne stosowania wskaźników technologicznych jednostkowego zużycia energii. Ponadto celem zapewnienia ich porównywalności w przypadku oceny zużycia energii w procesach technologicznych o silnie zmiennym cyklu produkcyjnym i wytwarzających produkty w szerokiej gamie asortymentów, opracowano nowy typ wskaźnika agregatowego, przyjmując za podstawę wskaźniki ekonometryczne Stuvela.

W dziale trzecim przedstawiono metodę optymalizacji pracy układu energetycznego. Optymalizację prowadzi się w obrębie podukładów energetycznych, uzyskanych drogą odpowiedniej dekompozycji układu energetycznego. Podano więc zasady tej dekompozycji wraz z omówieniem problemu obliczeń koordynujących pracę podukładów.

Ostatni dział przeznaczono na przedstawienie wytycznych do projektowania systemu informacyjnego, zapewniającego rejestrację, przesył i przetwarzanie informacji, niezbędnych dla oceny i optymalizacji gospodarki. Punktem wyjścia dla realizacji tego zadania są opracowane schematy sterowania i zarządzania układem energetycznym. Przedstawiono również w dziale tym problem weryfikacji wartości wielkości decyzyjnych wchodzących do modeli matematycznych w następstwie uzyskiwanych, rzeczywistych wyników ekonomicznych w układzie energetycznym. Realizację tego zadania zapewnia opracowany algorytm identyfikacji układu, stanowiący element systemu sterowania układem.

We wnioskach zawarto sugestie o możliwościach zastosowania metody w praktyce przemysłowej.

W pracy niniejszej nie publikuje się programów maszynowych obliczeń; zgodnie z odwołaniami w tekście są one do uzyskania w bibliotece IESU Politechniki Śląskiej.

2. RACJONALIZACJA GOSPODARKI ENERGETYCZNEJ PRZEDSIĘBIORSTWA PRZEMYSŁOWEGO

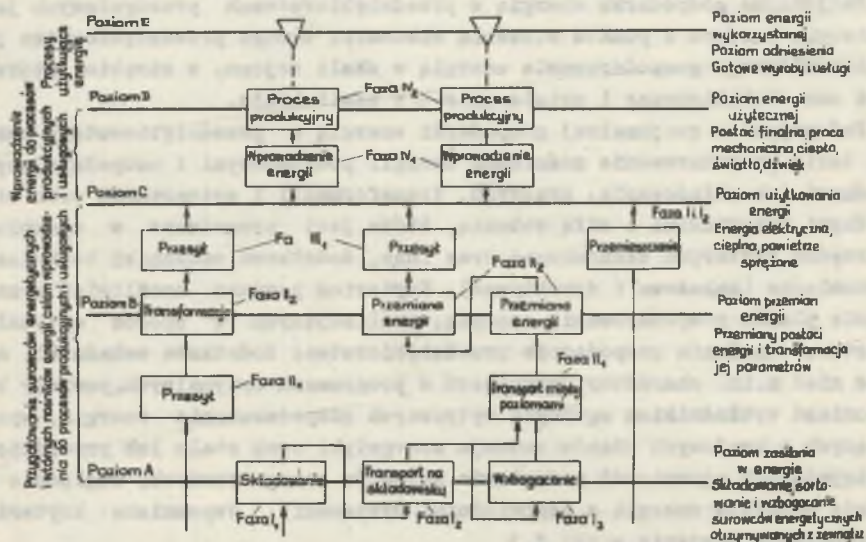
2.1. Gospodarka energetyczna przedsiębiorstwa na tle krajowego systemu paliwowo-energetycznego

Racjonalna gospodarka energią w przedsiębiorstwach przemysłowych jest konieczna zarówno z punktu widzenia ekonomiki samego przedsiębiorstwa jak i ekonomicznego gospodarowania energią w skali rejonu, w obrębie którego jest ono zlokalizowane i ostatecznie - w skali kraju.

Pod pojęciem racjonalnej gospodarki energią w przedsiębiorstwie uważa się takie gospodarowanie nośnikami energii podstawowymi i uzupełniającymi środkami ich składowania, przesyłu, transformacji i wytwarzania oraz niezbędnymi materiałami i siłą roboczą, które jest prowadzone w oparciu o nadrzędne kryterium ekonomiczne oraz inne, dodatkowe wskaźniki techniczno-ekonomiczne (nakazowe i dyrektywne). Kryterium powinno umożliwiać wyznaczanie planów gospodarowania energią, realizujących w sposób optymalny podstawowe zadania gospodarcze przedsiębiorstwa; dodatkowe wskaźniki, mogące mieć m.in. charakter ograniczeń w programach optymalnych, powinny być natomiast wykładnikiem ogólnych wytycznych gospodarowania energią, wynikających z krajowych planów rozwoju energetyki oraz stale lub przejściowo występujących ograniczeń w dostawie surowców energetycznych, względnie wymianie nośników energii z odpowiednimi systemami. Wspomniane kryterium sformułowane zostanie w pkt 2.3.

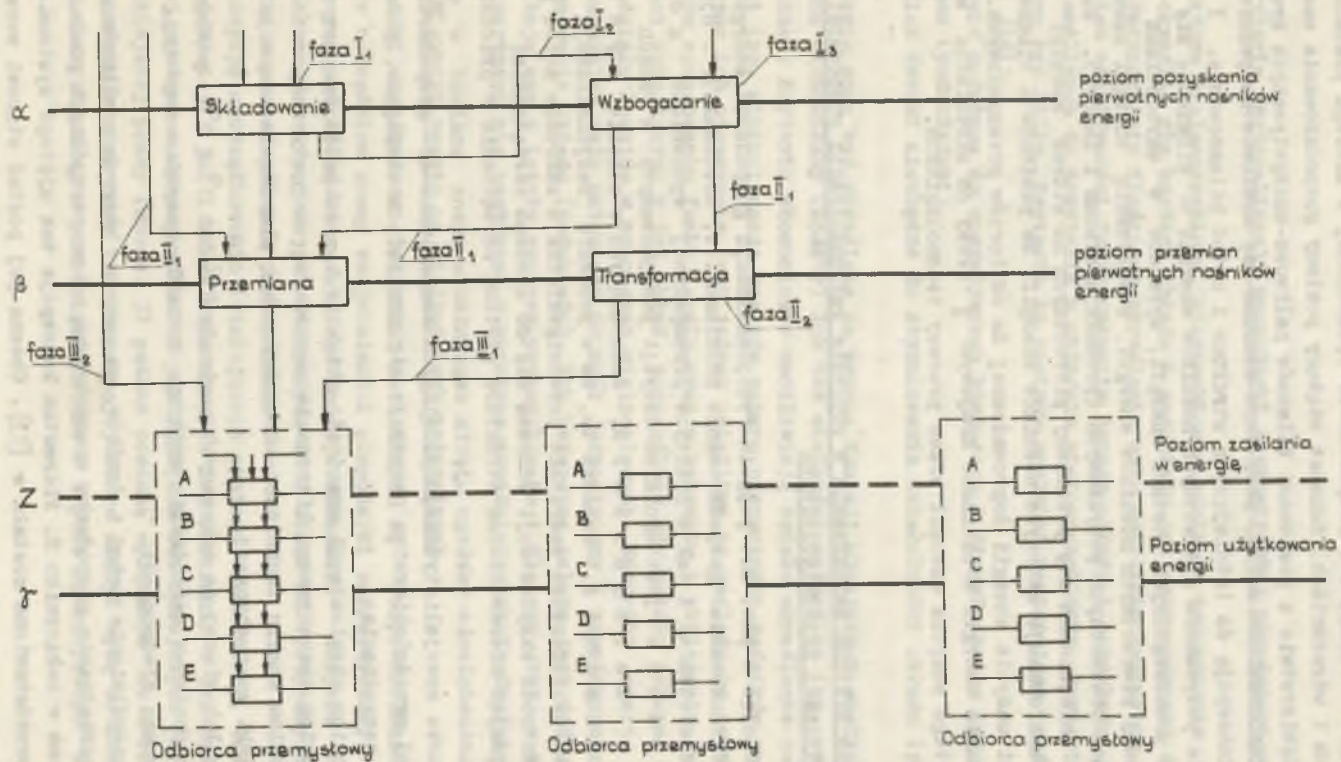
Biorąc pod uwagę występującą złożoność powiązań przedsiębiorstwa z całością gospodarki narodowej, można go rozpatrywać wyłącznie jako układ względnie odosobniony, o skończonej liczbie podukładów (zakłady, oddziały itp.) i zorganizowanej wewnętrznej strukturze. W rozumieniu zasad nowoczesnej teorii organizacji przemysłu, współczesne przedsiębiorstwo przemyślowe jest układem szczególnie złożonym, o probabilistycznym charakterze stanów wyróżnianych i zdolnością do samoregulacji [10 str. 22]. Gdyby układ był deterministyczny, zależność pomiędzy wielkościami na "wejściu" i "wyjściu" przedsiębiorstwa - przy pewnych dodatkowych założeniach - miałyby charakter funkcji. W rzeczywistości tak nie jest, gdyż zawsze w trakcie realizacji programu występują zakłócenia utrudniające wykonanie zadania zgodnie z opracowanym planem. Zakłócenia te można podzielić wg [11 str. 117] na zewnętrzne i wewnętrzne. Pełny ich wykaz podano w załączniku [1].

Zakłócenia te, będące w istocie wynikiem odchyień między wartościami planowanymi, wypływają w głównej mierze z niemożności - przy obecnym stanie wiedzy i techniki - przetwarzania ogromnej liczby danych na szczeblu Centralnego Ośrodka Dyspozycji Gospodarczych (CODG), a także na niższych szczeblach zarządzania. Jak wskazuje praktyka gospodarcza, niemożność ta występuje obecnie wyraźnie nawet w dobrze zorganizowanych i wyposażonych w środki rejestracji i przetwarzania danych dużych, wielozakładowych przedsiębiorstwach przemysłowych. Uważa się więc, że poza przyjęciem zasady, że w procesie poszukiwania metod racjonalizacji gospodarki przedsiębiorstwa, w tym i gospodarki energetycznej, traktuje się przedsiębiorstwo jako układ względnie odosobniony, konieczne jest również założenie, iż możliwa jest dekompozycja przedsiębiorstwa na odpowiednie układy i podukłady. Pojęcia te zostaną w dalszej części zdefiniowane w sposób ścisły.



Rys. 2.1. Schemat faz gospodarowania energią w przedsiębiorstwie przemysłowym

Przy powyższych założeniach wymagane jest ścisłe określenie poziomów bilansowania i wielkości bilansowanych. W przypadku gospodarki energetycznej uważa się, że w modelu operacyjnym przedsiębiorstwa, czyli modelu matematycznym odwzorującym rzeczywistość gospodarczą (z danym stopniem wierności), powinno zachować się ciągłość przepływu strumieni energii od poziomu jej pozyskania do udziału w produktach finalnych procesów produkcyjnych. Jednocześnie poziomy te powinny w pewien sposób odpowiadać poziomom bilansów paliwowo-energetycznych kraju. W proponowanej metodzie za podstawę przyjęto uniwersalny schemat gospodarowania energią w przedsiębior-



Rys. 2.2. Schemat ogólny poziomów bilansowania energii w gospodarce narodowej

stwie przemysłowym (rys. 2.1), opublikowany w [1], uznany przez większość energetyków w kraju i o przydatności sprawdzonej w szeregu pracach teoretycznych i wdrożeniach. Schemat wiążący poziomy gospodarowania energią w przedsiębiorstwie z poziomami bilansów paliwowo-energetycznych kraju (rys. 2.2) przedstawiono w [6], przy czym starano się możliwie najpełniej dostosować koncepcję do istniejących struktur i metod bilansowania. I tak, na poziomie α uzyskania pierwotnych nośników energii α bilansuje się krajowe zużycie poszczególnych postaci energii, wyrażone w wartościach energii chemicznej pierwotnych nośników energii, z wartością energii zawartej w nośnikach pierwotnych pozyskanych (produkcja własna i import). Na poziomie β umiejscawia się przemiany pierwotnych na wtórne nośniki energii oraz transformacje wtórnych nośników energii. Na poziomie γ bilansuje się wartości zużycia energii doprowadzonej do odbiorców przemysłowych. Poziom użytkowania energii w bilansie krajowym η służy do określenia wartości całkowitego zużycia energii przez procesy technologiczne.

2.2. Rola systemu zarządzania w procesie racjonalizacji gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa

Określając w pkt. 2.1 pojęcie "racjonalizacji gospodarki energetycznej" użyto sformułowania "gospodarowanie nośnikami..., środkami...". Ujęcie to wymaga uściślenia. I tak w praktyce przemysłowej wymienione gospodarowanie jest wynikiem decyzji podejmowanych w ramach procesów zarządzania, zachodzących w obrębie systemu zarządzania. Oznacza to, że w procesie racjonalizacji gospodarki przedsiębiorstwa wszystkie przedsięwzięcia w zakresie metod planowania i kontroli eksploatacji odnoszą się do systemu zarządzania.

Przyjmując hierarchiczną strukturę systemu zarządzania w przedsiębiorstwie (uzasadnienie takiego ujęcia zagadnienia można znaleźć w obfitej literaturze specjalistycznej np. [12]) w odniesieniu do gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa proponuje się przyjąć następujące, podstawowe poziomy zarządzania:

- 1^o poziom eksploatacji urządzeń, obiektów i podukładów energetycznych,
- 2^o poziom operatywnego kierowania gospodarką energetyczną,
- 3^o poziom analiz techniczno-ekonomicznych i planowania rozwoju gospodarki energetycznej.

Jeden lub więcej ze wskazanych poziomów (3^o lub 3^o i 2^o) powiązane są ściśle z poziomem zarządzania wyższego szczebla gospodarczego (np. służbą energetyczną zjednoczeń).

Wyszczególnienie metod i środków, za pomocą których realizowany jest proces zarządzania gospodarką energetyczną na poszczególnych poziomach zamieszczono w załączniku 2. Pierwotna koncepcja tak ujętego systemu zarządzania przedstawiona została w [13]. Obecna jej postać stanowi wersję uzu-

pełnioną w części o badania [14], praktyczne próby jej wdrożenia w przedsiębiorstwach F. [15] i Z.A. [16] oraz wnioski z dyskusji roboczych w Ośrodku d/s Energetyzacji Kraju Głównego Instytutu Górnictwa.

2.3. Kryteria racjonalizacji gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa

Struktura wieloszczeblowa, hierarchiczna systemu zarządzania pozwala ściśle określić dla każdego układu i podukładu cel gospodarczej działalności. Jednocześnie ilościowe określenie celu umożliwia kryterium, będące miernikiem efektywności funkcjonowania danego układu i podukładu. Oznacza to, że możliwych do przyjęcia w układzie wieloszczeblowym kryteriów może i powinno być kilka. Kryteria te powinny spełniać następujące, podstawowe funkcje [14]:

- stanowić podstawę do operatywnego bieżącego i długofalowego zarządzania układem (podukładami),
- określać środki niezbędne do stymulowania działalności układu (podukładów).

Kryteria mogą być określone za pomocą funkcji ujmujących wielkości mające sens ekonomiczny (koszty) lub też wielkości naturalne (np. parametry techniczne). Kryteria ekonomiczne umożliwiają ściśle określenie celu działalności (np. minimalizacja kosztów zakupu pierwotnych nośników energii). Praktyczne ich stosowanie jest jednak uciążliwe ze względu na trudności w poprawnym opracowaniu funkcji celu oraz w zebraniu i obliczeniu wartości wielkości wchodzących w jej skład, szczególnie gdy należy dokonać na przykład podziału kosztów w procesach wielocelowych. Mierniki oparte o wielkości naturalne dają natomiast na ogół jednostronny i zawężony obraz celu funkcjonowania układu (podukładu). Ich bezsporną zaletą jest jednak fakt, iż wynikają one z istoty procesu przemysłowego i dlatego też w zasadzie pomiar wartości nie naraża w praktyce poważniejszych trudności.

2.3.1. Mierniki oparte na wielkościach naturalnych

Mierniki określone wielkościami naturalnymi są rozpowszechnionym w praktyce narzędziem oceny racjonalności gospodarki energetycznej. W większości przypadków są to wszelkiego rodzaju wskaźniki zużycia energii, energochłonności itp., objęte statystyką GUS, służb energetycznych i często różne w poszczególnych przemysłach.

Propozycję uporządkowania istniejącego systemu wskaźników, tak w zakresie definicji, jak i określenia okresów ich zbierania w praktyce przemysłowej, podano w opracowaniach i publikacjach wcześniejszych [6, 18].

W niniejszej pracy (rozdz. 3) podane zostaną wyłącznie te z istniejących wskaźników oraz nowe ich propozycje, które służyć będą do oceny gospodarki energetycznej w przedsiębiorstwie w trybie operatywnego nią kierowania.

2.3.2. Ogólne kryterium ekonomiczne gospodarowania energią w przedsiębiorstwie przemysłowym

Przyjmuje się, że podstawowym wskaźnikiem działalności gospodarczej przedsiębiorstwa eksploatowanego jest zysk, przy czym celem działalności przedsiębiorstwa jest maksymalizacja tej wielkości w okresie T (np. 1 roku), przy uwzględnieniu szeregu ograniczeń, wynikających z planowego charakteru gospodarki socjalistycznej, przede wszystkim konieczności realizowania nakazowo określonych zadań produkcyjnych. Oznacza to, że wszystkie ogniwa przedsiębiorstwa powinny tak organizować swą działalność, aby prowadzić do maksymalizacji zysku całego przedsiębiorstwa. Ogólne kryterium ekonomiczne gospodarowania energią w przedsiębiorstwie przemysłowym można więc sformułować, w oparciu o definicję podaną w [1], następująco:

Uzasadniona jest taka wysokość kosztów gospodarowania energią w okresie T , która prowadzi do minimum całkowitych kosztów wytwarzania produktu finalnego w okresie T , przy ustalonych pozostałych czynnikach determinujących wysokość tych kosztów, nie związanych z rozwiązaniem i eksploatacją urządzeń energetycznych w procesach technologicznych lub usługowych

Kryterium powyższe wyrazić można, wychodząc z następującego związku między wielkością produkcji a zużyciem surowców i materiałów w dowolnym przedziale czasu t okresu T :

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{B}, \quad (2.1)$$

gdzie:

$\mathbf{x}(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_p(t)]$ - ilość produktów j -tego rodzaju

$\mathbf{B}(t) = [{}_1B(t), {}_2B(t), \dots, {}_kB(t)]$ - wektor zużycia surowców k -tego rodzaju

$\mathbf{A} = [k^a_{j}]$ - macierz norm technologicznych (k^a_{j} - ilość surowca lub materiału k -tego rodzaju niezbędna dla wytworzenia jednostki wyrobu j -tego rodzaju).

