

Zbigniew Karwacki\*

RACJONALIZACJA  
I EFEKTYWNOŚĆ UŻYTKOWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Wstęp

Mając na uwadze niedobór energii elektrycznej, jaki obecnie występuje w gospodarce polskiej, a także nowe możliwości, jakie może dać wchodząca w życie reforma gospodarcza, chcemy wskazać na pewne sposoby łagodzenia skutków niedoboru energii elektrycznej, a także podkreślić ważność racjonalizacji jej użytkowania. Jest to próba kompleksowego spojrzenia na problem użytkowania energii elektrycznej w Polsce i na tej podstawie wyciągnięcia odpowiednich wniosków. Jednakże proponowane w tej pracy modele mają na celu nie tyle globalne rozwiązanie całego problemu, gdyż złożoność tego zagadnienia wykracza daleko poza ramy tej pracy, co odpowiednie naświetlenie tego jakże ważnego problemu i propozycje dalszych badań w tym kierunku.

Możemy wyodrębnić niejako dwa kierunki działań mających na celu poprawę sytuacji w dziedzinie użytkowania energii elektrycznej. Jednakże błędem byłoby traktowanie ich jako dwóch oddzielnych metod działania zmierzających do jednego celu.

Pierwszym kierunkiem jest racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej. W tej części referatu przytoczone są administracyjne sposoby łagodzenia kryzysu energetycznego na drodze racjonalizacji użytkowania energii elektrycznej, a także przedstawiony jest model optymalnego wykorzystania mocy, który w połączeniu z wymienionymi działaniami organizacyjno-administracyjnymi może w znacznym stopniu przyczynić się do "wyrównania" krzywej poboru mocy, a tym samym do jej optymalnego wykorzystania.

Drugim kierunkiem jest efektywność użytkowania energii elek-

---

\*Asystent-stażysta w Instytucie Ekonometrii i Statystyki UŁ.

trycznej. Proponujemy tutaj dwustopniowy model mający na celu maksymalizację efektywności użytkowania energii elektrycznej.

Na zakończenie prezentujemy dwa modele z dziedziny identyfikacji działalności jednostki gospodarczej w zakresie użytkowania energii elektrycznej.

Pomijamy tutaj szczegółowy opis metod programowania przy wielorakości celów, którymi posłużyliśmy się w naszych modelach, a który można znaleźć w pracy "Optymalna dystrybucja energii elektrycznej w systemie energetycznym. Problemy metodologiczne"<sup>1</sup>.

### 1. Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej

Zapoznając się ze wzorami określającymi koszty wytwarzania energii elektrycznej<sup>2</sup>, dochodzimy do wniosku, że podstawowym sposobem zmniejszenia kosztu jednostkowego jest zwiększenie czasu użytkowania mocy zainstalowanej, czyli lepsze wykorzystanie urządzeń elektrowni oraz sieci trakcyjnej. Wiąże się to bezpośrednio z wyrównywaniem krzywej obciążenia.

W sytuacji, która ma miejsce obecnie w Polsce, wyrównywanie krzywej obciążenia ma na celu nie tylko obniżenie kosztu jednostkowego wytwarzania energii elektrycznej, co zminimalizowanie ograniczeń w jej dostawach do odbiorców.

Trudności w pokryciu pełnego zapotrzebowania odbiorców na energię elektryczną skłaniają energetyków do poszukiwania sposobów ich złagodzenia. Jedną z dróg jest z pewnością racjonalizacja zużycia energii w ogóle, a energii elektrycznej w szczególności.

Występujący deficyt mocy i energii elektrycznej zmusza energetyka do stosowania różnego rodzaju ograniczeń w zużywaniu tej energii, co powoduje zakłócenia w funkcjonowaniu gospodarki narodowej. Ograniczenia te skłaniają do zwrócenia uwagi na rozsądne i oszczędne użytkowanie energii elektrycznej oraz doskonalenie procesu jej pobierania. Mówiąc o konieczności rozsądnego korzystania z energii elektrycznej, rozróżnić należy dwa kierunki działania w tym zakresie<sup>3</sup>:

<sup>1</sup> Z. K a r w a c k i, Optymalna dystrybucja energii elektrycznej w systemie energetycznym. Problemy metodologiczne, napis, Instytut Ekonometrii i Statystyki UŁ (1982).

<sup>2</sup> Ibidem, s. 171-175.

<sup>3</sup> M. K a c z m a r e k, Wykorzystanie charakterystycznych

- obniżenie poziomu energochłonności produkcji oraz
- obniżenie poboru mocy elektrycznej.

Jeżeli chodzi o kierunek pierwszy, to dążąc do obniżenia energochłonności produkcji, wprowadzano ograniczenia zużycia energii elektrycznej w poszczególnych resortach. Jednakże - w praktyce przekraczanie limitu przez zakład produkcyjny było likwidowane przez jednostkę nadrzędną drogą przyznawania limitów uzupełniających<sup>4</sup>. Powodowało to marnowanie oszczędności uzyskanych w innych przedsiębiorstwach. O tym, jak ważną sprawą jest racjonalizacja i oszczędność użytkowania energii elektrycznej, zwłaszcza w przemyśle, dowodzą:

- struktura zużycia energii elektrycznej przez podstawowe grupy odbiorców (patrz tab. 1):

T a b e l a 1

Struktura zużycia energii elektrycznej w 1975 r. w Polsce  
przez podstawowe grupy odbiorców