Program, który spełnia równanie (2.1) przy danej ilości surowców \mathbf{B} i ustalonych (wartości średnie w przedziale czasu t) wartościach wskaźników jednostkowego zużycia surowców i materiałów \mathbf{A} , jest programem dopuszczalnym. Program dopuszczalny, minimalizujący całkowite koszty wytwarzania produktów j -tego rodzaju można zapisać:

$$K_w(t) = \min \sum_{j=1}^p k_{wj}(x_j) \cdot x_j(t), \quad (2.2)$$

gdzie:

$K_w(t)$ - całkowite koszty wytwarzania produktów j -tego rodzaju w przedziale czasu t ,

$k_{wj}(x_j)$ - jednostkowy koszt wytwarzania produktu j-tego rodzaju (w dalszym ciągu dla uproszczenia zapisu $k_{wj}(x_j)$ będzie się pisać tylko k_{wj}).

Ze zbioru surowców i materiałów B wyodrębnić można nośniki energii i postacie energii, niezbędne w procesach wytwarzania produktów j-tego rodzaju

$${}_1B = [{}_1B_1(t), \dots, {}_1B_j(t)]. \quad (2.3)$$

indeksy:

i - nośniki energii i postacie energii i-tego rodzaju zakupywane lub produkowane,

j - proces technologiczny,

przy czym:

$${}_1B_j \in [{}_1B_1(t), \dots, k_{B_j}(t)]. \quad (2.4)$$

Warunek (2.4) oznacza, że ze zbioru k_B wyodrębniono nośniki i postacie energii ${}_1B$ (np. energia elektryczna, gaz, węgiel itd.).

Jednocześnie:

$$k \geq 1.$$

Opierając się o definicję kryterium ogólnego można zapisać, że:

$$[{}_1B_1(t), {}_1B_2(t), \dots, k_{B_j}(t)] = \text{const}, \quad (2.5)$$

co oznacza, że ilość surowców i materiałów używanych w procesach pozaenergetycznych w czasie t jest stała. Założenie (2.5) pozwala wyodrębnić z równania (2.1) układ równań liniowych o postaci:

$${}_1Ax = {}_1B, \quad (2.6)$$

gdzie:

${}_1A$ - macierz wskaźników technologicznych jednostkowego zużycia energii

$$[{}_1W_j].$$

Wówczas funkcja celu (2.2) przyjmie postać:

$$K_w(t) = \min \sum_{j=1}^P k_{wj} \cdot x_j(t) = \min \sum_{j=1}^P (k_{pj} + k_{ej}) \cdot x_j(t) = \min \left[K_p(t) + \sum_{j=1}^P k_{ej} x_j(t) \right]. \quad (2.7)$$

Przy zadanej strukturze produkcji:

$$j \in (1, p) \rightarrow \text{const.} \quad (2.8)$$

także i

$$K_p(t) = \text{const.} \quad (2.9)$$

Wówczas

$$K_w(t) = \min \sum_{j=1}^p k_{wj} x_j(t) \hat{=} K_e(t) = \min \sum_{j=1}^p k_{ej} \cdot x_j(t), \quad (2.10)$$

gdzie:

- $K_e(t)$ - całkowite koszty gospodarowania energią w przedziale czasu t ,
- $K_p(t)$ - całkowite koszty wytwarzania produktów w przedziale czasu t ,
pomniejszone o koszty gospodarki energetycznej,
- k_{ej} - całkowity koszt energii niezbędnej na wyprodukowanie jednostki
produktu j -tego rodzaju.

W przedsiębiorstwie eksploatowanym optymalny program gospodarowania energią zapewniający minimalizację kosztów wytwarzania produktu finalnego w czasie t nie wiąże się w zasadzie z inwestycjami. Poszukiwanie więc rozwiązań optymalnych przy istniejącym wyposażeniu gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa polegać musi na minimalizacji kosztów zmiennych gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa; przyjmuje się, że koszty stałe gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa winny być pokryte niezależnie od sposobu realizacji określonych planów gospodarowania energią. Koszty remontów i modernizacji włącza się tym samym w koszty umownie stałe.

Założenie to, szczególnie odnośnie kosztów modernizacji, wzbudza u niektórych zainteresowanych [50] pewne zastrzeżenia. Twierdzą, iż konieczność prowadzenia prac modernizacyjnych wpływa właśnie ze spodziewanej obniżki kosztów zmiennych. Sugerują tym samym, że funkcja kosztów powinna zawierać wyodrębniony składnik, określający koszty modernizacji. Takie jednakże podejście byłoby uzasadnione przy poszukiwaniu optymalnej struktury układu w planowaniu jego rozwoju. Przy optymalizacji pracy układu wspomniany składnik kosztów przyjmowałby wartość stałą w okresie t , gdyż określone warunkami ograniczającymi zmiany ilości wytwarzanych lub przetwarzanych nośników energii, na wartość tych kosztów wpływu nie mają.

Ostatecznie więc ogólną funkcję celu (2.10), stanowiącą kryterium dla programowania optymalnego gospodarki energetycznej w przedsiębiorstwie eksploatowanym można wyrazić:

$$K_{ze}(t) = \min \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{zei}^j \cdot i^{W_{tj}} \cdot x_j(t), \quad (2.11)$$

przy warunku:

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m i^{W_{tj}} \cdot x_j(t) = B(t), \quad (2.12)$$

gdzie:

- $K_{ze}(t)$ - całkowite koszty zmienne gospodarki energią w okresie t ,
- k_{zei}^j - jednostkowy koszt zmienny energii i -tego rodzaju doprowadzonej do j -tego procesu technologicznego,
- $i^{W_{tj}}$ - wskaźnik technologiczny jednostkowego zużycia energii w i -tej postaci w j -tym procesie technologicznym,
- $B(t)$ - całkowite zapotrzebowanie energii na cele produkcyjne w czasie t .

Zgodnie z wyrażeniem (2.11) zadanie sprowadza się do wyznaczenia optymalnych ilości energii i -tego rodzaju doprowadzanych do j -tego procesu technologicznego w przedziale czasu t , dla zdeterminowanych wielkości produkcji j -tych produktów oraz wartości wskaźników kosztów zmiennej energii zużywanej w j -tym procesie technologicznym.

W praktyce gospodarczej nie jest jednak możliwe ściśle zdeterminowanie zapotrzebowania energii przez procesy technologiczne. Nie jest także możliwe przyjęcie, że zapotrzebowanie ilości energii zostaną doprowadzone, jak również, że doprowadzona energia posiadać będzie wymaganą jakość. Nie doprowadzenie energii może być wynikiem ograniczeń dostaw planowych oraz awaryjnych.

Niedostarczenie energii do procesu technologicznego bądź niedostateczna jakość doprowadzanej energii prowadzą do obniżenia planowanej ilości produkcji. Zmniejszoną wielkość produkcji w czasie t tytułem ograniczeń ilości dostaw energii określa się:

$$Y = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_p(t)], \quad (2.13)$$

- obniżenie jakości

$$Z = [z_1(t), z_2(t), \dots, z_p(t)].$$

Straty wynikające z niewykonania planu produkcji można określić zależnością:

$$K_S(t) = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{Sj} [x_j(t) - y_j(t) - z_j(t)], \quad (2.14)$$

gdzie:

- $K_S(t)$ - całkowite koszty tytułem strat wynikające z niewykonania planu produkcji w przedziale czasu t , skutkiem niedostarczenia energii lub niedostatecznej jej jakości,
- $k_{Sj}(x_j - y_j - z_j)$ - jednostkowe koszty strat wynikające z niewyprodukowania j -tego produktu finalnego. Wobec braku powszechnie przyjętej metody obliczania tych kosztów, proponuje się by była to wartość określona po cenie sprzedaży produktu finalnego przez przedsiębiorstwo lub po cenie wewnętrznych rozliczeń międzyzakładowych w przedsiębiorstwie.

Jednocześnie zakłada się, że planowane ograniczenia ilości dostarczanej do procesów technologicznych energii nie przekraczają pewnej z góry określonej granicy:

$$\sum_{i=1}^m {}_i B_j(t) [1 - \xi_i(t)] \leq \sum_{i=1}^m f_i. \quad (2.15)$$

gdzie:

- ${}_i B_j$ - całkowite zapotrzebowanie i -tego rodzaju energii w j -tym procesie technologicznym,
- f_i - wartość graniczna niedoboru energii i -tego rodzaju,
- $\xi_i(t)$ - współczynnik planowych ograniczeń dostawy i -tego rodzaju energii.

Wartość graniczną niedoboru energii i -tego rodzaju f_i wyznacza się na podstawie ograniczeń technicznych występujących w układzie (np. remonty planowe) oraz ograniczeń zewnętrznych (np. planowe ograniczenia dostaw energii elektrycznej z systemu w szczycie obciążenia lub gazu w okresie zimowym itp.). Tak więc wyrażenie (2.15) jest zarazem jednym z warunków ograniczających obszar rozwiązań dopuszczalnych dla programu określonego funkcją (2.11).

Ilość energii dostarczonej do procesu technologicznego z uwzględnieniem możliwości awarii układów zasilania w energię wyraża się:

$$\sum_{i=1}^m {}_i B_j(t) \xi_1(t) \cdot \lambda_1(t) = {}_i B_{rj}(t). \quad (2.16)$$

gdzie:

${}_i B_{rj}(t)$ - całkowite rzeczywiste zużycie energii j-tego rodzaju w j-tym procesie w przedziale czasu t ,

$\lambda_1(t)$ - współczynnik niepewności dostawy energii i-tego rodzaju, wyznaczany statystycznie i przyjmujący wartości w przedziale $(0,1)$.

Zakładając, że okres programowania jest równy T oraz w każdym przedziale czasu t wielkość produkcji jest określona planem a macierz jednostkowego zużycia energii wynika z norm zużycia energii, całkowite koszty zmienne gospodarowania energią w okresie T wyniosą:

$$K_{ze}(T) = \int_0^T K_{ze}(t) dt = \int_0^T \left[\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{zei}^j {}_i W_{tj} x_j(t) \right] dt + \\ + \int_0^T \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{sj} (x_j(t) - y_j(t) - z_j(t)) dt. \quad (2.17)$$

Wyznaczenie programu optymalnego polega więc na określeniu:

$$K_{ze}^{opt}(T) = \min K_{ze}(T).$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m {}_i W_{tj} \cdot x_j(t) = B(t),$$

$$\sum_{i=1}^m {}_i B_j(t) [1 - \xi_1(t)] \leq \sum_{i=1}^m f_1,$$

$$\sum_{i=1}^m {}_i B_j(t) \xi_1(t) \lambda_1(t) = \cancel{{}_i B_{rj}(t)}. \quad (2.18)$$

Przy obecnym stanie zaawansowania prac w zakresie badań skutków ekonomicznych wynikających z niedostarczenia energii do procesów technologicznych, tak co do ilości jak i jakości, braku odpowiednich danych statystycznych odnośnie swaryjności urządzeń w układach energetycznych przedsiębiorstw przemysłowych, nie jest możliwe posługiwanie się przy programowaniu optymalnej pracy układu pełną funkcją (2.17). Traktować należy ją więc jako propozycję, wskazującą po części kierunki dalszych prac w tym zakresie.

W niniejszej pracy stosować będzie się dalej wyłącznie pierwszy składnik funkcji (2.17), czyli:

$$K_{ze} = \int_0^T \left[\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{zei}^j \cdot i W_{tj} \cdot x_j(t) \right] dt. \quad (2.19)$$

W przypadku optymalizacji pracy układu energetycznego dla potrzeb operatywnego nim kierowania skutki uproszczenia tego można ograniczyć, przyjmując dostatecznie małe przedziały czasu t . Możliwe staje się wówczas praktyczne, ilościowe uchwycenie ograniczeń ujętych w wyrażeniach (2.12), co pozwala właściwie sformułować - dla danego przedziału czasu t - zespół ograniczeń (2.18) na zmienne decyzyjne w funkcji celu (2.17). Przybliżone w takich obliczeniach będą minimalne wartości funkcji kosztów, jednakże za poprawne uznać będzie można programy pracy urządzeń.

3. OCENA PRACY UKŁADU ENERGETYCZNEGO W TRYBIE OPERATYWNEGO NIM KIEROWANIA

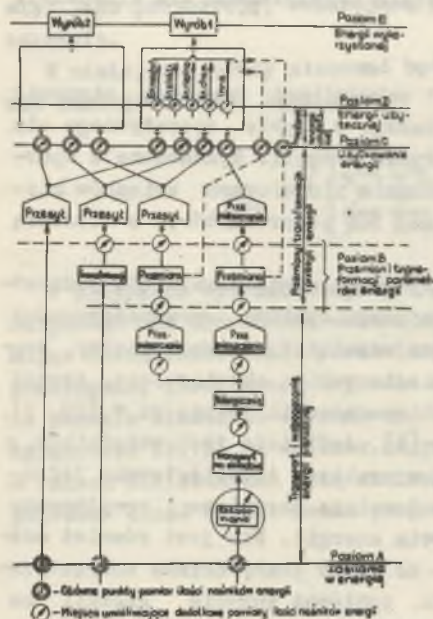
Zgodnie z uwagami podanymi w pkt 2.3.1 wskaźnikami mogącymi stanowić narzędzie do oceny pracy układu energetycznego w trybie operatywnego nim kierowania są wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Wyznaczone w oparciu o bilanse energetyczne służą do określenia ilościowych związków między wielkością produkcji w postaci finalnej lub półproduktów, a ilością energii zużytej do ich wytwarzania.

Obowiązujące w Polsce od 1971 r. zasady wyznaczania wskaźników jednostkowego zużycia energii wprowadzają do krajowego systemu sprawozdawczości statystycznej i planowania trzy podstawowe wskaźniki: technologiczny, produkcyjny i zakładowy. Dwa pierwsze z wymienionych są obowiązujące, trzeci - zalecany. Definicje i zasady ogólne ich wyznaczania podane są w [20, 21, 22]. Jak wykazano we wcześniejszej pracy [6], definicje tych wskaźników, a w szczególności technologicznego, nie są w praktyce interpretowane jednoznacznie, przede wszystkim ze względu na dowolnie rozumiane i przyjmowane w obliczeniach poziomy bilansowania zużycia energii. Nie jest również możliwe ich stosowanie - w obecnej formie - do oceny pracy układu energetycznego w trybie operatywnego nim kierowania, ponieważ zużycie energii na jednostkę produktu wyznacza się jako wartość średnią w zbyt długich okresach (nb. nie bez znaczenia jest w tym względzie niski w polskim przemyśle poziom techniki i środków pomiarowo-rejestracyjnych). W szeregu przemysłach programy technologiczne, dla wielu energochłonnych ciągów produkcyjnych, ulegają zmianie w cyklach dobowych, a nawet godzinowych. Stosowane zatem powszechnie w praktyce przeliczanie efektów produkcji na jednostki umownego produktu, w oparciu o stałe stosunki przerachowania i odnoszenia do nich średnich wartości energii, prowadzi do wyników obciążonych dużym błędem. Dodatkowo trudności występują w procesach wielocelowych.

Dla potrzeb proponowanego systemu oceny pracy układu w trybie operatywnym za podstawę przyjmie się jeden z podanych wskaźników, a mianowicie wskaźnik technologiczny jednostkowego zużycia energii oraz - w oparciu o niego, specjalnie opracowany dla proponowanej metody oceny - agregatowy wskaźnik jednostkowego zużycia energii.

3.1. Zasady ogólne obliczania i stosowania wskaźnika technologicznego jednostkowego zużycia energii i wskaźnika agregatowego

Koncepcję uporządkowania metodyki obliczeń wskaźników jednostkowego zużycia energii przedstawiono w cytowanych już, wcześniejszych pracach [6, 19]. Jej podstawą stanowi ogólny schemat poziomów bilansowania energii



Rys. 3.1. Schemat faz gospodarowania energią z naniesionymi punktami pomiaru nośników energii

cia energii, odpowiednio do rosnącego poziomu organizacji zarządzania, za pomocą następującej zależności:

$$B = \sum_j \sum_k k^{B_j} = \sum_j \sum_k k^{W_{tj}} \cdot k^{X_j}(t), \quad (3.1)$$

przy czym:

B - całkowite zużycie energii na wytworzenie k^{X_j} produktów finalnych (użytecznych),

k^{B_j} - całkowite zużycie energii na wytworzenie produktów k -tego rodzaju w j -tym procesie lub w j -tym przedsiębiorstwie),

k_{jt}^W - wskaźnik technologiczny jednostkowego zużycia energii na wytworzenie k-tego produktu w j-tym procesie (lub w j-tym przedsiębiorstwie),

k_{jt}^x - ilość produktu k-tego rodzaju wytworzona w j-tym procesie technologicznym (lub w j-tym przedsiębiorstwie).

Celem zapewnienia porównywalności wskaźników technologicznych proponuje się przeliczać ich wartości do umownej wartości energii podstawowego nośnika energii pierwotnej (np. paliwa o $W_d = 30\ 000$ kJ/kg) i odnosić do umownej wielkości produktu finalnego, propozycję tę szerzej uzasadniono w [6]. Zaznaczyć jednakże należy, że sposób ten prowadzi do poprawnych wyników wyłącznie w przypadku jednorodnych produktów finalnych, wytwarzanych w praktycznie niezmiennym cyklu produkcyjnym. W praktyce przemysłowej większość procesów przebiega według zmiennych programów, a produkt finalny tego samego typu jest wytwarzany w różnych asortymentach (np. wyroby walcowane). W tym przypadku stosowanie średnich wartości i przeliczanie ich z kolei na umowne, prowadzi do błędnych wyników, przy czym błąd jest tym większy, im bardziej zmienny jest cykl produkcyjny.

Jedną z możliwości rozwiązania powyższego problemu dostrzega się w zastosowaniu tzw. wskaźników agregatowych.

Zużycie energii na wyprodukowanie określonej ilości produktów k-tego rodzaju w j-tych procesach produkcyjnych w przedziale czasu t_1 można porównać z użyciem energii w tych samych procesach w pewnym okresie odniesienia t_0 , na podstawie stosunku:

$$\frac{k_{jt}^W(1) \cdot k_{jt}^x(t^{(1)})}{k_{jt}^W(0) \cdot k_{jt}^x(t^{(0)})}, \quad (3.2)$$

(indeks cyfrowy 0,1,2..., itd. oznacza okres, którego te dane dotyczą). Iloczyn w stosunku (3.2) można sumować, gdyż są wyrażone w jednostkach energii, stąd:

$$\frac{\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} k_{jt}^W(1) \cdot k_{jt}^x(t^{(1)})}{\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} k_{jt}^W(0) \cdot k_{jt}^x(t^{(0)})} = e_{JK}^{(1,0)}, \quad (3.3)$$

gdzie: J jest zbiorem numerów lub nazw procesów, a K jest zbiorem numerów lub nazw produktów.

Iloraz (3.3) będzie agregatowym wskaźnikiem całkowitego zużycia energii dla wyprodukowania k-tych rodzajów produktów w j-tych procesach produkcyjnych w przedziale czasu (1) w stosunku do okresu odniesienia (0).

Wartość stosunku (3.3) uzależniona jest od zmian wartości jednostkowego zużycia energii w j -tym procesie produkcyjnym oraz przy zmianach wielkości produkcji.