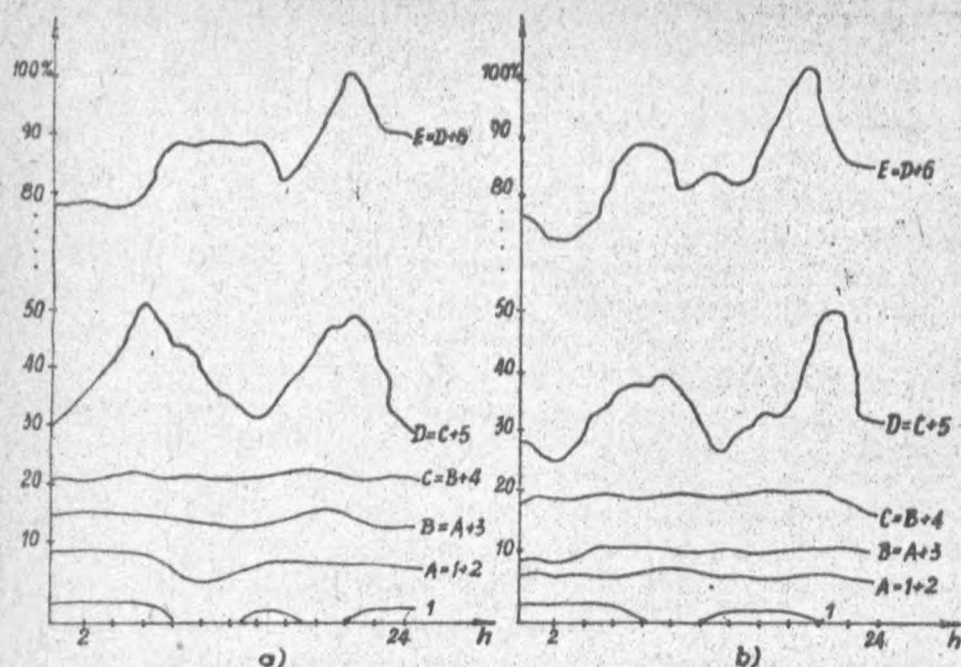
| Grupy odbiorców                         | Udział w zużyciu krajowym<br>energii elektrycznej (w %) |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Przemysł i wielcy odbiorcy              | 61,2                                                    |
| Odbiorcy bytowo-komunalni               | 18,9                                                    |
| Potrzeby własne elektrowni              | 7,0                                                     |
| Trakcja elektryczna PKP                 | 3,4                                                     |
| Straty w sieciach                       | 8,9                                                     |
| Zużycie energii w elektrowniach wodnych | 0,6                                                     |

Źródło: J. Dorasz, R. Krochmal ski, M. Wach, Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej, "Energetyka" 1978, nr 1, s. 28.

- dobowe obciążenie systemu elektroenergetycznego i udziału podstawowych grup odbiorców w obciążeniu systemu (patrz rys. 1). Na przykładzie rysunku 1 możemy zorientować się, jak wyglądała sytuacja w 1975 r.

cech poboru energii elektrycznej do racjonalizacji jej użytkowania, "Energetyka", marzec 1979.

<sup>4</sup> Ibidem.



Rys. 1. Dobowe obciążenie systemu elektroenergetycznego i udział poszczególnych grup odbiorców w obciążeniu systemu (wartości średnie z lat 1971-75): a - grudzień (zimowa doba pomiarowa), b - lipiec (letnia doba pomiarowa): 1 - pompowanie wody w elektrowniach wodnych, 2 - trakcja elektryczna PKP, 3 - straty w sieciach, 4 - potrzeby własne elektrowni, 5 - sektor bytowo-komunalny, 6 - przemysł i wielcy odbiorcy

Źródło: J. Dorosz, R. Krochmalicki, M. Wach, Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej, "Energetyka" 1978, nr 1, s. 28.

Program racjonalnego użytkowania energii elektrycznej dla przemysłu można ująć następująco<sup>5</sup>:

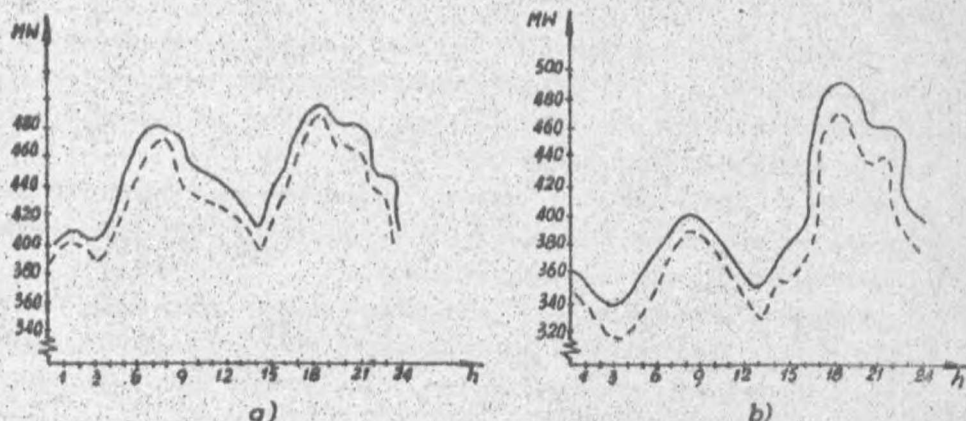
- dobieranie mocy napędów, klimatyzacji i oświetlenia do faktycznych potrzeb;
- przeciwdziałanie stratom energii na zbędne oświetlenie i nieracjonalne przetwarzanie;
- dokonywanie pomiarów zużycia energii elektrycznej w głównych urządzeniach przetwórczych;

<sup>5</sup> J. Dorosz, R. Krochmalicki, M. Wach, Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej, "Energetyka" 1978, nr 1, s. 28.