W analizie i ocenie wartości zużycia energii w procesach produkcyjnych istotne znaczenie posiada określenie, w jakim stopniu wpływają na nią zmiany wielkości produkcji względnie zmiany jednostkowego zużycia energii. Realizacja tego zadania możliwa jest właśnie dzięki wskaźnikom agregatowym; różne są jednak metody transformacji wyrażenia (3.3). W statystyce ekonomicznej wyróżnia się podstawowe metody: Laspeyrsa, Paache'a oraz Fischera [23]. Największe uznanie znalazły wskaźniki Laspeyrsa; posługując się tą metodą wyrażenie (3.3) można przedstawić w postaci (dla uproszczenia zapisu w odniesieniu tylko dla produktu jednego rodzaju, $k = 1$):

$$\frac{\sum_{j \in J} W_{jt^{(0)}} \cdot x_j(t^{(1)})}{\sum_{j \in J} W_{jt^{(0)}} \cdot x_j(t^{(0)})} = P_{LJ}^{(1,0)} \quad (3.4)$$

$$\frac{\sum_{j \in J} W_{jt^{(1)}} \cdot x_j(t^{(0)})}{\sum_{j \in J} W_{jt^{(0)}} \cdot x_j(t^{(0)})} = q_{LJ}^{(1,0)}. \quad (3.5)$$

Mianowniki wyrażeń określają wartość całkowitą zużycia energii w okresie odniesienia, licznik wyrażenia (3.4) - wielkość zużycia energii przy niezminionej ilości produkcji i zmienionym jednostkowym zużyciu energii, licznik wyrażenia (3.5) - wielkość zużycia energii przy zmienionej ilości produkcji, lecz utrzymanym jednostkowym zużyciu energii. Wadą tego typu wskaźników jest fakt, że:

$$P_{LJ}^{(1,0)} \cdot q_{LJ}^{(1,0)} \neq e_j^{(1,0)}, \quad (3.6)$$

co powoduje, że wskaźniki agregatowe typu Laspeyrsa tracą - w zastosowaniu do wskaźników energetycznych - sens fizyczny.

Istnieje jednak możliwość wyeliminowania trudności określonej zależności (3.6), posługując się metodą tworzenia wskaźników agregatowych Stuvela. W [23] podano ich określenia i przeanalizowano je w sposób uzasadniający poprawność i zakres zastosowań w statystyce ekonomicznej.

W odniesieniu do wskaźników jednostkowego zużycia energii można wskaźniki agregatowe Stuvela zastosować w sposób następujący:

według Stuvela istnieją takie wielkości $p_{Sj}^{(1,0)}$ i $q_{Sj}^{(1,0)}$, które spełniają zależność:

$$p_{Sj}^{(1,0)} \cdot q_{Sj}^{(1,0)} = e_j^{(1,0)}. \quad (3.7)$$

Wyznacza się je na podstawie układu równań:

$$p_{Sj}^{(1,0)} = (p_{Lj}^{(1,0)} - q_{Lj}^{(1,0)} + r^{(1,0)})/2$$

$$q_{Sj}^{(1,0)} = (q_{Lj}^{(1,0)} - p_{Lj}^{(1,0)} + r^{(1,0)})/2$$

$$r^{(1,0)} = \sqrt{(p_{Lj}^{(1,0)} - q_{Lj}^{(1,0)})^2 + 4e_j^{(1,0)}} \quad (3.8)$$

przy czym $e_j^{(1,0)}$ określone jest zależnością (3.3).

W statystyce ekonomicznej, w praktycznych obliczeniach wielkości ujęte w równaniach (3.8) wyznacza się w oparciu o tablice oraz nomogramy tych wartości [23]. Uważa się jednak, że taki sposób postępowania jest zbyt pracochłonny. W związku z powyższym opracowano odpowiedni program obliczeń dla komputera [4].

Przyjęte do oceny wskaźniki technologiczne jednostkowego zużycia energii oraz wyznaczone na ich podstawie wskaźniki agregatowe proponuje się stosować następująco:

- w przypadku rozwiniętego systemu elektronicznego rejestracji i przetwarzania danych (CRPD) dla:
 - procesów jednorodnych ciągłych wskaźniki proponuje się obliczać co 1 h. Dla wskaźników agregatowych za wartości odniesienia zaleca się przyjmować wartości znamionowe produkcji i zużycia energii dla danego procesu technologicznego,
 - procesów produkcyjnych o wielu cyklach (np. piece grzewcze w hucie surowcowej) wskaźniki proponuje się obliczać za okres 1 cyklu, tzn. albo za czas produkcji jednego asortymentu (np. w piecach przepychowych) lub za okres jednego napełnienia (np. piece węgłbne). W pierwszym przypadku nie wyklucza się celowości obliczania wskaźników tak jak w procesach jednorodnych ciągłych;
- w przypadku niedostatecznie rozwiniętego systemu CRPD, obliczanie wskaźników agregatowych pokrywać powinno się z wymaganiami statycznymi GUS; podkreślić należy, iż wówczas znaczenie tych wskaźników dla oceny pracy układu dla potrzeb operatywnego kierowania będzie miało wyłącznie pomocniczy, orientacyjny charakter.

Środki techniczne i organizacja wymaganego systemu CRPD omówione zostaną w rozdz. 5.

Dla potrzeb obliczeń optymalizacyjnych bezpośrednio stosowanie wskaźnika jednostkowego zużycia energii, wyznaczonego zgodnie z wytycznymi ogólnymi i podanymi zasadami nie jest możliwe. Zgodnie bowiem z ogólną funkcją celu (2.19) wprowadzać do obliczeń należy wartość jednostkowego zużycia energii i-tego rodzaju, a nie tylko wartość zużycia energii wszystkich nośników i postaci energii wprowadzanych do j-tego procesu technologicznego.

Wobec powyższego, nie rezygnując z ogólnych zasad wyznaczania wartości wskaźnika technologicznego, dla obliczeń optymalizacyjnych wprowadzać się będzie wartości jednostkowego zużycia określone:

$$\begin{aligned}
 k^{W_{tj}} &= \frac{\sum_{i=1}^m B_{ij}}{k^{x_j}} = \frac{1 B_{i1}}{k^{x_j}} + \dots + \frac{1 B_{ij}}{k^{x_j}} + \dots + \frac{m B_{im}}{k^{x_j}} = \\
 &= k^{W_{tj1}} + \dots + k^{W_{tji}} + \dots + k^{W_{tjm}} \quad (3.9)
 \end{aligned}$$

W odróżnieniu od wskaźnika technologicznego jednostkowego zużycia energii $k^{W_{tj}}$, wskaźnik $k^{W_{tji}}$ nazywać się będzie wskaźnikiem technologicznym jednostkowego zużycia i-tego rodzaju energii, tzn. zawsze z podaniem rodzaju nośnika czy też postaci energii.

4. OPTIMALIZACJA GOSPODARKI ENERGETYCZNEJ W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM DLA POTRZEB OPERATYWNEGO NIĄ KIEROWANIA

4.1. Założenia podstawowe

4.1.1. Uwagi ogólne

W proponowanej metodzie oceny i optymalizacji zawęża się zakres przedsięwzięć optymalizacyjnych do skali operatywnego, i w wybranym zakresie, krótkoterminowego kierowania gospodarką energetyczną w przedsiębiorstwie.

Jako podstawę przedstawionych dalej metod optymalizacji przyjmuje się ogólne kryterium ekonomiczne podane w pkt. 2.3.2 i ujęte w sposób formalny uproszczoną zależnością (2.19). Optymalizacja pracy układu energetycznego prowadzona będzie w obrębie podukładów; zasady dekompozycji i definicje wymienionych pojęć podane zostaną w pkt. 4.1.2; zasady optymalizacji - w pkt. 4.1.3. Sposób wyznaczania składników funkcji celu (funkcji kosztów) omówiony będzie natomiast w pkt. 4.1.4.

4.1.2. Zasada dekompozycji układu energetycznego

Formułując ogólne kryterium ekonomiczne (pkt. 2.3.2) wyodrębniono układ energetyczny z całości systemu, jaki stanowi przedsiębiorstwo. Pod układem energetycznym rozumie się natomiast zespół urządzeń, środków technicznych siły roboczej i energii na potrzeby własne, za pośrednictwem którego realizowane są poszczególne fazy gospodarowania nośnikami i postaciami energii, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 2.1.

Dla potrzeb optymalizacji pracy układu energetycznego uważa się za w pełni celowe przyjęcie zasady dekompozycji tego układu. Znajduje to uzasadnienie w:

- założeniu hierarchiczności zarządzania gospodarką energetyczną, której konieczność wskazano w rozdz. 2.2,
- dążności do skrócenia czasu i obniżeniu kosztów obliczeń optymalizacyjnych. Podkreślić należy przy tym, że współczesne komputery (IBM 370/165 CDC 6600-8900) posiadają niezbędną moc obliczeniową dla rozwiązania dużych, kompleksowych programów optymalizacyjnych; jak wykazała praktyka, w tym i próby autora, postępowanie takie nie jest jednak ekonomiczne, gdyż w większości macierze ujmujące układy równań bilansowych i warunków ograniczających w programach kompleksowych posiadają dużą ilość elementów zerowych.

Układ energetyczny dekomponuje się na podukłady energetyczne. Stanowią one zespół urządzeń, środków technicznych siły roboczej i energii na potrzeby własne, związany z gospodarką jednym rodzajem nośnika lub postaci energii; fazy gospodarowania mogą być w podukładzie realizowane w pełnej ilości, jak również tylko ich część. Tak więc podukłady obejmą: gospodarke gazami, energię elektryczną, sprężonym powietrzem, parami itd.

4.1.3. Zasada optymalizacji pracy układu energetycznego

Proponowana metoda optymalizacji pracy układu energetycznego opiera się na założeniu, że dla danego przedziału czasu t (problem określenia długości przedziału czasu naświetlony zostanie w dalszej części), zdeterminowane są wartości zapotrzebowanej energii na wejściu do procesu technologicznego (poziom C). Jednocześnie, wobec konieczności zakupu energii z zewnątrz, jak i prowadzenia wymiany energii z zewnętrznymi systemami energetycznymi, programy pracy podukładów są uzależnione - w stopniu określonym przez warunki ograniczające - od programów współpracy układu lub bezpośrednio jego podukładów, z zewnętrznymi systemami energetycznymi i źródłami dostaw.

Wobec powyższego optymalizacja pracy układu energetycznego dla potrzeb operatywnego i krótkoterminowego nim kierowania powinna obejmować optymalizację programów zakupu, wytwarzania i wymiany nośników i postaci energii według ogólnego kryterium ekonomicznego. Zadanie to wykonuje się w powiązaniu z optymalizacją pracy podukładów na poszczególnych poziomach i w fazach gospodarowania energią, prowadzącą do wyznaczenia: optymalnych programów pracy urządzeń i rozdziału środków, siły roboczej i energii na potrzeby własne. Sposób realizacji przedstawionego zadania podany zostanie w pkt. 4.2.

Przy optymalizacji pracy podukładów nie jest oczywiste, iż prowadzenie ich według programów optymalnych prowadzi zawsze do optymalnych wyników w odniesieniu do całego układu. Byłoby to wyłącznie prawdziwe przy założeniu w przedziale czasu t stałości parametrów stanu pozostałych podukładów, warunków ograniczających (w tym możliwości substytucji nośników) i zapotrzebowania energii. Założenie takie jest możliwe tylko w przypadku pewnych podukładów, i to na wybranych poziomach gospodarowania.

W tej sytuacji konieczne jest w metodzie optymalizacji pracy układu, przy przyjęciu jego dekompozycji, przeprowadzenie:

- koordynacji decyzji w podukładach,
- kontroli pracy podukładów,

przy czym oba te działania muszą być realizowane jednocześnie. Podkreślić należy, że w praktyce przemysłowej prowadzonej w oparciu o tradycyjne schematy i metody, taki sposób postępowania jest realizowany, jednakże w zdecydowanej większości przypadków nie prowadzi do wyników optymalnych.

Kontrolę pracy podukładów prowadzić należy w oparciu o systemy elektro-
nicznego przetwarzania danych (EPD). Wytyczne i założenia w tym zakresie

przedstawione zostaną w rozdz. 5. Jeżeli chodzi o problem koordynacji decyzji o pracy podukładów, to naświetlony zostanie on w pkt. 4.2.4.

Poszukiwania optymalnych programów pracy podukładów prowadzić się będzie bądź przy pomocy metod programowania dynamicznego, bądź też liniowego. Nie będzie się korzystało z metod programowania nieliniowego, gdyż uważa się, iż obecnie istniejące algorytmy obliczeń są szczególnie złożone i zbyt specjalistyczne. W tej sytuacji problemy nieliniowe (na przykład na poziomie przemian) rozwiązywać się będzie metodami programowania dynamicznego dyskretnego lub liniowego, po aproksymacji charakterystyk nieliniowych odcinkami prostymi. Ocenę dokładności i uzasadnienie celowości stosowania tych metod, w odniesieniu do rozważanych problemów, przedstawiono w pracy wcześniejszej [17].

4.1.4. Sposób wyznaczenia kosztu zmiennego energii na wejściu do procesu technologicznego

Wobec złożoności układów gospodarki energetycznej przedsiębiorstw przemysłowych, różnorodności faz gospodarowania energią, bezpośrednie wyznaczenie kosztu zmiennego energii na wejściu do procesów technologicznych jest bardzo utrudnione, a w większości wręcz niemożliwe.

W proponowanej metodzie za podstawę sposobu wyznaczania tych kosztów przyjmuje się, zgodnie z ogólną koncepcją układu energetycznego przedsiębiorstwa, schemat poziomów i faz gospodarowania przedstawiony na rys. 2.1. Podstawowe założenie polega na zachowaniu ciągłości strumienia kosztów, wychodząc z ceny pozyskania nośników energii na poziomie A, drogą "nakładania" kosztów zmiennych ponoszonych w poszczególnych fazach gospodarowania tymi nośnikami. (Koncepcję tę nakreślono w sposób uproszczony w [50]). Tak więc jednostkowy koszt zmienny i-tego nośnika doprowadzonego do j-tego procesu technologicznego w przedziale czasu t można wyrazić za pomocą następującej, ogólnej zależności:

$$k_{1j}(P,t) = c_1(t) \frac{B_{1j}(A,t)}{B_{1j}(P,t)} + \frac{\sum_i K_{ei}^f(t)}{B_{1j}(P,t)}, \quad (4.1)$$

gdzie:

$k_{1j}(P,t)$ - jednostkowy koszt zmienny i-tego rodzaju energii doprowadzonej do P-tego (A,B,C) poziomu gospodarowania energią w przedziale czasu t , przeznaczonej dla j-tego procesu technologicznego;

$c_1(t)$ - cena jednostkowa i-tego rodzaju energii,

$B_{1j}(A,t)$ - całkowita ilość zakupionej energii i-tego rodzaju przeznaczona dla j-tego procesu technologicznego w przedziale czasu t ,

$B_{ij}(P,t)$ - całkowita ilość energii i-tego rodzaju przeznaczona dla j-tego procesu technologicznego doprowadzona na poziom P (A,B,C) w przedziale czasu t,

$K_{ei}^f(t)$ - koszty zmienne obciążające nośnik energii i-tego rodzaju w obrębie fazy f, w przedziale czasu t.

Pierwszy człon wyrażenia (4.1) określa przyrost kosztów energii w odniesieniu do ceny zakupów tytułem sprawności energetycznej poszczególnych faz gospodarowania (np. sprawności przesyłu, przemiany, itd.). Drugi człon pozwala naliczyć koszty zmienne na cenę nośnika ponoszone w poszczególnych fazach gospodarowania w trakcie przesyłu nośnika do procesu technologicznego.

Wzór (4.1) jest dogodny w obliczeniach praktycznych. W zależności od drogi przesyłu nośników energii do procesów, od rodzaju danych, którymi się dysponuje, koszty zmienne energii doprowadzonej można obliczyć następująco (w zapisie pominie się indeks czasu):

- przy przesyśle przez fazy II₁, II₂, III₁:

$$k_{ij} = c_{ij} \left(1 + \frac{\sum_f \Delta B_{ij}^f}{B_{ij}(C)} \right) + \frac{\sum_f K_{ei}^f}{B_{ij}(C)} = \frac{c_{ij}}{\eta_{II_1} \eta_{II_2} \eta_{III_1}} + \frac{\sum_f K_{ei}^f}{B_{ij}(C)}, \quad (4.2)$$

gdzie:

$B_{ij}(C)$ - całkowita ilość energii i-tego rodzaju zapotrzebowana przez j-ty proces technologiczny,

ΔB_{ij}^f - straty energii w fazie f,

K_{ei}^f - jak we wzorze (4.1),

η_f - sprawność energetyczna fazy f;

- przy przesyśle przez fazy I₁, I₂, I₃, II₁, II₂, III₁

$$k_{ij} = \frac{c_{ij}}{\eta_{I_1} \eta_{I_2} \eta_{I_3} \eta_{II_1} \eta_{II_2} \eta_{III_1}} + \frac{\sum_f K_{ei}^f}{B_{ij}(C)}, \quad (4.3)$$

- przy przesyśle fazą III₂

$$k_{ij} = \frac{c_{ij}}{\eta_{III_2}} + \frac{K_{ei}^{III_2}}{B_{ij}(C)} \quad (4.4)$$

W szeregu przypadkach można we wzorach na jednostkowy koszt zmienny energii na wejściu do procesu pominąć koszty zmienne z jednej lub więcej

faz gospodarowania energią lub też pominąć straty energii w danej fazie. W skrajnym przypadku np. przy przesyłce energii elektrycznej od licznika energii zakupywanej do procesu technologicznego (przy krótkim odcinku przewodu) koszt równy będzie cenie zakupu, czyli $k_{ij} = c_{ij}$.

Podkreślić jednocześnie należy, iż podobny sposób postępowania stosować można przy wyznaczaniu jednostkowych kosztów energii doprowadzonej do innych poziomów gospodarowania.

Wyznaczanie na podstawie podanych zależności wartości jednostkowych kosztów zmiennych energii doprowadzonej na dowolny poziom gospodarowania energią nie są wartościami optymalnymi; są to koszty ponoszone przy dowolnych programach pracy układu (produktów). Umożliwiają one jednak, po wprowadzeniu do funkcji kosztów (2.19), wyznaczenie optymalnych programów pracy produktów, gdy wartość tej funkcji osiąga minimum.

Opierając się więc o ogólną zasadę optymalizacji (pkt 4.1.3) praktyczne algorytmy optymalizacji pracy produktów układać się będzie przy podstawowym założeniu, iż przy optymalizacji na danym poziomie gospodarowania (lub w fazie) wprowadzane do funkcji celu jednostkowe koszty zmienne mają wartości wyznaczone przy prowadzeniu pracy poprzedzających faz (objętych rozważanym produktem) w oparciu o programy optymalne. Czyli gdy na przykład optymalizuje się pracę produktu gospodarki energią elektryczną na poziomie C, to zakłada się, że do funkcji celu wejdą wartości minimalne jednostkowego kosztu energii elektrycznej uzyskiwanej na poziomie przemian, czyli gdy urządzenia wytwórcze pracują według programu optymalnego dla zadanego zapotrzebowania. Idąc dalej, również koszty paliwa doprowadzonego z poziomu A do B, powinny być (w uzasadnionych przypadkach) optymalizowane na poziomie A (np. w fazie składowania).