- przeciwdziałanie przeciążeniu silników i ich pracy jałowej;
- staranna konserwacja, obsługa i remonty napędów grupowych i indywidualnych, źródeł światła, sprzętu i sieci elektrycznych;
- elastyczna regulacja obciążenia urządzeń wentylacyjno-ogrzewczych, w zależności od warunków atmosferycznych, i regulacja oświetlenia stosownie do pory dnia i rodzaju pomieszczeń.

Przechodząc do drugiego z wymienionych kierunków racjonalizacji wykorzystania energii elektrycznej, zwróćmy uwagę na dobowy przebieg poboru mocy (patrz rys. 2).



Rys. 2. a) dobowy wykres obciążeń w ZE Łódź-Teren (środa 22 XII 1977 r.): 1 - obciążenia rzeczywiste, 2 - przy ograniczeniach w przemyśle; b) dobowy wykres obciążeń w ZE Łódź-Teren (środa 18 XII 1978 r.): 1 - obciążenia rzeczywiste, 2 - przy ograniczeniach w przemyśle

Źródło: M. Kaczmarek, Wykorzystanie charakterystycznych cech poboru energii elektrycznej do racjonalizacji jej użytkowania. "Energetyka", marzec 1979.

Możemy zaobserwować, że zapotrzebowanie na moc nie jest w ciągu doby równomierne i dąży się wyróżnić cztery charakterystyczne okresy: nocny, ranny, południowy i wieczorny. Szczyty poboru występują w okresie rannym i wieczornym.

Podstawowe cechy przebiegu dobowego poboru mocy powtarzają się we wszystkich dniach roboczych i są zbliżone na terenie całego kraju<sup>6</sup>. Aby zaniejszyć poziom szczytowego zapotrzebowania na moc, najwygodniej byłoby część występujących w tych okresach obciążeń przenieść na inne pory doby, w których pobór

<sup>6</sup> Kaczmarek, op. cit., s. 102-105.

jest mniejszy, a tym samym wyrównać przebieg dobowego zapotrzebowania na moc. Najbardziej naturalnym sposobem wyrównywania krzywej obciążenia jest przyłączenie do wspólnej sieci różnych grup odbiorców o dużym przesunięciu w czasie obciążeń szczytowych. Można także przesunąć w czasie, względem siebie, obciążenia szczytowe poszczególnych zakładów przez wyznaczenie ich obowiązującego miesięcznego współczynnika udziału zużycia energii elektrycznej w godzinach "szczytu". Należy także stosować odpowiednie środki prewencyjne w stosunku do tych odbiorców, którzy pomimo kontroli nie stosują się do poleceń Państwowej Dystrybucji Mocy (PDM)<sup>7</sup>.

Biorąc pod uwagę fakt, że wartość energii elektrycznej w godzinach szczytu jest wielokrotnie wyższa niż energii pobieranej w okresach niskich obciążeń i mając na uwadze konieczność ograniczenia szczytów, należałoby<sup>8</sup>:

- istotnie zróżnicować opłaty za energię elektryczną w zależności od pory doby i wprowadzić u wszystkich odbiorców komunalno-bytowych liczniki dwutaryfowe;
- wprowadzić w zakładach przemysłowych układy pomiarowe dwu- i trójfazowe oraz wydzieloną instalację EGA (odbiorniki elektrycznego grzejnictwa akumulacyjnego) załączaną tylko w okresach niskich obciążeń;
- zastosować styczniki sterowane zegarem nastawianym i plombowanym przez Zakłady Energetyczne tam, gdzie znajdują się odbiorniki EGA, jednotaryfowy rozliczeniowy pomiar energii;
- wprowadzić obowiązek grupowego sterowania liczników dwutaryfowych lub sterowanie z częstotliwością akustyczną (SCA).

Dalszych możliwości wpływania na obniżenie poboru mocy w szczytowych sferach obciążenia należy szukać w dziedzinie organizacji pracy. W tym celu należałoby<sup>9</sup>:

- przerwy na śniadania i podwieczorki ustalać w godzinach szczytowego poboru mocy;
- w zakładach dwuzmianowych przesunąć pracę ze zmiany drugiej na trzecią (nocną);

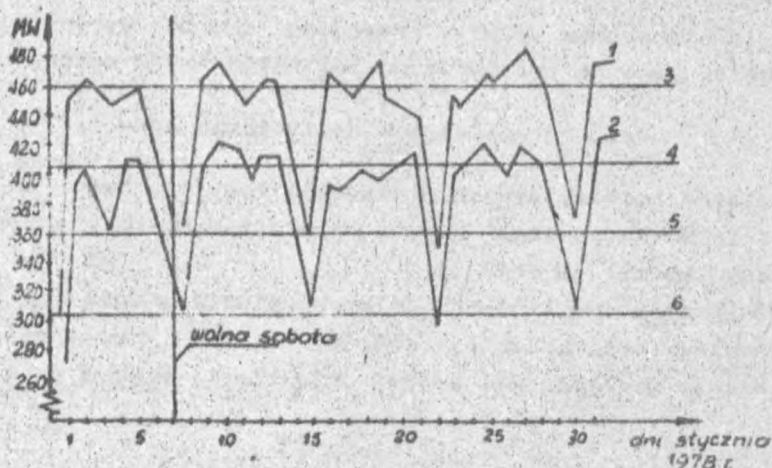
<sup>7</sup> Loc. cit.

<sup>8</sup> Loc. cit.

<sup>9</sup> D o r o s z, K r o c h m a l e k i, W a c h, op. cit., s. 29.

- wprowadzić planowe wyłączenie odbiorców komunalno-bytowych (wyłączenie linii średniego napięcia) po uprzednim uprzedzeniu odbiorców przez środki masowego przekazu;
- wprowadzić ostrzeżenia w postaci sygnałów (gaśnięcie światła), wysyłanych w momencie pojawienia się deficytu w bilansie mocy.

Kolejne możliwości celowego działania dla opanowywania deficytów mocy w systemie elektroenergetycznym nasuwa się przy analizowaniu miesięcznego wykresu obciążeń szczytowych (patrz rys. 3).



Rys. 3. Miesięczny wykres obciążeń szczytowych sieci w ZŁŁódź-Terenz: 1 - krzywa szczytów wieczornych, 2 - krzywa szczytów rannych, 3 - średnia wieczorów w dni robocze, 4 - średnia rannów w dni robocze, 5 - średnia wieczorów w niedziele, 6 - średnia rannów w niedziele

Źródło: Jak w rys. 2.

Analizując ten wykres można zauważyć, że średnio szczytowe obciążenie w ciągu roboczych dni tygodnia jest wyższe o około 27-33% niż w niedziele. Istotny efekt w postaci zmniejszenia poboru mocy można by uzyskać przy 5-dniowym (6-dniowym) tygodniu pracy z ruchomymi wolnymi od pracy dniami, różnymi dla poszczególnych zakładów<sup>10</sup>.

Wszystkie przedstawiłone tutaj propozycje nie wykluczają dotychczas znanych i stosowanych sposobów racjonalnego gospodarowania

<sup>10</sup> K a c z m a r e k, op. cit., s. 102-105.

wania mocą. W warunkach ostrego i pogłębiającego się deficytu mocy trzeba zawsze liczyć się z koniecznością stosowania ograniczeń, jako ostatecznego sposobu zapewnienia równowagi bilansu mocy w systemie elektroenergetycznym.

### 1.1. Model optymalnego wykorzystania mocy

Zaproponujemy teraz model, który w połączeniu z wymienionymi w poprzednim paragrafie działaniami organizacyjno-administracyjnymi może w znacznym stopniu przyczynić się do "wyrównania" krzywej poboru mocy, a tym samym do jej optymalnego wykorzystania.

#### Model optymalnego wykorzystania mocy<sup>11</sup>

$D_t$  - zmienna losowa, będąca wielkością mocy niezbędną do zaspokojenia potencjalnego popytu na energię elektryczną w godzinach szczytu w dniu  $t$ ;

$Y_t$  - wielkość mocy planowana do uruchomienia w dniu  $t$ ;

Oznaczmy teraz przez  $f_t$  różnicę między zaplanowanymi do uruchomienia wielkościami mocy w dniu  $t - 1$  oraz w dniu  $t$

$$f_t = Y_{t-1} - Y_t \quad \text{dla} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

Przez  $e_t$  oznaczmy wielkość odchylenia mierzonego różnicą między mocą zaplanowaną do uruchomienia a mocą rzeczywiście potrzebną do zaspokojenia popytu

$$e_t = Y_t - D_t \quad \text{dla} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

Przy czym przez  $y_0$  będziemy rozumieli tu moc uruchomioną bezpośrednio przed okresem 1.

Celem naszym będzie minimalizacja wartości oczekiwanej następującego wyrażenia:

$$\sum_{t=1}^T (f_t^2 + c e_t^2) \quad (3)$$

przy warunkach (1) i (2), gdzie  $c \geq 0$  jest daną stałą.

<sup>11</sup> H. W a g n e r, Badania operacyjne, Warszawa 1980, s. 736-738.



Analizując obecny stan polskiej energetyki, możemy stwierdzić, że nie "grozi" nam w najbliższej przyszłości taka sytuacja, aby moc zainstalowana przewyższała zapotrzebowanie gospodarki, a nawet równażyła je. Wobec tego różnica  $e_t = Y_t - D_t$  będzie oznaczała niedobór mocy i będzie co najwyżej w najbliższych latach dążyła do 0. Z wyżej wymienionych względów uzasadnione wydaje się, podstawienie w miejsce stałej  $c$  szacunkowej straty, jaką ponosi gospodarka w wyniku unieruchomienia 1 kW mocy. Model będzie miał następującą postać:

$$\min E \left[ \sum_{t=1}^T (f_t^2 + c e_t^2) \right] \quad (4)$$

przy warunkach:

$$f_t = Y_{t-1} - Y_t \quad \text{dla} \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$e_t = Y_t - D_t \quad \text{dla} \quad t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$c$  - szacunkowe straty gospodarcze z tytułu unieruchomienia 1 kW mocy ( $c \geq 0$ ).