W dalszym ciągu przedstawione zostaną więc niezbędne dla praktycznych obliczeń modele i algorytmy dla optymalizacji pracy produktów.

4.2. Optymalizacja pracy układu energetycznego dla potrzeb operatywnego nim kierowania

W proponowanej metodzie optymalizacji zakłada się, że w dowolnym przedziale czasu znane są rodzaje i wartości energii zapotrzebowanej przez procesy technologiczne, dla planowanego zakresu zmian wydajności procesów. Znane są również warunki ograniczające oraz możliwości wymiany energii z systemami zewnętrznymi. Przyjmuje się, iż poszczególne produkty są wyłącznie ograniczenie niezależne. Wobec powyższego optymalne programy pracy produktów weryfikowane muszą być przez algorytmy koordynujące.

Tak więc obliczenia optymalizacyjne prowadzone będą w dwu etapach;

- w pierwszym:

zakłada się, że dla poszczególnych podukładów można poszukiwać rozwiązania optymalnego lokalnego. W tym celu przyjmuje się, iż nośniki i postacie energii z danego podukładu mogą być dostarczone do kilku procesów zgodnie z ich maksymalnym zapotrzebowaniem, wyłącznie przy ograniczeniach wynikających z możliwości technicznych podukładów (np. maksymalne natężenie przepływu gazów przez rurociągi, przepustowość kabli energetycznych itp.);

- w drugim:

przyjmuje się, że wobec substytucji nośników, może zaistnieć niedobór nośnika i-tego rodzaju (np. program optymalny pracy pieców grzewczych w hucie określa takie zużycie gazu wielkopieczowego, że przy danej jego produkcji, musiałoby nastąpić obniżenie dostawy gazu do elektrociepłowni zakładowej, w stosunku do wartości optymalnej, określonej również według programu lokalnego). W tym przypadku wprowadzi się weryfikację programów lokalnych pracy podukładów w oparciu o algorytm koordynujący.

4.2.1. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie użytkowania energii

Zadanie optymalizacji pracy podukładów energetycznych na poziomie użytkowania energii dla potrzeb operatywnego kierowania układem sprowadza się w praktyce do wyznaczenia optymalnych wartości rozprywu nośników i postaci energii (objętych danym podukładem) do poszczególnych procesów technologicznych i przeznaczonych do wymiany z systemami zewnętrznymi. Zadanie to zalicza się do 1^o etapu obliczeń optymalizacyjnych.

Poszukiwanie optimum lokalnego w obrębie podukładów w 1^o etapie obliczeń proponuje się, w zależności od charakteru funkcji celu, prowadzić bądź metodami programowania liniowego, bądź programowania dynamicznego.

Uważa się przy tym, że jeżeli wielkości wchodzące w skład funkcji celu są liniowe lub też nieliniowe, lecz ciągłe o określonym przedziale czasu, to celowe jest stosowanie standardowego programu simpleks, w razie potrzeby aproksymując charakterystyki nieliniowe prostymi. Wobec szerokiej znajomości techniki układami algorytmu obliczeń programu liniowego, zagadnienie to zostanie w niniejszym punkcie pominięte.

W przypadku gdy składniki funkcji celu mają przebieg dyskretny (np. ceny nośników energii doprowadzanych bezpośrednio na poziom użytkowania energii, zmieniające się w danym przedziale czasu, zgodnie z taryfami strefowymi) celowe i z reguły konieczne okazuje się stosowanie programowania dynamicznego sekwencyjnego. Problem właściwego doboru metody obliczeniowej tego typu zagadnień szerzej omówił i uzasadnił autor w pracach wcześniejszych [44, 46].

W dalszym ciągu przedstawiony zostanie algorytm ogólny obliczeń optymalnego programu pracy podukładu energetycznego metodą programowania dy-

namicznego sekwencyjnego dla potrzeb operatywnego nim kierowania na poziomie użytkowania energii.

Podstawą algorytmu jest funkcja celu (2.19)

$$K_{ze} = \int_0^T \left[\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{zei}^j \cdot i W_{tj} \cdot x_j(t) \right] dt.$$

Jeżeli przyjmie się, że dowolny okres T dzieli się na t_n przedziałów czasu, przy czym w operatywnym kierowaniu pracą układu mogą to być wartości rzędu minut i dziesiątków minut (np. 15', 30') oraz że dla uproszczenia zapisu operować będzie się wartościami zapotrzebowanej energii i -tego rodzaju przez j -ty proces, funkcję celu można zapisać:

$$K_{ze}(t) = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m k_{zei}^j(t) B_{ij}(t). \quad (4.5)$$

Funkcji tej zostanie nadany pozornie dynamiczny charakter (abstrahując od sekwencji, które wynikają z konieczności jej obliczania dla poszczególnych przedziałów czasu t_n), poprzez rozbicie zadania na szereg zadań cząstkowych, zwanych dalej etapami; ma to znaczenie wyłącznie formalne, wynika z koncepcji metody rozwiązywania tej grupy zadań, zaproponowanej przez Bellmana i rozwiniętej przez Kaufmanna [25]. Realizuje się to przez wprowadzenie zmiennych pomocniczych Z_{1j} , zdefiniowanych następująco:

$$\begin{aligned} \dot{Z}_{1j} &= \dot{B}_{1j} + \dot{B}_{2j} \\ \dot{Z}_{2j} &= \dot{Z}_{1j} + B_{3j} \\ &\vdots \\ \dot{Z}_j &= \dot{Z}_{m-1,j} + \dot{B}_{mj}, \end{aligned} \quad (4.6)$$

gdzie \dot{Z}_j oznacza całkowite zapotrzebowanie na nośniki i postacie energii i -tego rodzaju doprowadzone w podukładzie do j -tego procesu technologicznego na poziomie C , w przedziale czasu t_n .

Po podstawieniu zależności (4.6) do funkcji celu (4.5) otrzyma się:

$$K_{ze}(t) = \sum_{j=1}^p \left[k_{ze1}^j \cdot \dot{B}_{1j} + k_{ze2}^j \cdot (\dot{Z}_{1j} - \dot{B}_{1j}) + \dots + k_{zem}^j (\dot{Z}_j - \dot{Z}_{m-1,j}) \right], \quad (4.7)$$

(wstawienie nad wielkości zmienne B i Z kropki zastępuje zapis tych wielkości w postaci $B(t)$ i $Z(t)$).

Wyznaczenie minimum funkcji (4.7) polega na poszukiwaniu minimum kosztów w poszczególnych etapach:

- dla pierwszego

$$F_1(\dot{Z}_1) = \text{MIN} \sum_{j=1}^p \left[k_{ze1}^j \dot{B}_{1j} + k_{ze2}^j (\dot{Z}_{1j} - \dot{B}_{1j}) \right].$$

przy ograniczeniach:

$$\dot{B}_{1j}^{\min} \leq \dot{B}_{1j} \leq \dot{B}_{1j}^{\max};$$

- dla drugiego

$$F_{1,2}(\dot{Z}) = \text{MIN} \sum_{j=1}^p \left[F_{1,2}(\dot{Z}_1) + k_{ze2}^j (\dot{Z}_{2j} - \dot{Z}_{1j}) \right].$$

przy ograniczeniach:

$$0 \leq \dot{Z}_{1j} \leq \dot{Z}_j;$$

- dla ostatniego

$$F_{1,m}(\dot{Z}) = \text{MIN} \sum_{j=1}^p \left[F_{1,m-1}(\dot{Z}_{m-1}) + k_{zep}^j (\dot{Z}_j - \dot{Z}_{m-1,j}) \right].$$

przy ograniczeniach

$$0 \leq \dot{Z}_{m-1,j} \leq \dot{Z}_j,$$

przy czym $F_{1,2}$, $F_{1,m-2}$, $F_{1,m-1}$ określają minimalne koszty zmienne energii doprowadzonej w podukładzie w przedziałach kosztów wynikających z podziału zadania na etapy.

Po rozwiązaniu powyższego układu równań rekurencyjnych względem \dot{Z} , a następnie po podstawieniu \dot{B} , otrzyma się rozwiązanie optymalne:

$$K_{ze}(t)_{\min} = f(t, \dot{B}_1^*, \dot{B}_2^*, \dots, \dot{B}_m^*). \quad (4.8)$$

Po wprowadzeniu np. wartości opałowych można łatwo otrzymać z wyrażenia (4.8) optymalne wartości natężeń przepływu poszczególnych nośników energii.

Przedstawiony ogólny algorytm obliczeń został zaprogramowany w Algolu 60 [9]. Jego wersje robocze były wielokrotnie sprawdzone w praktyce. Przykład zastosowania w odniesieniu do podukładów, jakim jest gospodarka energią elektryczną na poziomie użytkownika energii, a konkretnie do wyznaczenia optymalnego planu produkcji i zakupu energii elektrycznej w hucie F, podano w pracach [17, 46].

4.2.2. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie przemian energii

Uważa się, że dla potrzeb operatywnego kierowania układem energetycznym prowadzenie optymalizacji pracy podukładów energetycznych na poziomie przemian jest uzasadnione wyłącznie w odniesieniu do planowania pracy urządzeń wytwórczych i transformujących wtórne nośniki energii. Przy czym podstawowe znaczenie posiada tu problem ekonomicznego rozdziału obciążeń między urządzeniami wytwórcze elektrociepłowni. Temu też problemowi poświęci się uwagę w pierwszej kolejności.

Ekonomiczny rozdział obciążeń (ERO) między urządzeniami wytwórcze elektrociepłowni prowadzi się w oparciu o odpowiedni - dla danej struktury układu cieplnego - model matematyczny. Autor niniejszej pracy wraz z zespołem współpracowników podjął próbę opracowania w d. Instytucie Energetyki Politechniki Śląskiej ogólnego modelu matematycznego elektrociepłowni, w oparciu o który wykonano szereg obliczeń ERO dla elektrociepłowni ZA w T. [43, 44]. Nie była to jednakże próba w pełni udana i dlatego nie przytacza się tego modelu w tej pracy, tym bardziej, iż w chwili obecnej można znaleźć w literaturze, m.in. krajowej [51], rozwiązania trafniejsze.

Jeśli chodzi o wybór metody obliczeń ERO, to uważa się, na podstawie własnych prób [44] oraz opinii innych autorów (m.in. [50]), iż najlepsze wyniki osiąga się stosując metodę przyrostów względnych, a w szczególności jej wersję opracowaną przez Balate'a [52]. Umożliwia ona wyznaczenie programów rozdziału obciążeń dla znacznie złożonych układów cieplnych przy posługiwaniu się standardowym programem simpleks. Podkreśla się jednocześnie, iż zastosowanie metody przyrostów względnych do ERO w jej podstawowym ujęciu prowadzi wyłącznie do określenia, które urządzenia mają pracować i z jakim obciążeniem ze względu na minimum zużycia energii doprowadzonej do obiegu. Tak więc funkcja celu nie odpowiada podanemu w pracy ogólnemu kryterium optymalizacji, gdyż przyjęty schemat układu gospodarowania energią zakłada wymianę energii z zewnętrznymi systemami energetycznymi. Stąd w niniejszej metodzie proponuje się:

- uwzględnić w warunkach ograniczających przedział zmian wartości energii wymienionej z systemami zewnętrznymi oraz

- wprowadzić do funkcji celu składnik kosztów energii wymienianej z innymi systemami. Otrzyma się wówczas funkcję celu typu:

$$K = \text{MIN} [f(X), \varphi(Y)].$$

Biorąc pod uwagę trudności w minimalizowaniu funkcji dwuzmiennych proponuje się optymalizować tę funkcję przy założeniu, iż poszukuje się minimum kosztów dla zdeterminowanego przedziału wartości dyskretnych Y (np. zmiany sprzedawanej energii elektrycznej co 1 MW). Jest to sposób z matematycznego punktu widzenia prymitywny, gdyż wymaga obliczeń wieloetapowych. Jednakże przy posługiwaniu się programem standardowym simpleks jest to rozwiązanie mniej kłopotliwe i pracochłonne, niż optymalizacja funkcji dwu zmiennych. Autor stwierdził to tytułem przykładu na komputerze CDC 6600, według danych zaczerpniętych z pracy [44], wykorzystując program optymalizacji funkcji dwuzmiennych (EDF-CDC-FDV). Dla dziesięciu wartości energii elektrycznej sprzedawanej do systemu, wprowadzonych w kartach danych do programu głównego obliczeń przywołującego podprogram simpleks z rejestru stałego, uzyskano oszczędność w kosztach obliczeń - w porównaniu do programu optymalizacji funkcji dwuzmiennych - o ok. 60%.

Wyraża się jednocześnie pogląd, iż konieczne są dalsze prace w tym zakresie, tak dotyczące samego modelu matematycznego - celem poprawniejszego ujęcia układu regeneracji, stacji redukcyjnych, zespołów pompowych itd. - a także w zakresie metod matematycznych optymalizacji rozdziału obciążeń. Niemniej uważa się, iż istniejące metody umożliwiają już obecnie, przy założeniu iż dysponuje się odpowiednim komputerowym systemem CRPD, prowadzenie optymalizacji pracy elektrociepłowni przemysłowych dla potrzeb operatywnego nimi kierowania.

Poza optymalizacją pracy urządzeń wytwórczych elektrociepłowni można jeszcze na poziomie przemian wyodrębnić podukłady energetyczne, w których ma miejsce transformacja nośników energii. Mogą to być: podukład gospodarki powietrzem (sprężanie; a więc rozdział obciążeń między sprężarkami) gospodarki gazem (programowanie pracy mieszalni gazów), transformacja parametrów energii elektrycznej itd.

Funkcję celu dla tej grupy zagadnień, opartą o ogólne kryterium ekonomiczne (wzór 2.19), formułuje się następująco:

$$K_{ze}^{tr} = \sum_{i=1}^m e_{tri} \dot{y}_{tri} (k_{IIIi} + k_{tri}). \quad (4.9)$$

Przy czym:

- e_{tri} - energia właściwa nośnika i-tego rodzaju po transformacji,
- \dot{y}_{tri} - ilość nośnika i-tego rodzaju po transformacji, w przedziale czasu t,

k_{III}^{tr} - jednostkowy koszt zmienny energii doprowadzonej do fazy transformacji (może być równy zero, np.: w przypadku sprężania powietrza),

k_{tri}^{tr} - jednostkowy koszt zmienny transformacji nośnika energii i-tego rodzaju,

K_{ze}^{tr} - całkowity koszt zmienny transformacji nośników i-tego rodzaju w przedziale czasu t .

Po wprowadzeniu współczynników sprawności procesów transformacji $\eta_{tri}(\alpha)$ w urządzeniach α , można wyrażenie (4.9) zapisać:

$$K_{ze}^{tr} = \sum_{\alpha} \sum_{i=1}^m e_i [\eta_{tri}(\alpha)] \dot{y}_{tri}(\alpha) (k_{III}^{tr} + k_{tri}^{tr}) \rightarrow \text{MIN}, \quad (4.10)$$

Przy czym zachowana winna być równość:

$$\sum_{\alpha} \sum_{i=1}^m e_i [\eta_{tri}(\alpha)] \dot{y}_{tri}(\alpha) = \sum_{i=1}^m e_{tri} \dot{y}_{tri}, \quad (4.11)$$

gdzie:

e_i - energia właściwa nośnika i-tego rodzaju doprowadzonego do procesu transformacji,

$\dot{y}_{tri}(\alpha)$ - ilość nośnika i-tego rodzaju transformowana w urządzeniu α , w przedziale czasu t ,

$[\eta_{tri}(\alpha)]$ - macierz kolumnowa współczynników sprawności procesów transformacji,

α - indeks agregatu transformującego.

Obszar rozwiązań dopuszczalnych określają ponadto następujące ograniczenia:

1. techniczne:

$$\sum_{i=1}^m \dot{y}_{tri} \leq \sum_{\alpha} \sum_{i=1}^m \dot{y}_{tri}^{\max}(\alpha),$$

gdzie:

$\dot{y}_{tri}^{\max}(\alpha)$ - wydajność maksymalna agregatu α transformującego nośnik i-tego rodzaju w przedziale czasu t ;

2. inne (np. okresowe odstawienie agregatów).

Minimalizację funkcji kosztów (4.10) prowadzić należy pod kątem wyznaczenia dla danego przedziału czasu t optymalnego rozdziału obciążeń na poszczególne agregaty transformujące, przy którym pokryte zostanie zapo-

trzebowanie co do ilości na wtórne nośniki energii, o pożądanых wartościach energii właściwej.

Z punktu widzenia techniki obliczeń optymalizacyjnych uważa się, że właściwe rezultaty osiągnąć można stosując metodę programowania liniowego w oparciu o standardowy algorytm sympleks.

Proponowany tok postępowania dla optymalizacji pracy urządzeń transformujących w trybie operatywnego kierowania gospodarką energetyczną sprawdzono, uzyskując pozytywne wyniki, optymalizując pracę mieszalni gazów w hucie surowcowej F [45].

4.2.3. Optymalizacja pracy podukładów na poziomie zasilania

Na poziomie zasilania energią, obejmującym składowanie, transport w obrębie składowiska oraz wzbogacanie pierwotnych nośników energii, które to zadania wynikają z zapotrzebowania na nośniki energii w przedsiębiorstwie oraz polityki ich zakupów, można w zakresie operatywnego kierowania układem energetycznym wyodrębnić:

- optymalizację planów przemieszczania nośników energii w obrębie składowisk, w funkcji dostaw i poboru przez wyższe poziomy gospodarowania,
- optymalizację planów rozdziału nośników na poszczególne agregaty w procesie wzbogacania.

Drugie z wymienionych zadań ma w praktyce przemysłowej bardzo ograniczone znaczenie, i dlatego uważa się, iż nie ma większego celu ujmowanie go w zakresie programów optymalizujących pracę podukładów. Tak więc w dalszym ciągu przedstawi się wyłącznie problem optymalizacji planów przemieszczania nośników energii na poziomie zasilania.

Z punktu widzenia przyjętych zasad dekompozycji układu energetycznego problem przemieszczania nośników energii na poziomie zasilania w obrębie danego podukładu, traktowany jest jako lokalny (ograniczenie niezależny). Ograniczeniami będą z jednej strony wielkości dostaw nośników energii i pojemności składowisk, z drugiej - wielkości zapotrzebowane nośników energii przez wyższe poziomy gospodarowania oraz fazę wzbogacania w przedziale czasu t . Tak więc przy zadanych wielkościach dostaw i zapotrzebowaniach energii przez inne fazy optymalizacji pracy podukładów sprowadza się do rozdziału nośników energii na poszczególne składowiska, przepływu nośników między składowiskami przy minimalizacji ubytków nośników i ich energii oraz niezbędnych kosztów zmiennych. W praktyce optymalizacja ta posiada znaczenie w przypadku rozbudowanych układów nawęglania (podukładów gospodarki węglem) i gospodarki paliwami płynnymi (podukład gospodarki gazowej i podukład gospodarki paliwami ciekłymi). Celem będzie więc minimalizacja całkowitych kosztów zmiennych w fazie I_2 (wg rys. 2.1), co można w sposób ogólny zapisać następująco:

$$K_{ze} = \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m \dot{B}_i \cdot k_{i,I_2} = \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m W_{d,i} \cdot r \dot{Y}_i \cdot k_{i,I_2}, \quad (4.12)$$

gdzie:

- $r B_i$ - ilość energii i-tego rodzaju doprowadzonej do r-tego składowiska (zbiornika), w przedziale czasu t ,
- $r \dot{y}_i$ - ilość nośnika i-tego rodzaju doprowadzonego do r-tego składowiska (zbiornika), w przedziale czasu t ,
- W_{di} - wartość opałowa i-tego nośnika energii,
- k_{I_2} - jednostkowy koszt gospodarowania nośnikiem energii i-tego rodzaju w fazie I_2 .

Pomimo prostego zapisu ogólnego, funkcja 4.12 w praktycznych obliczeniach przyjmuje postać znacznie bardziej złożoną, ze względu na składniki jednostkowego kosztu zmiennego gospodarowania w tej fazie. Ponadto duża liczba związków ograniczających również nastęrcza szereg trudności obliczeniowych.

Jednostkowy koszt zmienny fazy I_2 można wyznaczyć następująco:

$$k_{1I_2} = k_1^{rb} + k_1^{trm} + k_1^{en} + k_1^d, \quad (4.13)$$

gdzie:

- k_1^{rb} - jednostkowe koszty robocizny związane ze składowaniem i-tego nośnika w przedziale czasu t ,
- k_1^{trm} - jednostkowe koszty zmienne transportu mechanicznego związane ze składowaniem i-tego nośnika w przedziale czasu t (olej napędowy, wynajem sprzętu mechanicznego itp.),
- k_1^{en} - jednostkowe koszty energetyczne związane ze składowaniem i-tego nośnika w przedziale czasu t (koszt energii elektrycznej, pary itp.),
- k_1^d - jednostkowe koszty dodatkowe związane z ubytkami nośnika i-tego rodzaju w obrębie składowania, w przedziale czasu t .

Niezbędne dla określenia obszaru rozwiązań dopuszczalnych równania bilansowe i ograniczenia są następujące:

- podstawowe równania bilansowe:

$$\sum_{i=1}^m \dot{B}_{i,d} + \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r \dot{B}_{i,s} \geq \sum_{i=1}^m (\dot{B}_{i,w} + \dot{B}_{i,f}), \quad (4.14)$$

lub

$$\sum_{i=1}^m \dot{y}_{i,d} + \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r \dot{y}_{i,s} \geq \sum_{i=1}^m (\dot{y}_{i,w} + \dot{y}_{i,f}).$$

przy czym poszczególne indeksy oznaczają: d - dostawa, s - składowanie, w - wzbogacanie, f - inne fazy gospodarowania;

- ograniczenia:

1. w wyniku ograniczonej pojemności składowisk i zbiorników

$$\sum_{i=1}^m \dot{y}_{i,d} \leq \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^S_{i,r} + \sum_{i=1}^m (\dot{y}_{i,w} + \dot{y}_{i,f}), \quad (4.15)$$

gdzie:

$r^S_{i,r}$ - maksymalna pojemność r-tego składowiska dla i-tego nośnika energii,

2. z konieczności rezerowania nośników energii

$$\sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^y_{i,rez} \geq \sum_{i=1}^m (\dot{y}_{i,w} + \dot{y}_{i,f}). \quad (4.16)$$

3. ze zdolności urządzeń rozładunkowych

$$\sum_{i=1}^m \dot{y}_{i,d} \geq \sum_{i=1}^m (\dot{y}_{i,w} + \dot{y}_{i,f}). \quad (4.17)$$

4. z konieczności planowego ruchu nośników w obrębie składowisk (np. ze względu na samozapłon)

$$\sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^y_{i,s} \leq \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^S_{i,r}. \quad (4.18)$$

5. techniczno-organizacyjne (wydajności urządzeń transportujących, potencjał sił roboczych, fundusz płac itp.)

$$\sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^y_{i,s} \leq \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m r^{\dot{y}_{i,s}}_{i,r}{}^{\max}. \quad (4.19)$$

Optymalizację pracy podukładów na poziomie zasilania w tych fazach gospodarowania proponuje się wykonywać dla przedziałów czasu $t = 1$ h, w cyklu zmian roboczych, stosując metodę programowania liniowego. Wybór tej metody obliczeniowej jest w pełni uzasadniony dla tego typu problemu, gdyż - w założeniu przyjmuje się dla danego przedziału czasu wartości średnie poszczególnych zmiennych, co czyni zmienne - ciągłymi, a zależności opisujące obszar rozwiązań dopuszczalnych - liniowymi,

- programy operacyjne tej fazy gospodarowania są z reguły określone harmonogramami (np. Ganta); wartości w nich umieszczone można więc łatwo stabelaryzować,
- ilość możliwych wariantów rozwiązań organizacyjnych jest w większości przypadków niewielka. W tej sytuacji możliwe jest okresowe obliczanie dla każdego przedziału czasu t zespołu programów optymalnych, odpowiadających dopuszczalnym wariantom organizacyjnym.

W pełni więc wystarczające okazują się w tym przypadku metody programowania liniowego rozwiązywane metodą simpleks, dla której istnieją w pełni sprawne programy standardowe we wszystkich bibliotekach programów.

4.2.4. Koordinacja programów pracy podukładów energetycznych

Jak wskazano w pkt 4.1.3 przy optymalizacji podukładów ograniczenie niezależnych wykania się problem koordynacji określonych dla nich programów optymalnych w sensie lokalnym, mając na uwadze spełnienie funkcji celu w skali całego układu.

W odniesieniu do układu energetycznego przedsiębiorstwa uważa się, iż celowość koordynowania programów pracy podukładów występuje w zasadzie dopiero na poziomie przemian oraz użytkowania energii, gdzie ma się najczęściej do czynienia z substytucją nośników energii. Jednocześnie konieczność koordynacji występuje w przypadku zmiany warunków ograniczających. Przykładem może być sytuacja, w której zaistniał niedobór i -tego nośnika energii (np. program optymalny pracy pieców grzewczych w hucie określił takie zużycie gazu wielkopieczowego, że przy danej jego produkcji musiałyby nastąpić obniżenie dostawy gazu do elektrociepłowni, w stosunku do wartości optymalnej, określonej również według programu lokalnego); powstaje więc wówczas pytanie, jak należy rozdysponować gaz pomiędzy jego odbiorców, by uzyskać minimum kosztów zmiennych energii doprowadzonej do procesów technologicznych w skali całego układu. W praktyce przemysłowej koordynację tę realizuje się w toku uzgodnień między zainteresowanymi odbiorcami, w oparciu o wytyczne, priorytety dostaw itp. W systemie kierowania z centralną rejestracją i przetwarzaniem danych (CRPD) działanie powyższe wykonane musi być w oparciu o numeryczny algorytm koordynacyjny.

W teorii i praktyce obliczeń optymalizacyjnych znane i stosowane są dwa takie algorytmy ogólne, a mianowicie: Dantziga i Wolfa [36] oraz USAWA [37]. Autor niniejszej pracy uważa, opierając się o dyskusję z autorami programów obliczeń na komputer tych algorytmów i nieliczne publikacje, iż dla zaprezentowanej grupy problemów bardziej przydatny jest pierwszy z wymienionych algorytmów, gdyż wynik optymalny dla układu otrzymuje się po mniejszej ilości iteracji, niż ma to miejsca w przypadku algorytmu USAWA. Ma to zaś istotne znaczenie w przypadku rozbudowanych układów, a stąd dużej liczbie działań, które ma do wykonania komputer w systemie CRPD. Algorytm USAWA jest natomiast korzystniejszy, w przypadku koordynacji programów lokalnych w podukładach z modelami niedeterministycznymi.

Ogólny algorytm koordynacyjny Dantzig-Wolfa można dla rozważanego problemu adoptować następująco:

z ogólnego kryterium ekonomicznego wynika, iż dla całego układu energetycznego całkowite koszty zmienne w przedziale czasu t wynoszą:

$$K_{ze}(t) = \sum_{J=1}^N K_{ze}^J, \quad (4.20)$$

przy ogólnych ograniczeniach typu:

$$\dot{B}_1^{\min} < \dot{B}_i < \dot{B}_1^{\max},$$

gdzie: $J = 1 \dots N$ - liczba podukładów.

Zgodnie z zasadami przyjętej metody optymalizacji pracy układu, dla każdego podukładu J wyznacza się optymalny program typu:

$$\left\{ K_{ze}^J(t) \right\}_{\min} = f(t, \dot{B}_1^*, \dots, \dot{B}_p^*)_J, \quad (4.21)$$

gdzie:

\dot{B}^* - wartości optymalne energii, określone w obszarze podukładu.

Koordynację programów pracy będzie prowadziło się w oparciu o współczynniki koordynacyjne ${}_i d_j$. Występują one w równaniu bilansu całkowitego energii na optymalizowanym poziomie gospodarowania, a więc:

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m {}_i \dot{B}_j = \sum_{J=1}^N \left\{ \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m {}_i d_j \cdot j \dot{B}_j^* \right\}_J, \quad (4.22)$$

przy czym

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m {}_i d_j = 1. \quad (4.23)$$

Przy występujących w układzie zmianach ograniczeń i substytucji nośników, zadanie sprowadza się do obliczenia macierzy wartości współczynników koordynacyjnych ${}_i d_j$, gdy funkcja (4.20) osiąga minimum. Skorygowane wartości rozprywu strumieni energii dla przedziału czasu t wyznacza się wówczas według relacji

$$\left[{}_i \dot{B}_j \right] = \left[{}_i d_j \right] \times \left[j \dot{B}_j^* \right]. \quad (4.24)$$

W obliczeniach praktycznych zastosowanie algorytmu Dantzig-Wolfa, jak również USAWA, jest bardzo utrudnione, szczególnie gdy stosuje się algorytmy ogólne. Powodem tego są złożone programy maszynowe. Ponadto obliczenia programów optymalnych z dużych zbiorów wartości zajmują duży obszar pamięci komputera, trwają względnie długo; są więc w konsekwencji kosztowne. Co więcej, ogólne programy realizacyjne (użytkowe) obliczeń są chronione prawami autorskimi. Znane autorowi niniejszej pracy algorytmy wraz z pakietami kart, o użytkowaniu zastrzeżonym, to: [38, 39, 40, 41, 42]. Pomimo jednakże tych trudności za celowe uznaje się podjęcie trudu opracowania dla konkretnych układów energetycznych programu obliczeń algorytmu D-W, gdyż zastosowanie algorytmów koordynacyjnych daje duże efekty. Autor niniejszej pracy miał możliwość dzięki uprzejmości p. D. Potier z IRIA w Paryżu przeliczyć pewien problem, w którym miało się za zadanie skoordynować pracę 7 podukładów z 7 wielkościami decyzyjnymi w każdym podukładzie. Pełną koordynację w układzie osiągnięto po 10 iteracjach, z tym że poprawa wyniku (minimalna wartość funkcji celu) między 6 i 10 iteracją sięgała tylko 1%.

5. ZAŁOŻENIA OGÓLNE DO PROJEKTU SYSTEMU INFORMACYJNEGO DLA OPERATYWNEGO KIEROWANIA GOSPODARKĄ ENERGETYCZNĄ PRZEDSIĘBIORSTWA PRZEMYSŁOWEGO

5.1. Uwagi ogólne

W rozdziale tym przedstawione zostaną założenia do projektu systemu informatycznego dla potrzeb optymalnego, operatywnego kierowania pracą układu energetycznego w przedsiębiorstwie oraz techniczne warunki jego realizacji. Nie będzie więc to koncepcja kompleksowego systemu przetwarzania danych w obrębie gospodarki energetycznej, gdyż uważa się, że istniejące ogólne metody organizacji przemysłowych systemów informatycznych, podane w literaturze specjalistycznej, jak i w ofertach producentów systemów komputerowych i firm konsultacyjnych, mogą zostać z powodzeniem odniesione i do układu energetycznego.

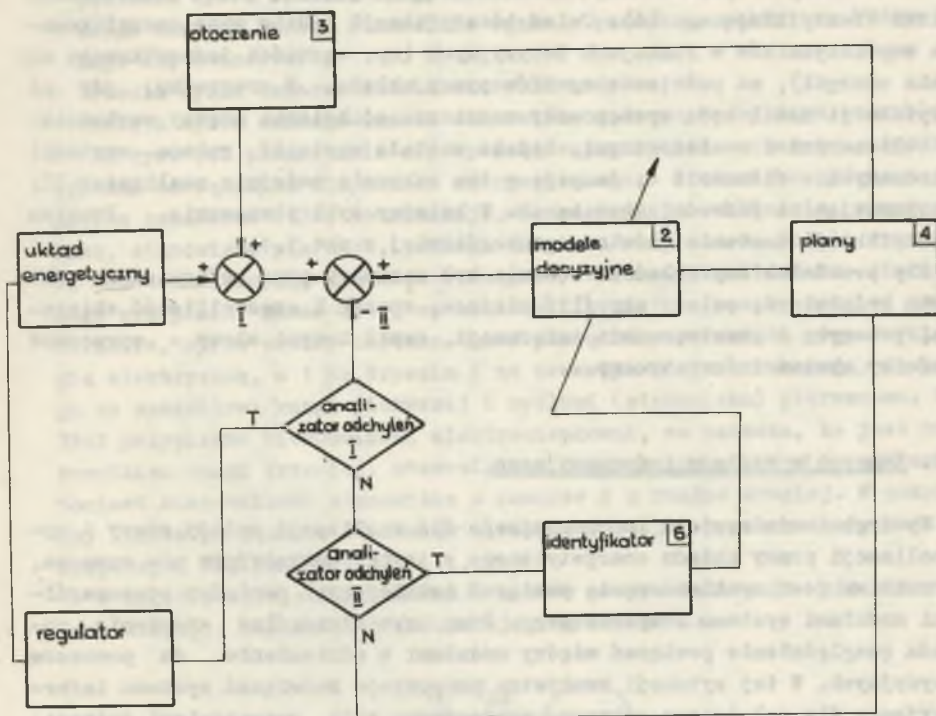
Wobec powyższego zakłada się, że system informacyjny układu energetycznego stanowi jeden lub kilka modułów ogólnozakładowego systemu przetwarzania danych. Jednocześnie przyjmuje się, że podane dalej propozycje systemu informacyjnego, w zdefiniowanym zakresie, realizowane będą w systemie elektronicznego przetwarzania danych (EPD), przy współpracy z komputerem.

Struktura systemu informacyjnego w układzie energetycznym wynikać musi z ogólnej struktury sterowania gospodarką przedsiębiorstwa, a tym samym sterowania układem energetycznym. W wyniku przyjęcia modularności struktury, w dalszym ciągu zagadnienie sterowania układu energetycznego traktować się będzie jako wyodrębnione, w ograniczonym zakresie autonomiczne (w obrębie przydzielonego gospodarce energetycznej modułu).

5.2. Schemat ogólny sterowania układem energetycznym

Schemat ogólny sterowania układem energetycznym opracowano wychodząc z koncepcji sterowania przedsiębiorstwem podaną w [11], adaptując ją do specyfiki układu energetycznego i wzbogacając o problem identyfikacji układu. Schemat tego układu przedstawiono na rys. 5.1. Wprowadzony do schematu układ energetyczny zdefiniowano w rozdz. 4, modele decyzyjne, będące modelami matematycznymi służącymi do optymalizacji pracy układu energetycznego, określono również w rozdz. 4. Pod określeniem otoczenie (ele-

ment 3) rozumie się zespół czynników: wewnętrznych - wpływających na pracę układu, czyli decyzje o charakterze dyrektywnym wpływające z innych układów przedsiębiorstwa, zewnętrznych - dostarczanych spoza przedsiębiorstwa (limity paliw, współpraca z systemem elektroenergetycznym itp.), za-



Rys. 5.1. Schemat sterowania układem energetycznym przedsiębiorstwa przemysłowego

kłócenia - wyszczególnienie w zał. 1. Zakłócenia wprowadzane są do węzła sumacyjnego I, a informacje o charakterze dyrektywnym do elementu 4, który oznacza dział planowania pracy układu energetycznego. Informacje planistyczne kierowane są do bloku "modele decyzyjne", w obrębie którego następuje programowanie optymalnej pracy układu energetycznego, w oparciu o modele matematyczne. Informacje wpływające z modeli decyzyjnych są wprowadzane do węzła sumacyjnego II, w którym następuje pomiar odchyień, między wartościami planowanymi i realizowanymi przez układ energetyczny. Odchylenia te są kierowane do analizatora odchyień I. Jeżeli wartość odchylenia nie przekracza wartości możliwych do uregulowania w obrębie układu energetycznego (tzn. w przypadku, gdy decyzje wpływające z modeli, podjęte na podstawie wskaźników dyrektywnych, określonych przez dział plano-

wania są w określonym przedziale realizowalne), to informacje te są kierowane bezpośrednio do regulatora (kanał T). Regulatorem może być układ sterowania automatycznego (np. numerycznego) oraz zespół poleceń i czynności wykonywanych przez pracowników układu. Jeżeli natomiast pomierzone wartości odchylen przekraczają zdolność regulacji, są one kierowane do członu identyfikującego (6). Celem identyfikacji będzie więc zweryfikowanie współczynników w funkcjach decyzyjnych (np. wartości jednostkowego zużycia energii), na podstawie wyników pracy układu. W przypadku, gdy po weryfikacji nadal będą występowały nadmierne odchylenia między wartościami obliczonymi i realizowanymi, będzie musiała nastąpić zmiana wartości planowanych w elemencie 4; decyzję w tym zakresie podejmie analizator II, uruchamiając za pośrednictwem kanału N kolejny cykl planowania. Problem identyfikacji zostanie omówiony szczegółowiej w pkt 5.4.

Aby przedstawiony układ sterowania był sprawny, poza odpowiednim doborem regulatora, należy określić miejsce, sposób i częstotliwość zbierania, przesyłu i przetwarzania informacji, czyli innymi słowy - opracować właściwy system informatyczny.

5.3. Koncepcja systemu informacyjnego

Wyodrębnienie systemu informacyjnego dla realizacji metody oceny i optymalizacji pracy układu energetycznego w trybie operacyjnym nie oznacza, że możliwe jest wyeliminowanie powiązań istniejących pomiędzy poszczególnymi modułami systemu kompleksowego. Przy czym szczególne znaczenie posiada uwzględnienie powiązań między modułami w odniesieniu do procesów decyzyjnych. W tej sytuacji konkretne propozycje rozwiązań systemu informacyjnego dla założonego zakresu, poprzedzone będą rozważaniami dotyczącymi struktury ogólnej systemu zarządzania układem energetycznym.