Można zauważyć, że jeżeli  $c = 0$ , to rozwiązanie optymalne jest równe  $Y_t^* = Y_0$  dla wszystkich  $t$ . Jeżeli  $c$  jest dowolnie duże, to  $Y_t^* = E(D_t)$  jest wartością optymalną. Proces podejmowania decyzji odnośnie do poziomu  $Y_t^*$  jest wieloetapowy. Decyzja na pierwszym etapie polega na ustaleniu wartości  $Y_1$ . Podstawiamy  $E(D_t)$  w miejsce  $D_t$  do wzoru (2) oraz  $f_t$  i  $e_t$  do wzoru (3). W wyniku tych podstawień otrzymujemy:

$$E = \left\{ \sum_{t=1}^T (Y_{t-1} - Y_t)^2 + c Y_t - E(D_t)^2 \right\} \quad (7)$$

Następnie, po zgrupowaniu wyrazów podobnych i przyjęciu, że  $\partial c / \partial Y_t = 0$ , dla  $t = 1, 2, \dots, T$ , otrzymujemy  $T$  równań liniowych z  $T$  niewiadomymi:

$$(2 + c) y_1 - y_2 = c E(D_1) + y_0 \quad (8)$$

$$-y_{t-1} + (2 + c) y_t - y_{t+1} = c E(D_t) \quad (9)$$

dla  $t = 2, \dots, T - 1$

$$-y_{T-1} - (1 + c) y_T = c E(D_T) \quad (10)$$

Równania (8) - (10) możemy rozwiązać przy danych wartościach  $c$ ,  $E(D_t)$  oraz  $y_0$ . Wyznaczona wartość  $y_1$  jest optymalną wartością zmiennej decyzyjnej w pierwszym etapie i jest funkcją liniową  $E(D_t)$ .

Jeżeli założymy, że horyzont planu jest nieograniczony i że poziom  $y_1$  powinien być tak ustalany, aby był optymalny dla każdego dowolnie dużego  $T$ , to wówczas można wykazać, że rozwiązanie układu równań 8 - 10 względem  $y_1$ , gdy  $T \rightarrow \infty$  jest równe:

$$y_1 = \alpha(y_0 + c E(D_1)) + \sum_{t=2}^{\infty} \alpha^2 c E(D_t) \quad (11)$$

przy założeniu, że szereg po prawej stronie (11) jest zbieżny, oraz

$$\alpha = \frac{(2 + c) - \sqrt{4c + c^2}}{2} \quad (12)$$

Z (12) wynika, że  $0 < \alpha \leq 1$  dla  $0 \leq c < \infty$  oraz  $y_1 \geq 0$ .

Można także zauważyć, że  $y_1$  jest we wzorze (11) funkcją liniową  $E(D_t)$ .

Znając realizację wartości  $D_1$ , decydent może skorygować swoje przewidywania o kolejnych wartościach  $D_t$  w ten sposób, że w następnym dniu obliczenia (11) zostają powtórzone, przy czym wartość oczekiwana  $E(D_1)$  jest równa nowej wartości oczekiwanej zapotrzebowania na obsługę w następnym dniu.

Jeżeli jednak  $E(D_t) = D^*$  dla wszystkich  $t$  (popyt na energię jest procesem stacjonarnym), to niezależnie od poprzednich wartości  $y_t$  wszystkie przyszłe wartości  $y_t$  są określane zależnością:

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \frac{\alpha c D^*}{1 - \alpha} = \alpha^{t-1} y_0 + \frac{\alpha c D^*}{1 - \alpha} \left( \frac{1 - \alpha^{t-1}}{1 - \alpha} \right)$$

dla  $0 < \alpha < 1$

oraz  $y_t \rightarrow D^*$ , gdy  $t \rightarrow \infty$ .

## 2. Efektywność użytkowania energii elektrycznej

W poprzednim paragrafie zajmowaliśmy się problemem użytkowania energii elektrycznej, podchodząc do tego zagadnienia od strony racjonalizacji i oszczędności. Inaczej mówiąc, wymienione tam kierunki działania mają na celu niejako "zwiększenie" istniejących mocy energetycznych poprzez oszczędność użytkowania i ograniczenia w dostawie energii elektrycznej. Jeżeli chodzi o ograniczenia w poborze mocy, to jest to dość drastyczna forma oszczędzania, ale biorąc pod uwagę sytuację, w jakiej znalazła się polska energetyka i jednocześnie gospodarka, forma konieczna, ponieważ niemożliwością jest zaspokojenie pełnego popytu. Smutną koniecznością natomiast jest przypomnienie o racjonalizacji użytkowania energii elektrycznej, gdyż powinna to być rzecz normalna dla każdego odbiorcy, bez potrzeby wprowadzania go w problemy energetyki i istniejącego na całym świecie kryzysu surowcowego. Sprawa jest o tyle trudna, gdyż energia elektryczna jest tak powszechnym nośnikiem energii, że marnotrawiąc ją nie zdajemy sobie z tego sprawy. Wychodzimy z założenia, że zabraknąć jej nie może, bo ona po prostu jest. Sprawy zaczynają się komplikować wówczas, gdy po przekręceniu kontaktu żarówka nie zabłyśnie jak zwykle, chociaż sprawne są bezpieczniki.

Teraz zajmijmy się zagadnieniem użytkowania energii elektrycznej od strony jego efektywności. W tym celu należy potraktować energię elektryczną jako jeden z niezbędnych czynników do

uruchomienia jakiejkolwiek produkcji. Zdejść sobie sprawę z nie-  
doboru tego czynnika, należy się zastanowić przede przede  
wszystkim, na jakie cele i ile należy go przeznaczyć, kierując  
się preferencjami społecznymi i dążąc do utrzymania w miarę har-  
monijnego rozwoju gospodarczego.