W pierwszej kolejności podjęty zostanie problem określenia schematu struktury zarządzania układem energetycznym. Zgodnie z. wcześniej przyjętymi założeniami (rozd. 2) o podziale układu zarządzania na podukłady i przyjęciu hierarchiczności procesu zarządzania, opracowanie schematu struktury zarządzania proponuje się realizować - dla konkretnych układów przemysłowych - posługując się techniką grafów (sposób ten jest adaptacją koncepcji przedstawionej w [1]). Węzły dendrytu, które będą węzłami pierwszego stopnia oznaczają: jeden z nich - kierownika układu (główny energetyk), pozostałe węzły tego stopnia - podukłady. Wszystkie pozostałe węzły drugiego i wyższych stopni odpowiadają stanowiskom kierowniczym kolejnych rang. W dendrycie tym zbiory informacji oznaczają się:

$$\begin{aligned}
 W &= \{w_r\}, & r \in (1, R) & \quad - \text{węzły,} \\
 C &= \{c_j\}, & c \in (1, J) & \quad - \text{cele,} \\
 D &= \{d_e\}, & e \in (1, E) & \quad - \text{decyzje,}
 \end{aligned}$$

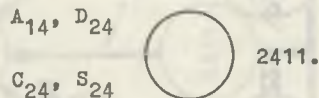
$$A = \{a_k\}, \quad k \in (1, K) \quad - \text{czynności,}$$

$$S = \{s_u\}, \quad u \in (1, U) \quad - \text{informacje.}$$

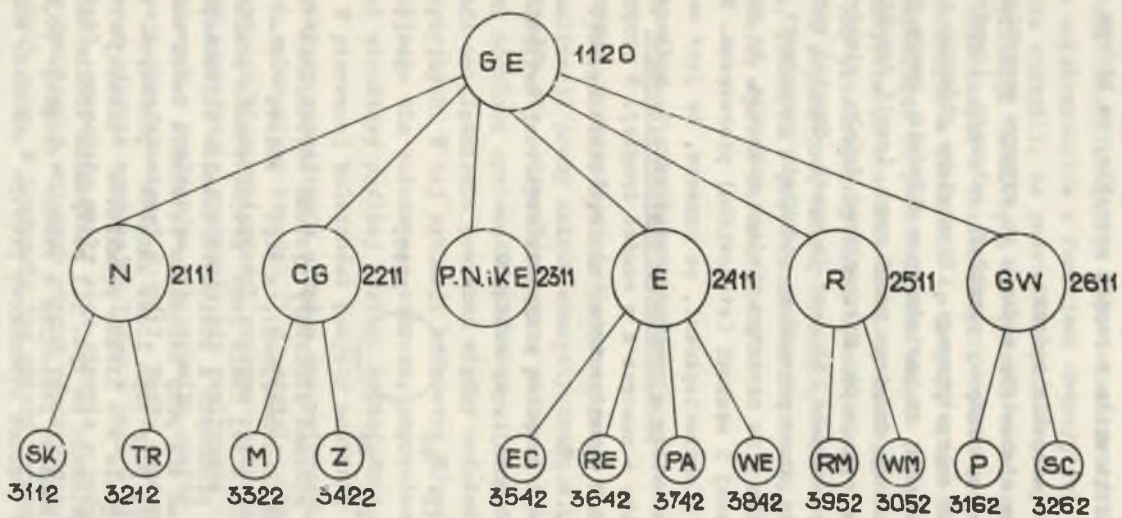
- Dla identyfikacji węzłów wprowadza się następujący czteromiejscowy kod
- pierwsza cyfra oznacza rangę (szczebel) w strukturze $(1, \dots, n)$,
 - druga oznacza indeks stanowiska węzła w ramach szczebla, na którym znajduje się stanowisko,
 - trzecia cyfra oznacza indeks szczebla nadzoru,
 - czwarta cyfra oznacza indeks stanowiska nadzoru na wyższym szczeblu.

Na rys. 5.2 przedstawia się sporządzony przykład schematu (dendrytu) systemu zarządzania dla układu energetycznego. Stanowisko głównego energetyka oznaczono 1120, co wskazuje, że posiada on w układzie rangę pierwszą, stanowisko pierwsze, podlega drugiemu rangi zero (czyli dyrektorowi d/s technicznych; dyrekcja - ranga 0). Kierownikowi działu elektrycznego przypisano numer 2411, co oznacza, iż jest to węzeł drugiej rangi w układzie, cyfra cztery określa numer porządkowy podukładu gospodarki energią elektryczną, a 1 na trzecim i na czwartym miejscu wskazują, że podlega on szczeblowi rangi pierwszej i węzłowi (stanowisku) pierwszemu. Numer 3542 przypisano kierownikowi elektrociepłowni, co oznacza, że jest on kierownikiem rangi trzeciej, stanowiska o numerze porządkowym 5, podlega natomiast kierownikowi stanowiska o numerze 4 w randze drugiej. W przypadku gdy liczba porządkowa stanowisk w randze trzeciej przekracza 9, numerację rozpoczyna się ponownie od 1, ..., 9.

W dalszej kolejności każdemu z węzłów przyporządkowuje się zbiory celów, decyzji, czynności i informacji, wg schematu:



W oparciu o przedstawiony schemat struktury systemu zarządzania tworzy się następnie schemat systemu informacyjnego, a więc zbioru $S = \{s_u\}$, $u \in (1, U)$. Podstawowe znaczenie w tej fazie jego projektowania posiada określenie maksymalnej liczby pionowych i poziomych kanałów informacji. Ogólnie liczbę kanałów wyznacza się przy założeniu istnienia dwóch kanałów dla pary podukładów ($A \rightleftharpoons B$), przy czym ilość kanałów pionowych równa się $2n$, a poziomych $n(n-1)$, gdzie n - liczba podukładów niższej rangi. Tak więc dla układu przedstawionego na rys. 5.1 maksymalna liczba kanałów pionowych wynosi 36, liczba kanałów poziomych w randze drugiej 30, a w randze trzeciej - 132. W tym jeszcze stosunkowo prostym układzie energetycznym daje się już zauważyć, iż liczba kanałów jest bardzo duża, szczególnie poziomych; ponadto wzrasta ona gwałtownie przy bardzo nieznacznym, dalszym zwiększeniu stanowisk. Fakt ten stwarza bardzo poważne problemy techniczno-organizacyjne przy projektowaniu systemu EPD. Istnieją dwie



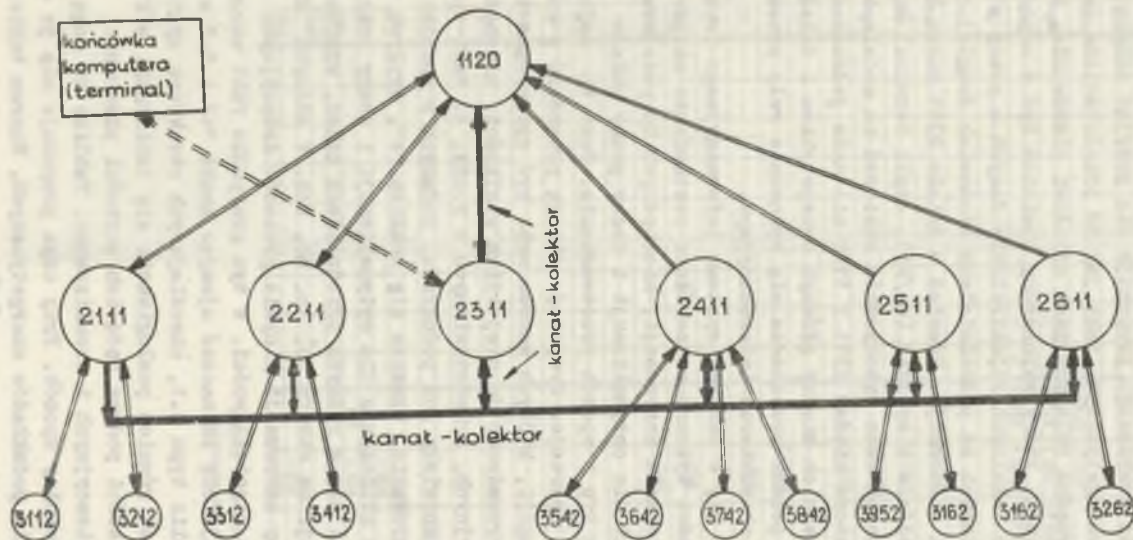
OZNACZENIA:

GE-główny energetyk,
 N-dział
 CG-dział gosp. palciect. i gazami,
 PNiKE-dział planowania, normowania
 i kontroli ekonomicznej,
 E-dział elektryczny,
 R-dział remontów,

SK-składowiska paliw stałych,
 TR-transport wewnętrzny pal. stałych,
 M-mieszalnia gazów,
 Z-zbiorniki gazów, filtry, wzbogacania,
 EC-elektrociepłownia,
 RE-sekcja remontów elektrycznych,
 PA- → pomiarów i automatyki,
 WE-warsztat elektryczny,

RM-sekcja remontów
 mechanicznych,
 P-stacja pomp wody, filtry,
 SC-gospodarka ściekami.

Rys. 5.2. Dendryt systemu zarządzania układem energetycznym



Rys. 5.3. Schemat obiegu informacji w układzie energetycznym

drogi pomniejszenia tych trudności: pierwsza - dalsze zdekomponowanie systemu informacyjnego, w oparciu o kryteria i wzory Petrovicia oraz Blohna (cyt. za [10]), druga - wyeliminowanie części powiązań poziomych przez wymianę informacji w poziomie za pośrednictwem stanowisk wyższej rangi, a więc poprzez kanały pionowe. W niniejszej pracy przyjmuje się drugą z wymienionych możliwości, co wydaje się być w pełni uzasadnione dla układów z centralną rejestracją i przetwarzaniem danych (CRPD), przy użyciu komputera. Wobec powyższego proponuje się przyjąć schemat obiegu informacji w układzie energetycznym, taki jak to przedstawiono na rys. 5.3. W systemie tym nadrzędna rola przypada działowi planowania, normowania i kontroli ekonomicznej, który wyposażony powinien być w urządzenia wyjścia z centralnego lub lokalnych rejestratorów danych o pracy stanowisk trzeciej rangi, dostarczanych za pośrednictwem stanowisk drugiej rangi, przez kolektorowy kanał informacji. Również w dziale 2311 muszą być zainstalowane urządzenia wejścia i wyjścia (we/wy), czyli terminal komputera, celem opracowywania danych oraz wykonywania obliczeń na modelach decyzyjnych. Istnienie kolektora między 2311 i 1120 nie może jednocześnie wykluczyć połączeń bezpośrednich między głównym energetykiem i działami drugiej rangi; kanałem tym jednak przeznacza się wyłącznie rolę przesyłu informacji operacyjnych o charakterze interwencyjnym.

Opierając się o schemat systemu informacyjnego (rys. 5.3) należy w dalszej kolejności wykonać szczegółowe zestawienie miejsc, sposobu i częstotliwości pobierania informacji, niezbędnych do podejmowania decyzji na podstawie modeli dla optymalizacji i oceny pracy układu energetycznego oraz określić ich typ i sposób przetwarzania. Jest to najbardziej uciążliwa i pracochłonna operacja. Proponuje się ją prowadzić w oparciu o tablice przepływu informacji, których wzorem może być opracowana tablica 5.1. Tytułem przykładu wprowadzono do niej kilka wielkości, niezbędnych w obliczeniach optymalizacyjnych, przedstawionych w rozdz. 4. Fakt wpłynięcia informacji do danego stanowiska lub podukładu, podanych w rozbięciu na poszczególne fazy gospodarowania, oznacza się znakiem "+", wpływu znakiem "-". Ze względu na to, że obliczenia dla optymalizacji i oceny pracy układu energetycznego prowadzi się w różnych przedziałach czasu, wprowadzono podział kanałów informacji na strefy 15', 1h, 8h, 24h. W różnych układach energetycznych potrzeby informacji i cykle procesów decyzyjnych mogą się różnić od siebie co do częstotliwości. W tym przypadku fakt warunkowego ich przesyłu proponuje się zaznaczać ujmując znaki "+" i "-" w nawiasach.

Prócz tablic typu 5.1, określających strukturę systemu informacyjnego, niezbędne jest również posługiwanie się tablicami, w których dla poszczególnych wielkości podane będą ich wartości planowane, obliczone w modelach optymalizacyjnych i zrealizowane. Tablice te mogą być opracowane w zasadzie w dowolny sposób. Przy czym proponuje się je sporządzać wyłącznie w zakresie podukładów energetycznych. Wzorem takiej tablicy może być tablica zamieszczona w pracy [17].

5.4. Identyfikacja układu energetycznego

Zgodnie ze schematem sterowania układem energetycznym (rys. 5.1) decyzje w zakresie pracy układu podejmowane są w oparciu o modele decyzyjne. Biorąc pod uwagę fakt, iż zawsze modele matematyczne tylko w pewnym stopniu dokładności odzwierciedlają rzeczywiste procesy, konieczna jest weryfikacja wartości współczynników w funkcjach matematycznych tych modeli, odpowiednio do uzyskiwanych rzeczywistych wartości wielkości na wyjściu z układu (lub podukładów).

Weryfikację tę proponuje się w niniejszej metodzie realizować za pomocą członu identyfikującego, oznaczonego na schemacie sterowania układem (rys. 5.1) numerem 6. Zasadę jego pracy określa się następująco:

- zbiór wielkości decyzyjnych (np. optymalne ilości nośników energii), obliczone w oparciu o przybliżone modele matematyczne, reprezentuje wektor:

$$\mathbf{y}_0^T = \{\mathbf{y}_r\}, \quad r \in (1, m);$$

- obliczone, optymalna wartość funkcji kosztów

$$K_0^T = \mathbf{y}_0^T \mathbf{A}^T.$$

przy czym:

\mathbf{A}^T - macierz współczynników (koszty jednostkowe, współczynniki sprawności, jednostkowego zużycia energii itp.) w funkcjach matematycznych,

- koszty rzeczywście uzyskane

$$K^T = \mathbf{y}^T \mathbf{B}^T,$$

przy czym:

\mathbf{B}^T - macierz współczynników rzeczywistych (np. faktyczne koszty jednostkowe, itp.),

\mathbf{y}^T - wielkości pomierzone.

Proces identyfikacji układu będzie się sprowadzał do znalezienia optymalnych wartości współczynników macierzy \mathbf{A}^T ; optymalnych w sensie realizacji funkcji celu na podstawie przybliżonego modelu matematycznego. Problem ten można rozwiązać przez minimalizację wartości $K^T - K_0^T$, czyli:

$$\text{Min}(K^T - K_0^T) = \text{Min} \left\{ \mathbf{y}_0^T \mathbf{A}^T, \mathbf{y}^T \mathbf{B}^T \right\}. \quad (5.1)$$

Aby dokonać identyfikacji macierzy współczynników A^T , musi zostać wykonana seria pomiarów wartości wektorów i kosztów K^T (na przykład dla okresu $T = \sum_{g=1}^p t_g$). Dla ujęcia tych wartości pomierzonych przyjmuje się pojęcie wektora pomiarowego, zdefiniowanego:

$$Y_p = \begin{bmatrix} Y_1^T \\ Y_2^T \\ \vdots \\ Y_p^T \end{bmatrix} \quad \text{oraz} \quad K_p = \begin{bmatrix} K_1^T \\ K_2^T \\ \vdots \\ K_p^T \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

przy czym p oznacza liczbę pomiarów w serii.

Minimalizację funkcji (5.1) proponuje się wykonać metodą regresji, która wydaje się najstosowniejsza [47] dla przypadku modeli liniowych (co założono dla większości modeli przedstawionych w rozdz. 4). W metodzie tej minimalizuje się sumę kwadratów odległości euklidesowych między próbkami, co można zapisać w odniesieniu do rozważanego problemu następująco:

$$d^2 \left\{ K^T, y_o^T A^T \right\} = \sum_{i=1}^m (K_i - A^T y_o^T)^T (K_i - A^T y_o^T) = \sum_{i=1}^m \left[K_i - \sum_{r=1}^n y_{ri} a_{r1} \right], \quad (5.3)$$

po wprowadzeniu wektorów pomiarowych (5.2):

$$d^2 \left\{ K^T, y_o^T A^T \right\} = (K_p^T - A^T Y_p^T) (K_p^T - A^T Y_p^T).$$

Po przekształceniu i zróżniczkowaniu (wyprowadzenie zależności matematycznych, dla tego typu zadania, znaleźć można np. w [48]), otrzyma się:

$$A_{opt}^T = \left[(Y_p^T Y_p)^{-1} Y_p^T K_p \right]^T. \quad (5.4)$$

Macierz A_{opt}^T określa więc nowe wartości współczynników, które należy wprowadzić do modeli decyzyjnych, celem uzyskania minimum wartości odchyleń między wartościami planowanymi i realizowanymi w układzie energetycznym.

Z praktycznego punktu widzenia realizacja obliczeń identyfikacyjnych napotyka na trudności, gdy liczba zmiennych decyzyjnych jest duża (>10), i gdy duża jest również liczba próbek w serii pomiarowej (kilkanaście). Wówczas bowiem macierze zawierają dużą liczbę elementów, zaś ich odwraca-

nie i obliczanie iloczynów macierzy jest w komputerze czasochłonne, wymaga ponadto dużej pojemności pamięci operacyjnej. W tej sytuacji uzasadnione jest poszukiwanie rozwiązań minimalizujących czas obliczeń macierzy.

1)

	α	β	γ	δ
A	1	0	1	0
B	0	1	0	1
C	1	0	1	0
D	0	1	0	1

ME = 0

2)

	α	β	γ	δ
A	1	0	1	0
B	0	1	0	1
C	0	1	0	1
D	1	0	1	0

ME = 2

3)

	α	β	γ	δ
A	1	0	1	0
B	1	0	1	0
C	0	1	0	1
D	0	1	0	1

ME = 4

4)

	α	β	γ	δ
A	1	1	0	0
B	0	0	1	1
C	0	0	1	1
D	1	1	0	0

ME = 6

5)

	α	β	γ	δ
A	1	1	0	0
B	1	1	0	0
C	0	0	1	1
D	0	0	1	1

ME = 8

Rys. 5.4. Przykład wypełnienia tablic i ich miary efektywności

Po przeanalizowaniu tego problemu uważa się, że możliwości usprawnienia istniejących standardowych programów działania na macierzach (przeanalizowano bibliotekę programów CDC i IBM) są już bardzo niewielkie. Dlatego też proponuje się szukać sposobów poprawy ekonomii obliczeń drogą odpowiedniego wypełnienia macierzy, czyli praktycznie tablic współczynników.

Możliwości takie istnieją, w rzeczywistości bowiem w każdej tabelicy występują elementy zerowe. Nie jest zaś bez znaczenia dla ekonomii obliczeń jak są w tabelicy pogrupowane elementy zerowe. Wyjaśnia fakt ten prosty przykład przedstawiony na rys. 5.4. Dla oceny tej ekonomii wprowadza się wielkość nazwaną "miara efektywności" ME, zaproponowaną w pracy [49], zdefiniowaną następująco:

$$ME = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} (a_{i,j+1} + a_{i,j-1} + a_{i+1,j} + a_{i-1,j}), \quad (5.5)$$

gdzie a_{ij} są elementami tabelicy $A(M,N)$.