Na tym jednak nie koniec, gdyż po rozwiązaniu tego problemu  
nasuwa się drugi o wiele trudniejszy. Mamy już rozdzieloną podaż  
energii pomiędzy określone dziedziny gospodarki, należy teraz  
tak ją wykorzystać, aby przyniosła ona jak największy efekt  
produkcyjny. Zaproponujemy teraz dwustopniowy model mający na  
celu nie tylko globalne rozwiązanie całego problemu, gdyż złożo-  
ność tego zagadnienia wykracza daleko poza ramy tej pracy, co  
odpowiednie naświetlenie tego jakże ważnego problemu i propo-  
zycje dalszych badań w tym kierunku. Należy jednak jeszcze raz  
podkreślić, że jakiejkolwiek działania tracą tu jednak sens, je-  
żeli nie wpoimy na stałe zasady racjonalnego użytkowania energii  
elektrycznej. Zasada ta obowiązuje oczywiście nie tylko w odnie-  
sieniu do energii elektrycznej.

### 3. Model rozdysponowania energii elektrycznej pomiędzy poszczególne branże

Reforma gospodarcza, która jest aktualnie wprowadzana w Pol-  
sce przewiduje, że w dziedzinie krajowego obrotu zaopatrzeniowe-  
go docelowo nie przewiduje się żadnych dyrektyw<sup>12</sup>. Podstawą pro-  
cesów zaopatrzeniowych w gospodarce narodowej będą pozione po-  
wiązania produkcyjno-zaopatrzeniowe realizowane na podstawie  
umów, a forma tych powiązań w pełnym zakresie mieć będzie cha-  
rakter towarowo-pieniężny. Sterowanie procesami zaopatrzenia ma-  
teriałowo-technicznego będzie docelowo oparte na wykorzystaniu  
narzędzi ekonomicznych i innych norm ogólnych. Ważne znaczenie w  
kształtowaniu równowagi na rynku środków produkcji będzie miał  
system bilansów materiałowych, ze względu na zmianę ich roli i  
funkcji. Przestaną być one narzędziem rozdzielnictwa, a staną

<sup>12</sup> Kierunki reformy gospodarczej - projekt, "Trybuna Ludu",  
lipiec 1981.



się podstawę kształtowania równowagi gospodarczej oraz ekonomicznych narzędzi sterowania procesami zaopatrzenia, a także efektywnego wykorzystania zasobów materiałowych. Realna ocena aktualnego stanu zaopatrzenia materiałowego gospodarki oraz perspektywy na najbliższe 2 - 3 lata wskazują na konieczność przejściowego utrzymania rozdzielnictwa wybranych środków produkcyjnych. Brak równowagi zaopatrzeniowej jest rezultatem głębokich dysproporcji rozwojowych występujących między bazą surowcowo-materiałową a przetwórczymi gałęziami przemysłu i innymi dziedzinami wytwórczości. Dysproporcji tych nie może do- racznie zneutralizować import ani inwestycje, ani też wprowadzone reformy cen zaopatrzeniowych. Niektóre środki produkcji o dużym znaczeniu, wyraźnie deficytowe, przejściowo objęte zostaną zasadą przymusowej centralizacji zakupu przez centrale zaopatrzenia. Stosunki między centralą zaopatrzenia a jej dostawcami będą regulowane umowami. Centrale zaopatrzenia uprawnione do wyłącznego zakupu przekazane zostaną pod nadzór centralnego organu do spraw gospodarki materiałowej, który będzie udzielał wytycznych co do kierunków sprzedaży deficytowych towarów, zgodnie z ustaleniami kierunkowymi Rady Ministrów. Rozwiązanie takie pozwoli ograniczyć bezpośrednio rozdzielnictwo do pozycji najbardziej deficytowych, a zarazem podstawowych i o wielorakim zastosowaniu, jak na przykład: waluty wymienialne, węgiel, energia elektryczna, podstawowe surowce. Listę artykułów lub grup, które podlegają rozdzielnictwu, rząd przedłoży informacyjnie Sejmowi. W rozdzielnictwie surowców i materiałów przestrzegane będą następujące zasady<sup>13</sup>:

- przedmiotem rozdzielnictwa będą konkretne surowce i materiały bądź grupy produktów rzeczywiście deficytowych, nie zaś wielkości zbiorcze;
- przydziały środków przyznawane będą na z góry określone cele produkcyjne bądź usługowe;
- adresatem przydziałów będą przedsiębiorstwa albo ich zrzeszenia;
- celem łagodzenia niepewności w działaniu przedsiębiorstw wprowadza się przydziały na okresy wieloletnie;

<sup>13</sup> Ibidem.

- dla uniemożliwienia podejmowania najefektywniejszych procesów produkcyjnych stosowana będzie zasada swobodnej sprzedaży i kupna większych nadwyżek dóbr, które w podstawowej części będą reglamentowane.

Tak więc, opierając się na zasadach wprowadzanej reformy gospodarczej w pierwszej części dwuetapowego modelu, zajmamy się problemami rozdyponowania energii elektrycznej pomiędzy poszczególne branże. Biorąc pod uwagę, że energia elektryczna jest powszechnie stosowana niemal we wszystkich dziedzinach życia, konieczną sprawą jest, aby w problemie jej rozdyponowania nie ograniczać się jedynie do jej użytkowania w przemyśle, ale także w innych dziedzinach takich jak np.: rolnictwie, gospodarce komunalno-bytowej i innych.

Biorąc pod uwagę, że największym użytkownikiem energii elektrycznej jest przemysł i to, że właśnie w przemyśle tkwią największe możliwości oszczędności zużycia energii elektrycznej, jak i z uwagi na panujący obecnie w Polsce kryzys gospodarczy, chcielibyśmy odnieść nasz model wyłącznie do użytkowania energii elektrycznej w przemyśle. Z tego względu należy przyjąć, że przed przystąpieniem do budowy naszego modelu ustalone zostały proporcje zużycia energii elektrycznej przez przemysł i innych odbiorców.