Jak widać z przykładu, uszeregowanie elementów tabelicy wg schematu (5) poprawia ekonomię obliczeń w porównaniu do schematu (1) aż ośmiokrotnie. Podkreślić jednakże należy, iż w przypadku dużych tabelic, celem określenia maksymalnej wartości wielkości ME, przeliczyć należy bardzo dużą ilość permutacji. Algorytm i program tych obliczeń jest wprawdzie prosty, lecz obliczenia w komputerze - nawet w dużej szybkości obliczeń - są względnie długie i kosztowne. Sprawdzono to dla małej tabelicy $M \times N = 100$ o wartościach elementów 1 i 0 na komputerze CDC 6600; czas wykorzystania jednostki centralnej wyniósł 148 s. Uważa się jednak, że celowe jest jednorazowe poniesienie nakładów, gdyż uzyskiwane następnie oszczędności w toku obliczeń identyfikacyjnych, szybko je zwróca.

Realizację maszynową minimalizacji funkcji (5.2) metodą regresji można uzyskać stosując program biblioteczny CDC, opracowany dla komputera CDC 6600 i 7094 [53], będący własnością organizacji RAND Corporation. Autorowi niniejszej pracy wiadomo, iż również w IBM opracowano pakiet programów identyfikacyjnych, zawierający szereg metod numerycznych; miał autor także możliwość zapoznania się i prowadzenia obliczeń testowych programu identyfikacyjnego IDER, opracowanego w Electricité de France [54]. Programy te są relatywnie złożone i ich opracowywanie dla potrzeb jednego przedsiębiorstwa nie wydaje się celowe; uważa się jednakże, iż skłusne byłoby ich nabycie w ramach biblioteki programów komputerów CDC, zainstalowanych np. w PDM.

5.5. ZAŁOŻENIA OGÓLNE DO PROJEKTU SYSTEMU REJESTRACJI I PRZETWARZANIA DANYCH

Duża liczba informacji niezbędnych do obliczeń optymalizacyjnych i oceny pracy - w trybie operatywnym - większości przemysłowych układów energetycznych (dane pomiarowe, kalkulacja kosztów) wyklucza praktycznie możliwość ich rejestracji przy pomocy klasycznych, indywidualnych lub kilkanałowych rejestratorów oraz przetwarzanie odręczne. Niezbędne jest więc

instalowanie centralnych rejestratorów danych (CRD) i największa możliwie automatyzacja obróbki danych, przede wszystkim przy użyciu komputera.

Przedstawione dalej wytyczne ogólne do zaprojektowania systemu CRPD dla układu energetycznego opracowano przy założeniu, że zakład energetyczny w przedsiębiorstwie dysponować będzie co najmniej dojściem do komputera (w zakresie przetwarzania danych) typu "off-line" i częściowo "on-line" przez łącza zainstalowane w DKNPI oraz w nastawni elektrociepłowni.

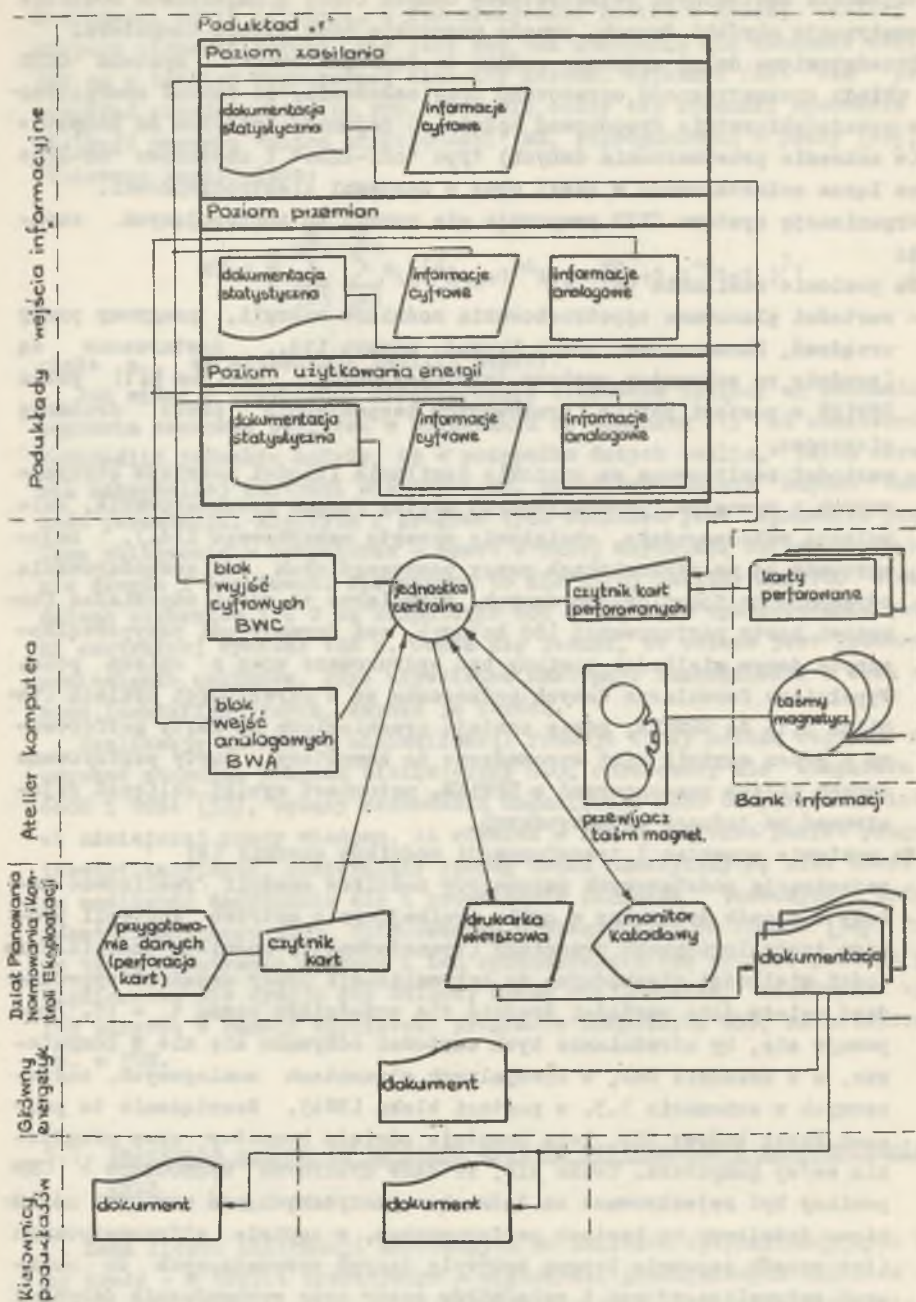
Organizację systemu CRPD proponuje się oprzeć na następujących zasadach:

1° Na poziomie zasilania (A)

- wartości planowane zapotrzebowania nośników energii, programy pracy urządzeń, harmonogramy pracy brygad, maszyn itd., dostarczone są (zgodnie ze schematem systemu informacyjnego; tablica 5.1) przez DPNIKE w postaci tablic, drukowanych bezpośrednio przez drukarkę wierszową,
- wartości realizowane na poziomie zasilania (ilości nośników otrzymywanych z zewnątrz, przekazywanych między fazami gospodarowania, kalkulacja roboczo godzin, obciążenie sprzętu maszynowego itd.), rejestrowane są na stanowiskach pracy poszczególnych faz gospodarowania odręcznie na formularzach danych. Formularze te muszą odpowiadać formatowi karty perforowanej (80 kolumn), zaś formaty pól przyporządkowanych danym wielkości powinny być wydrukowane wraz z opisem pola. Wypełnione formularze danych podnoszone są w określonych cyklach (tablica 5.1) do DPNIKE, gdzie zostają przeniesione na karty perforowane i przez czytnik kart wprowadzone do komputera. Karty perforowane danych należy przechowywać w DPNIKE, natomiast wyniki obliczeń rejestrować na taśmach magnetycznych.

2° Na poziomie przemian i transformacji nośników energii (B)

- rejestrację podstawowych parametrów nośników energii realizować należy w sposób dyskretny w cyklu wynikającym z potrzeb kontroli procesu technologicznego przemiany (transformacji) nośników energii. Wartości wielkości niezbędnych do optymalizacji pracy urządzeń wyprowadzać należy jako wartości średnie dla przedziału czasu $t_n = 15$. Proponuje się, by uśrednianie tych wartości odbywało się nie w komputerze, a w układzie CRD, w specjalnych elementach analogowych, zaznaczonych w schemacie 5.5. w postaci bloku (BWA). Rozwiązanie to podnosi koszt budowy CRD, lecz poważnie odciąża komputer oraz urządzenia we/wy komputera. Uważa się, że dane dyskretnie wychodzące z CRD powinny być rejestrowane na taśmach magnetycznych, zaś wartości uśrednione dodatkowo na kartach perforowanych, w zapisie alfanumerycznym (ten sposób zapewnia lepszą kontrolę danych wprowadzonych do obliczeń optymalizacyjnych i wskaźników oceny oraz wprowadzanie danych z pominięciem zapisu na taśmach magnetycznych),



Rys. 5.5. Schemat systemu centralnej rejestracji i przetwarzania danych

- programy optymalne pracy urządzeń (wyłączając elektrociepłownię) brygad, sprzętu itd., dostarcza się na stanowiska obsługi w postaci pisemnej, na listach wydruków z drukarki wierszowej. W odniesieniu do elektrociepłowni, rozwiązaniem docelowym powinno być zainstalowanie w nastawni monitora katodowego (display) z klawiaturą, umożliwiającą obsługę ruchowej bezpośrednią łączność z komputerem (w układzie "on-line"), celem przeliczania operatywnego optymalnych wariantów pracy układu. W rozwiązaniu uproszczonym obsługa powinna otrzymywać wydruki programów pracy urządzeń dla przedziału czasu 15'.
- rejestracja i przetwarzanie danych dla przedziału czasu większych od 1h realizowane są w ten sam sposób, co na poziomie A, czyli za pomocą odrębnie wypełnianych formularzy danych.

3° Na poziomie użytkownika energii

Jedynie słusznym rozwiązaniem jest przesył informacji w systemie CRPD, przy czym wartości wielkości mierzone będą w punktach pomiarowych na wejściu nośników do procesów technologicznych wg schematu przedstawionego na rys. 2.3.

Propozycję schematu systemu CRPD umożliwiającego realizację przedstawionych zadań, a zarazem podporządkowanego ogólnej strukturze układu energetycznego (rys. 2.1) oraz strukturze informacyjnej (rys. 5.3) przedstawiono na rys. 5.5.

W schemacie wyodrębniono 3 grupy informacji wejściowych: analogowe, cyfrowe i alfanumeryczne (zapis w dokumentacji statystycznej), przy czym w każdym podukładzie (na poziomie użytkownika energii oraz przemian) zbiera się wszystkie trzy grupy, a na poziomie zasilania - tylko cyfrowe i alfanumeryczne (brak w zasadzie procesów ciągłych). Informacje analogowe i cyfrowe są doprowadzone do komputera (jednostki centralnej) za pośrednictwem kolektorów; sygnały analogowe przetwarzane są ponadto w bloku przetworników analogowo-cyfrowych (a/c). Informacje alfanumeryczne wpisywane są odrębnie na formularzach i następnie perforowane na kartach w atelier komputera i tam też wprowadzane do pamięci.

Atelier komputera jest w schemacie systemu CRPD wyodrębnione, gdyż zakłada się, że pion głównego energetyka dysponuje wyłącznie terminalem nie uważa się bowiem, żeby celowe było instalowanie do tych celów w przedsiębiorstwie komputerów w poszczególnych pionach, poza ośrodkiem ETO. Nie wyklucza się przy tym, iż w zależności od wielkości zbioru informacji i zadań w zakresie przetwarzania danych uzasadnione może być zainstalowanie terminala "inteligentnego".

Informacje wyjściowe w proponowanym systemie CRPD kierowane są z komputera do urządzeń we/wy zainstalowanych w Dziale Planowania, Normowania i Kontroli Eksploatacji, skąd kierowane są do zainteresowanych odbiorców zgodnie ze schematem na rys. 5.3. Zakłada się przy tym, że w Dziale PFIKE zainstalowane będą: drukarka wierszowa, monitor katodowy (ew. z klawiaturą do konwersacji) oraz urządzenia do wprowadzania danych. I dstawowym

nośnikiem informacji będą wydruki z drukarki wierszowej oraz polecenia ustne, uzyskiwane z monitora. Działowi PNIKE podlegać będzie też Bank Informacji.

Zasady rejestracji przetwarzania informacji w systemie CRPD omówione zostaną w następnym punkcie opracowania.

5.6. Zasady ogólne pomiaru, przesyłu, rejestracji i przetwarzania informacji oraz środki techniczne

Informacje objęte systemem CRPD ze względu na ich różnorodny charakter wymagają odpowiednich zasad i techniki zbierania, przesyłu i przetwarzania. Dotyczy to w szczególności wielkości ciągłych (analogowych).

Pomiar i przesył wielkości ciągłych proponuje się realizować następująco:

- pomiary temperatury
 - a) pomiar temperatury cieczy o temperaturze do 300°C za pomocą termometrów oporowych,
 - b) pomiar temperatury gazów i cieczy o temperaturze 300° za pomocą termopar, w układzie z termostatami grupowymi;
- pomiary ciśnień i różnicy ciśnień:
w zasadzie powinno się stosować wagi prądowe i tylko w przypadku trudności w zainstalowaniu - manometry z nadajnikami potencjometrycznymi;
- pomiary natężenia przepływu: wagi prądowe;
- pomiary wielkości elektrycznych: aparatura tradycyjna.

Przesył wielkości mierzonych analogowych może być realizowany w obrębie większości instalacji w przewodach nieekranowanych (poza przypadkiem, gdy tory pomiarowe biegną w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł silnych sygnałów impulsowych, np.: stycznikowni)^{x)}. Wszystkie sygnały analogowe mierzone powinno się przekształcać na standardowy sygnał stałoprądowy. Doprrowadzenie sygnałów do komputera nastąpi przez blok wejść analogowych, który w rozważanym systemie realizować powinien: wybór analogowego punktu pomiarowego oraz przetworzenie na sygnał cyfrowy. Uważa się za celowe, by blok wejść analogowych sterowany był programowo przez jednostkę centralną poprzez blok sterowania kanału przemysłowego.

Informacje cyfrowe pochodzące z urządzeń pomiarowych (np. wagi automatyczne itp.), podawane w postaci impulsów napięciowych, muszą być wprowadzone do komputera przez blok wejść licznikowych. Blok ten powinien przyjmować i zapamiętywać liczby impulsów, przy których ma nastąpić zakończe-

^{x)} Możliwość tę wykazały badania prowadzone w El.T. przez Zakład Automatyki Pomiarów "Energopomiar". Zaznaczyć jednakże należy, iż dostawcy interface'u w większości przewidują ekranizację torów pomiarowych.

nie zbierania i zgłoszenia przerwania; generować sygnał przerwania; przesyłać (wg programu) do komputera zawartość rejestru przerwania w celu identyfikacji przerwania.

Wobec przyjęcia, iż w proponowanym systemie podstawowymi nośnikami informacji wyjściowych z komputera będą wydruki na drukarce wierszowej, a monitory alfanumeryczne stanowią wyłącznie pomocniczy element dla kontroli pracy układu oraz doradztwa operacyjnego, można zainstalować w tym systemie blok wyjść cyfrowych, do zadań którego należałoby tylko wysyłanie informacji do tych urządzeń. Blok wyjść sterowany powinien być poprzez blok sterowania kanału komputera, przy czym zaleca się by informacje w postaci słów 16 bitowych, przesyłane były pod adresy określono programowo. Za celowe uważa się, by w bloku wyjść zapewniona była możliwość równoczesnego (wraz z informacją) przesyłu impulsu startu dla współpracujących z blokiem urządzeń posiadających własne rejestry, czyli: monitorów oraz drukarek specjalnych (np. alarmów, przekroczeń wartości itp.).

Wskazane wyżej ogólne wytyczne co do organizacji systemu teletransmisji i przetwarzania danych mogą być spełnione przez produkowany w Polsce, począwszy od 1973, tzw. System Modułów Automatyki (SMA), przystosowany do współpracy z komputerem Odra 1325. System ten może być zastosowany w systemie informatycznym o ilości adresowych wejść i wyjść do 4096, co umożliwia jego pracę nawet w bardzo dużych przemysłowych układach energetycznych.

Problemem pozostaje jednakże określenie wymaganej pojemności pamięci operacyjnej komputera, o wielkości której decydować będą w proponowanym systemie głównie modele decyzyjne. Istnieje szereg metod określenia wartości zapotrzebowanej mocy obliczeniowej komputera. Uważa się, iż dla tego typu zadań obliczeniowych i przetwórczych najlepsze wyniki osiągnąć można stosując metodę podaną w [14].

6. WNIOSKI

Opracowana metoda oceny i optymalizacji pracy układu energetycznego przedsiębiorstwa dla potrzeb operatywnego nim kierowania może być zastosowana w dowolnym przedsiębiorstwie przemysłowym, wielozakładowym, o rozbudowanym układzie energetycznym, obejmującym gospodarkę nośnikami pierwotnymi i wtórnymi energii. Celowość wdrożenia metody jest szczególnie widoczna w przedsiębiorstwach posiadających własną elektrociepłownię oraz rozbudowaną gospodarkę gazową.

Opierając się o doświadczenia zebrane w trakcie wdrażania w przedsiębiorstwach wybranych elementów metody uważa się, że jej pełne wprowadzenie do praktyki w wielozakładowym przedsiębiorstwie przemysłowym wymaga ok. 3-5 lat pracy w zespole 8-10 osób, składającym się z pracowników naukowo-technicznych oraz inżynierów z zainteresowanego przedsiębiorstwa, przy ciągłej współpracy z zakładowym ośrodkiem ETO.

Wdrożenie metody w pełnym zakresie wymaga dysponowania komputerem przy czym rozumie się tu rolę komputera wyłącznie jako środka służącego do przetwarzania danych i obliczeń numerycznych. Preferowanym rozwiązaniem byłby system informatyczny, w którym potrzeby układu energetycznego zaspokajałby terminal "inteligentny".

Jednocześnie nie wyklucza się możliwości i celowości stosowania wybranych elementów metody (np. optymalizacji pracy podukładów na poziomie zasilania, dla przedziałów czasu 1h, wg stabelaryzowanych wartości zapotrzebowania energii) w przypadku, gdy przedsiębiorstwo korzystać będzie z usług zewnętrznego ośrodka obliczeniowego.