Podchodząc do zagadnienia w ten sposób otrzymamy  $n$  odbiorców (branż), z których każdy jest agregatem mniejszych jednostek. Aby móc dokonać rozdyponowania, musimy znać zapotrzebowanie poszczególnych odbiorców w określonym okresie czasu. Wydaje się, że rozpatrywanie tego zagadnienia na tym szczeblu, na okres krótszy od roku jest nieuzasadnione. Popyt na energię elektryczną poszczególnych branż otrzymamy sumując popyty poszczególnych zakładów wchodzących w skład każdej branży. Podstawowym narzędziem w procesie rozdzielania energii elektrycznej w naszym modelu będą priorytety, które musimy przydzielić poszczególnym odbiorcom. Priorytety te muszą być odzwierciedleniem społeczno-gospodarczych preferencji. Stopień, w jakim uda nam się zawrzeć te preferencje w priorytetach, będzie stanowił jednocześnie o powodzeniu całej operacji. Podstawą do przydzielania priorytetów poszczególnym odbiorcom może być między innymi Uchwała Rady Ministrów z dnia 30 XI 1981 r. w sprawie zasad działalności przedsiębiorstw państwowych w 1982 r. Po przydzieleniu

odpowiednich priorytetów każdemu z odbiorców, znając ich popyt i ogólną podaż energii elektrycznej, możemy przystąpić do jej dystrybucji. Charakter zagadnienia sam nasuwa metodę, którą należy zastosować do jego rozwiązania. Jeżeli potraktujemy zaspokojenie popytu każdego z odbiorców jako pojedynczy cel zadania, otrzymamy wówczas zadanie programowania, w którym występuje  $n$  celów, przy czym nie można ich wszystkich zaspokoić. Mamy więc do czynienia z programowaniem przy wielorakości celów. Do rozwiązania tego zagadnienia posłużyliśmy się jedną z metod tego programowania, a mianowicie programowaniem celowym.

Praktyczne wykorzystanie metod programowania matematycznego, jest dość ograniczone z powodu sztywności modeli optymalizacyjnych. Przejawia się to między innymi w tym, że uwzględnione jest jedno kryterium optymalności, odpowiadające określonej sytuacji podejmowania decyzji. W rzeczywistych procesach podejmowania decyzji sytuacja jest tak złożona i zmienna, że model taki staje się nieadekwatny do rzeczywistości.

W związku z tym powstała konieczność zbudowania na gruncie teorii programowania matematycznego modeli i metod optymalizacyjnych dopuszczających jednocześnie uwzględnienie więcej niż jednej funkcji celu. Dokładną charakterystykę tych metod podają prace Z. Karwackiego i E. Konarzewskiej-Gubały<sup>14</sup>.

#### 4. Model optymalnego rozdysonowania energii elektrycznej pomiędzy branżę

Wykorzystując do rozdysonowania energii elektrycznej pomiędzy branżę metodę programowania celowego, wiemy że decydujący wpływ na końcowe rozdysonowanie mają priorytety, a także wagi w obrębie priorytetów, te zaś ustalamy korzystając z informacji apriorycznej. Możemy więc powiedzieć, że zasób informacji o problemie, który mamy rozwiązać, decyduje o końcowym sukcesie.

Należy także wspomnieć w tym miejscu o interesującym kierunku rozwoju modelu programowania przy wielorakości celów, miano-

<sup>14</sup> Karwacki, op. cit., s. 98-121; E. Konarzewskiej-Gubały, Programowanie przy wielorakości celów, Warszawa 1980.

wicie programowaniu konwersacyjnym (interactive programming), nie stosowanym dotąd w naszej praktyce gospodarczej. J. Dyer przedstawia konwersacyjny algorytm rozwiązywania zadań programowania celowego (interactive goal programming), który nawiązuje do sformułowania zadania "jednostronnego" programowania celowego przy wielu funkcjach celu oraz algorytm Franka-Wolfa<sup>15</sup>.

Przedstawimy poniżej dwie z wielu możliwości sformułowania modelu programowania celowego dla rozpatrywanego przez nas problemu rozdysponowania energii elektrycznej między poszczególne branże.

#### 4.1. Podejście jednocelowe

Mamy  $N$  branż. Znamy ich popyt oraz łączną podaż energii, to znaczy sumę energii elektrycznej, którą należy rozdysponować. Założmy, że celem naszym będzie dokładne zaspokojenie popytu każdej z branż. W obrębie tego celu przydzielimy poszczególnym branżom odpowiednie wagi, które będą odzwierciedlały nasz stosunek co do kolejności zaspokajania ich popytu. Tak więc mamy:

- $x_i$  - przydział energii elektrycznej dla  $i$ -tej branży  $i = 1, \dots, N$ ;
- $b_i$  - popyt na energię elektryczną  $i$ -tej branży  $i = 1, \dots, N$ ;
- $B$  - łączna podaż energii elektrycznej dla wszystkich branż;
- $w_i$  - wagi,  $i = 1, \dots, N$ .