LITERATURA

- [1] Nehrebecki L.: Materiały KEP t. II.
- [2] Nehrebecki L.: Ocena gospodarki energetycznej zakładów przemysłowych Gliwice 1969 r. (maszynopis).
- [3] Dobrzańska I.: Wyznaczanie jednostkowych kosztów wytwarzania energii w zakładach przemysłowych. GPiE 1967/3.
- [4] Matczewski A.: Program i przykład obliczeń wskaźników agregatowych Stuwela zużycia energii. Rękopis, do wglądu w bibliotece Inst. Elektr. i Ster. Ukł. Pol. Śl.
- [5] Goc W., Kaszper J., Matczewski A., Nehrebecki L., Zaborowski J.: Metoda oceny gospodarki energetycznej zakładów przemysłowych. Wyd. SITPH Katowice, październik 1969.
- [6] Nehrebecki L., Matczewski A.: Ustalenie jednolitych definicji porządkujących pojęcia w zakresie poziomów bilansowania, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu użytkowania energii z poziomem rozliczania kosztów na podstawie modelowego procesu technologicznego. In. En. Pol. Śl. Gliwice maj 1971 (na zlecenie OEK GIG - NB-305/229/NIE/4/4/71 OEK).
- [7] Nehrebecki L.: Zasady oceny gospodarki energią. GPiE 1966/1.
- [8] Nehrebecki L., Kaszper J.: Metoda oceny gospodarowania energią w zakładach przemysłowych oparta na tablicy przepływów międzyoperacyjnych. KEP PAN. Mat. z Symp. Jabłonna 20-21/III/1970.
- [9] Matczewski A., Wójtowicz St.: Program obliczeń optymalnego programu pracy podukładu energetycznego w ALGOLU-60. Program użytkowy, do wglądu w bibliotece IESU Politechniki Śląskiej.
- [10] Beer S.: Cybernetyka i zarządzania. PWN W-wa, 1966.
- [11] Gościński J.: Elementy cybernetyki w zarządzaniu. PWN, W-wa 1968.
- [12] Gościński J.: Projektowanie systemów zarządzania. PWN, W-wa 1971.
- [13] Matczewski A.: Wstępna koncepcja rozwiązania tematu pt. "Opracowanie i wdrożenie metody kompleksowej optymalizacji gospodarki energetycznej zakładu przemysłowego". OEK-GIG lipiec 1971 (na prawach rękopisu)
- [14] Niekrasow A.S.: Sistema upravlienija energieticzeskim chozjajstwom promyszliennego prieditiatija. AN ZSRR. Centralnyj Ekonomiczno-matematyczieskij Institut. Moskwa 1970.
- [15] Czajkowski J., Kaszper J., Matczewski A.: Uproszczony model matematyczny dla optymalizacji wybranych układów energetycznych zakładów przemysłowych. Instytut Energetyki Pol. Śl. Gliwice 1970.
- [16] Czajkowski J., Matczewski A., Więcek A.: Zastosowanie modelu matematycznego gospodarki energetycznej elektrociepłowni I i II ZA w T. do ustalania praktycznych zasad prowadzenia ruchu elektrociepłowni IESU Pol. Śl. 1973, praca wyk. nieodpł. dla ZA w T.
- [17] Czajkowski J., Matczewski A., Więcek A.: Metoda operatywnego zarządzania gospodarką energetyczną zakładu przemysłowego. IESU Pol. Śl. maj 1972 (praca na zlecenie OEK-GIG 467/72 z dn. 22.02.1972).

- [18] Kaszper J., Matczewski A., Nehrebecki L.: Gospodarowanie energią w zakładzie przemysłowym - jego ocena i optymalizacja. *Gosp. Paliw i Energią* 1972 nr 5.
- [19] Matczewski A., Rago Wł., Wichowski Wł.: Ocena dotychczasowych zasad wyznaczania wskaźników jednostkowego zużycia energii i nowe sposoby ich wykorzystania. *Gosp. Paliw i Energią* 1972 nr 3.
- [20] Metoda określania definicji technologicznych wskaźników jednostkowego zużycia energią na wytwarzania energochłonnych produktów. Zalecenia Konferencji Energetyki Przemysłowej Zeszyt II/1967.
- [21] Ordęga J., Majerski B., Skiba I., Gogolewski T., Tymiński Z.: Metoda obliczania wskaźników jednostkowego zużycia energii. PE-5/69 Zabeks PIGPE, Warszawa 1969.
- [22] Instrukcja nr 66 GUS w sprawie sprawozdawczości statystycznej z zaopatrzenia i gospodarki paliwami i energią. GUS Warszawa 1970.
- [23] Von Yzeren J.I.: A note on the Useful Properties of Stuvell's Index Numbers. *Econometrica*. Vol. 26 No 3. 1958/July str. 429-439.
- [24] Szargut J.: Uogólniona metoda podziału kosztów w procesach skojarzonych. *GPiE* 1969/4.
- [25] Kaufman A.: Méthodes et modèles de la recherche opérationnelle. Dunod 1962.
- [26] Allen R.G.D.: *Ekonomia matematyczna*. Warszawa 1961.
- [27] Lange O.: *Optymalne decyzje*. PWN, Warszawa 1967.
- [28] Arrow K.J., Karlin S., Scarf H.: *Studies in the Theory of Inventory and Production*. Stanford Univ. Press, 1968.
- [29] Whittin T.M.: *The Theory of Inventory Management*. Princeton Univ. Press 1957.
- [30] Jackson R.R.: A stock model. *O.R.Q.* vol. 7 No 4 1956/12.
- [31] Morse P.M.: *Files d'attente, stocks et entretiens*. Dunod 1961.
- [32] *Methodes numeriques d'analyse des systemes*. Cahier d'IRIA. Vol. 2 No 11. 1972/6.
- [33] Banasiński A., Weryka A., Żurawicki S.: *Metody matematyczne w naukach ekonomicznych*. PWE 1963.
- [34] Bellman R., Dreyfus S.: *Applied dynamic programming*. Princeton Univ. Press, 1962.
- [35] Kaufmann A., Croun R.: *La programmation dynamique*. Dunod 1965.
- [36] Broise P., Huard P., Sentenac J.: *Décomposition des programmes mathématiques*. Monographies de Recherche Opérationnelle Dunod 1968.
- [37] Arrow K., Hurwicz L., Uzawa M.: *Studies in linear and nonlinear programming*. Stanford Univ. Press. Calif. 1958.
- [38] Esso Research and Engéeneering Co.
- [39] Gautier J.M., Genyus M.: IBM-France. 1964 (biblioteka programów).
- [40] Williams A.C., Friedenheit A.R.: Socomy Mobil Oil Co 1963 (biblioteka programów).
- [41] Broise P., Huard P.: Electricité de France. IMA 1964 (biblioteka programów).
- [42] Nissen G., Potier D.: *Analyse et controle des systemes économique*. IRIA Not. No 3/1971.
- [43] Więcek A.: *Optymalizacja gospodarki energetycznej huty surowcowej F. Model matematyczny elektrociepłowni przemysłowej*. In: *Energetyki Pol. Śląskiej 1971 r.* praca dyplomowa magisterska pod kier. prof. L. Nehrebeckiego i mgr inż. A. Matczewskiego.

- [44] Czajkowski J., Matczewski A., Więcek A.: Metoda operatywnego zarządzania gospodarką zakładu przemysłowego. IESU Pol. Śl. 1972 praca na zlecenie OEK GIG 467/72 NB-109/77/RF1/8/8/72.
- [45] Czajkowski J., Matczewski A., Więcek A.: Optymalizacja gospodarki gazami w obrębie pieców grzewczych huty surowcowej F. IESU Pol. Śląskiej maj 1972, praca na zlecenie BPH "Biprohut".
- [46] Janiczek R., Matczewski A.: Metoda wyznaczania optymalnego planu produkcji i zakupu energii elektrycznej przez zakład przemysłowy. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej seria Elektryka z. 32/1972.
- [47] Aström K.J., Eykhof P.: System identification, a survey. Rapport 68-336-f for Swedish Board for Technical Development. 1971.
- [48] Węgrzyn St.: Podstawy automatyki. PWN, wyd. II uzupełnione, 1972.
- [49] Cormick Mc W.T., Schweitzer P.J., White Th.W.: Problem decomposition and Data Reorganization by a Clustering Technique. Management Sci. 1972 nr 12.
- [50] Krajewski R., Kaszper J.: Ocena pracy IESU Pol. Śl. pt. "Metoda operatywnego zarządzania gospodarką energetyczną zakładu przemysłowego" wykonana przez IEiA Pol. Gdańskiej w październiku 1972 r. (na zlecenie OEK GIG).
- [51] Marecki J.: Gospodarka skojarzona ciepłno-elektryczna. WNT, Warszawa 1973.
- [52] Balate J.: Optimalizace rozdělení zátížení spolupracujících výrobních jednotek teplárny metodou lineárnichó programování. "Energetika" 1970/5.
- [53] Clasen R.J.: Identification RS MSUB Rand Corporation. 1972.
- [54] Irving E.: Identification des systemes. Description du programme. Note III HI 267/2. 1973.

Wykaz zakłóceń oddziałujących na realizację planów gospodarczych przedsiębiorstw przemysłowych^{x)}

A. Zakłócenia zewnętrzne

1. Zmiany założeń inwestycyjnych,
2. Zmiany w rozwiązaniach projektowych,
3. Zmiany w przydziałach środków produkcji,
4. Zmiany w podziale limitów inwestycyjnych na poszczególne lata,
5. Zmiany występujące na lokalnym rynku pracy,
6. Zmiany w zaopatrzeniu w surowce i wyroby.

B. Zakłócenia wewnętrzne

1. Niezgodność planów z modelem operacyjnym,
2. Niepełne informacje o zmianach stanów wyróżnionych układu i docelowym stanie układu,
3. Nieodpowiedniość między informacjami sterującymi a informacjami o realizacji programu,
4. Powolność w przetwarzaniu informacji,
5. Niewłaściwość zbiorów informacji o realizowanym programie.

^{x)} Według [11] str. 117.

Wykaz metod i środków, za pomocą których realizowany jest proces zarządzania gospodarką energetyczną przedsiębiorstwa przemysłowego

A. Poziom eksploatacji urządzeń, obiektów i podukładów energetycznych

- instrukcje operatywnych łączy, realizujących optymalne plany produkcji i wymiany (zakupu i sprzedaży, np.: energii elektrycznej, gazów itd.) nośników energii i postaci energii w trakcie planowej eksploatacji i w stanach awaryjnych,
- harmonogramy prac konserwacyjnych, przeglądów i drobnych remontów,
- schematy i plany organizacyjne zaopatrzenia techniczno-materiałowego poziomu eksploatacji,
- schemat systemu rejestracji, opracowania i przepływu informacji na pozostałe poziomy zarządzania.

B. Poziom operatywnego kierowania gospodarką energetyczną

- system kontroli zużycia oraz produkcji i wymiany nośników energii,
- metody operatywnego planowania optymalnej pracy urządzeń wytwórczych i transformujących na poziomie przemian energii,
- metody operatywnego rozdziału nośników energii na poziomie użytkowania energii,
- instrukcje kierowania urządzeniami (obiektami) zautomatyzowanymi, pracującymi bez obsługi stałej,
- system ewidencji produkcji i zużycia nośników energii,
- wytyczne kierowania pracą brygad awaryjnych i personelem dyżurującym do usuwania usterek i drobnych awarii,
- instrukcje łączy operatywnych,
- metody określania strat nośników energii i lokalizacji miejsc ubytków,
- systemy określania, zbierania, przetwarzania i przesyłu informacji na wyższe szczeble kierowania gospodarką energetyczną i całego przedsiębiorstwa.

C. Poziom analiz techniczno-ekonomicznych i planowania rozwoju gospodarki energetycznej

- planowanie i sprawozdawczość
 1. metody planowania perspektywnego rozwoju gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa,
 2. metody bieżącego planowania zapotrzebowania energii przez przedsiębiorstwo,

3. zasady planowania przedsięwzięć organizacyjno-technicznych dla racjonalizacji gospodarki energetycznej (np. modernizacje urządzeń),
 4. zasady opracowania wniosków z doświadczeń eksploatacyjnych urządzeń,
 5. system sprawozdawczości statystycznej,
- organizacja remontów urządzeń energetycznych
 1. metoda wyznaczania optymalnych harmonogramów prac remontowych,
 2. metody organizacji prac remontowych,
 - organizacja zaopatrzenia materiałowo-technicznego gospodarki energetycznej
 1. metody wyznaczania optymalnej polityki wielkości i rozmieszczenie zapasów,
 - ocena techniczno-ekonomiczna gospodarki energetycznej
 1. metody kompleksowej techniczno-ekonomicznej oceny gospodarowania energią,
 2. metody ekonomicznej, bieżącej oceny pracy urządzeń, obiektów i podukładów energetycznych (np. metoda strat),
 3. metody oceny niezawodności pracy urządzeń, obiektów energetycznych,
 4. metody oceny strat od przerw i obniżenia jakości dostawy energii do zakładów produkcyjnych.

Streszczenie

Prezentowana praca stanowi propozycję uzupełniającą w zakresie metodologii niektóre działy związane z oceną gospodarki energetycznej w przedsiębiorstwie przemysłowym oraz rozwijającą metody optymalizacji pracy układu energetycznego.

Praca zawiera cztery główne działy, w których kolejno przedstawiono:

- Zasady racjonalizacji gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa na tle ogólnego schematu i zasad zarządzania gospodarką energetyczną w przemyśle oraz opis matematyczny kryterium ekonomicznego i warunków ograniczających.
- Zasadę oceny pracy układu energetycznego w oparciu o powszechnie stosowane wskaźniki technologiczne jednostkowego zużycia energii oraz nowy typ wskaźnika agregatowego, przydatnego w szczególności do oceny zużycia energii w procesach o silnie zmiennych cyklach produkcyjnych.
- Metodę optymalizacji pracy układu energetycznego - przy przyjęciu zasady jego dekompozycji - wraz ze wskazaniem co do sposobu obliczeń koordynujących pracę podukładów.
- Wytyczne do projektowania systemu informatycznego zapewniającego rejestrację, przesył i przetwarzanie informacji niezbędnych dla proponowanej metody oceny i optymalizacji pracy układu energetycznego w przedsiębiorstwie.

МЕТОД ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С о д е р ж а н и е

Предлагаемая разработка является комплектирующим предложением к методологии оценки некоторых проблем энергохозяйства в промышленном предприятии, совместно с разверткой методов оптимизации работы энергосистемы.

Разработка состоит из четырех основных частей, в которых последовательно обслуживаются:

- Принципы рационализации энергохозяйства предприятия в сопряжении с общей схемой и основными положениями управления энергохозяйством в промышленности, с описанием экономикоматематического критерия и предельных условий.
- Принципы оценки работы энергосистемы, с учетом повсеместно применяемых технологических показателей удельного расхода энергии а также новый род агрегатного показателя особо пригодного для иценки расхода энергии при процессах с резко переменным циклом выработки.
- Метод оптимизации работы энергосистемы, с учетом принципа ее декомпоновки, совместно с указаниями относительно способа расчета координирующих подсистем.
- Дискретивы к проектированию информационной системы, обеспечивающей регистрацию, передачу и преобразование сведений, необходимых для предлагаемого метода оценки и оптимизации работы энергосистемы в производстве

METHODE D'APPRECIATION ET D'OPTIMISATION DU TRAVAIL DES SYSTEMES
ENERGETIQUES DE L'ENTREPRISE INDUSTRIELLE

R e s u m é

L'élaboration constitue la proposition complémentaire certaines parties concernant l'appréciation du gestion des systèmes energetiques dans l'entreprise ainsi que comporte les methodes développant la theorie et la pratique de l'optimisation leurs travail.

L'élaboration est crée par quatres parties, dans lesquelles on a présenté:

- les principes de rationalisation du gestion d'énergie dans l'entreprise à base d'un schéma général du gestion d'énergie dans l'industrie et la description mathematique d'un critère économique et des limites;
- les regles d'appréciation du travail des systèmes energetiques à base des indicateurs de consommations d'énergie;
- la methode de l'optimisation du travail des systèmes energetiques;
- les indications concernant la construction du système informatique en rendant possible la registration, transmission et élaboration des informations nécessaires à la réalisation de la methode présentée.



ŻESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

ukazują się w następujących seriach:

- A. AUTOMATYKA
- B. BUDOWNICTWO
- Ch. CHEMIA
- E. ELEKTRYKA
- En. ENERGETYKA
- G. GÓRNICTWO
- H. HUTNICTWO
- IS. INŻYNIERIA SANITARNA
- JO. JEZYKI OBCE
- MF. MATEMATYKA-FIZYKA
- M. MECHANIKA
- NS. NAUKI SPOŁECZNE
- O. ORGANIZACJA

Dotychczas ukazały się zeszyty
serii E.

Elektryka z. 1, 1954 r., s. 76, zł 9,10	Elektryka z. 22, 1967 r., s. 114, zł 7,—
Elektryka z. 2, 1956 r., s. 82, zł 11,—	Elektryka z. 23, 1968 r., s. 113, zł 7,—
Elektryka z. 3, 1956 r., s. 102, zł 14,50	Elektryka z. 24, 1969 r., s. 184, zł 10,—
Elektryka z. 4, 1957 r., s. 113, zł 21,75	Elektryka z. 25, 1969 r., s. 134, zł 8,—
Elektryka z. 5, 1959 r., s. 152, zł 20,—	Elektryka z. 26, 1969 r., s. 82, zł 5,—
Elektryka z. 6, 1960 r., s. 131, zł 23,45	Elektryka z. 27, 1970 r., s. 341, zł 19,—
Elektryka z. 7, 1961 r., s. 42, zł 3,40	Elektryka z. 28, 1970 r., s. 303, zł 16,50
Elektryka z. 8, 1961 r., s. 147, zł 11,30	Elektryka z. 29, 1971 r., s. 150, zł 8,50
Elektryka z. 9, 1961 r., s. 128, zł 26,25	Elektryka z. 30, 1971 r., s. 110, zł 7,50
Elektryka z. 10, 1961 r., s. 52, zł 3,90	Elektryka z. 31, 1971 r., s. 380, zł 23,50
Elektryka z. 11, 1961 r., s. 128, zł 22,80	Elektryka z. 32, 1972 r., s. 111, zł 8,—
Elektryka z. 12, 1962 r., s. 162, zł 12,20	Elektryka z. 33, 1972 r., s. 146, zł 10,—
Elektryka z. 13, 1962 r., s. 127, zł 9,80	Elektryka z. 34, 1972 r., s. 58, zł 5,—
Elektryka z. 14, 1963 r., s. 157, zł 9,40	Elektryka z. 35, 1972 r., s. 150, zł 10,—
Elektryka z. 15, 1963 r., s. 58, zł 3,50	Elektryka z. 36, 1973 r., s. 136, zł 8,—
Elektryka z. 16, 1963 r., s. 219, zł 11,40	Elektryka z. 37, 1973 r., s. 299, zł 21,—
Elektryka z. 17, 1964 r., s. 272, zł 15,60	Elektryka z. 38, 1973 r., s. 377, zł 25,—
Elektryka z. 18, 1964 r., s. 161, zł 8,30	Elektryka z. 39, 1973 r., s. 376, zł 25,—
Elektryka z. 19, 1964 r., s. 119, zł 6,50	Elektryka z. 40, 1974 r., s. 98, zł 6,—
Elektryka z. 20, 1966 r., s. 184, zł 13,—	Elektryka z. 41, 1973 r., s. 64, zł 5,—
Elektryka z. 21, 1966 r., s. 263, zł 16,—	Elektryka z. 42, 1974 r., s. 148, zł 9,—

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

P 3347 / 74