Wówczas model możemy zapisać następująco:

$$\min z = \sum_{i=1}^N w_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (13)$$

przy warunkach

$$x_i + d_i^- - d_i^+ = b_i$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = b_2$$

$$\begin{array}{ccc} \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{array}$$

<sup>15</sup> J. Dyer, Interactive Goal Programming, "Management Science" 1972, vol. 12, No 1.



$$x_N + d_1^- - d_1^+ = b_N \quad (14)$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_N + x_{N+1} = B$$

$$x_1, d_1^-, d_1^+ \geq 0 \text{ dla } i = 1, \dots, N,$$

gdzie:  $d_1^-$  i  $d_1^+$  są zmiennymi obrazującymi odchylenia, ujemne i dodatnie, od stanu pożądanego. Zmienna  $x_{N+1}$  z punktu widzenia matematycznego jest zmienną dodatkową niedoboru, gdyż wprowadzana jest w celu sprowadzenia nierówności  $x_1 + x_2 + \dots + x_N \leq B$  do postaci  $x_1 + x_2 + \dots + x_N + x_{N+1} = B$  (czego wymaga metoda programowania celowego). Z punktu widzenia ekonomicznego może ona mieć różną interpretację w zależności od relacji między popytem a podażą energii elektrycznej. I tak gdy:

- popyt < podaż,

$x_{N+1}$  będzie nadwyżką energii elektrycznej ponad przydziały dla poszczególnych branż i będzie równa  $\sum_{i=1}^N d_1^+$

- popyt = podaż

$$x_{N+1} = 0$$

- popyt > podaż

$x_{N+1}$  będzie niedoborem energii elektrycznej w stosunku do popytu na nią i będzie równa  $\sum_{i=1}^N d_1^-$

#### 4.2. Podejście wielocelowe

Przyjmując takie same warunki jak poprzednio, założmy teraz, że mamy nie jeden, ale dwa cele do osiągnięcia:

- cel 1: dokładnie zaspokoić popyt branż od 1 do  $v$ ;
- cel 2: zminimalizować ilość nie dostarczonej energii dla branż od  $v + 1$  do  $N$ , przy czym wprowadzimy tutaj odpowiednie wagi dla poszczególnych branż.

Model ten możemy sformułować następująco:

$$\min z = \sum_{i=1}^v P_1 (d_1^+ + d_1^-) + \sum_{i=v+1}^N P_2 w_i d_1^- \quad (15)$$

przy warunkach:

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = b_1$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = b_2$$

$$\vdots$$

$$x_N + d_N^- - d_N^+ = b_N$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_N + x_{N+1} = B$$

$$x_1, d_1^-, d_1^+ > 0 \quad \text{dla } i = 1, \dots, N$$

$P_1$  i  $P_2$  są oznaczeniami priorytetów. Należy zauważyć, że w przypadku branż oznaczonych numerami  $v + 1$  do  $N$  w funkcji celu nie występują zmienne  $d_1^-$  (dla  $i = v + 1, \dots, N$ ). Dzieje się tak dlatego, ponieważ w tym przypadku, zainteresowani jesteśmy w zminimalizowaniu niedoboru akceptując ewentualną nadwyżkę. W sytuacji, kiedy łączny popyt na energię elektryczną jest większy od łącznej podaży energii, wystąpienie nadwyżki podaży nad popytem u któregoś z odbiorców (branż) może być skutkiem tylko i wyłącznie błędnej dystrybucji energii elektrycznej.

W procedurze obliczeniowej, stanowiącej w tym przypadku jedynie prostą modyfikację algorytmu simplex, priorytety  $P_1$  (w danym modelu  $P_1$  i  $P_2$ ) czy też iloczyny  $P_1 w_i$  (w danym modelu  $P_2 w_i$  dla  $i = v + 1, \dots, N$ ) spełniają specyficzną rolę. Z jednej strony odgrywają one rolę współczynników  $c_j$  z klasycznej tablicy simpleksowej, z drugiej strony zastępują w niej współczynniki optymalności  $z_j - c_j$ . W tak zmodyfikowanej tablicy simpleksowej optymalizacja odbywa się etapami. To znaczy najpierw optymalizujemy według priorytetu  $P_1$ , następnie  $P_2$  itd. Jednakże dokonując

optymalizacji według następnego priorytetu, nie możemy pogorszyć współczynników optymalizacyjnych priorytetów poprzednich. Procedura kończy się, wówczas gdy dokonaliśmy optymalizacji według ostatniego priorytetu – lub gdy nie możemy przeprowadzić optymalizacji, według któregoś z kolei priorytetu bez pogorszenia współczynników optymalizacyjnych priorytetów poprzednich.

#### 5. Model rozdysponowania energii elektrycznej pomiędzy przedsiębiorstwa w obrębie jednej branży

W pierwszej części naszego dwustopniowego modelu zajmowaliśmy się rozdysponowaniem energii pomiędzy poszczególne branże.

W drugim etapie, traktując przydział energii dla danej branży jako daną, zajmujemy się problemem jak najefektywniejszego wykorzystania energii elektrycznej, patrząc na to zagadnienie od strony efektu produkcyjnego. Takie podejście nakazuje nam traktować energię elektryczną jako środek niezbędny do uruchomienia produkcji.

Wobec tego będziemy mieli do czynienia z relacją typu nakłady-efekty. Wydaje się, że nie istnieje taka polityka, w której wyniki i nakłady byłyby jednocześnie optymalizowane. Na tę metodologiczną bezradność wobec problemu wyznaczania rozwiązania, w którym realizuje się jednocześnie maksymalny efekt i minimalny nakład, wskazywał już O. Lange. I tutaj właśnie jest szerokie pole do stosowania programowania wielokryterialnego. Chodzi bowiem o wyważenie takiej realizacji nakłady-efekty, która by była w danych warunkach optymalna.

Dotychczasowe metody gospodarowania dopuszczały jednoczesne stosowanie obydwu zasad gospodarności, jednakże zdarzały się wypadki, że nie zauważono możliwości obniżki zużycia jakiegoś środka, gdyż przyjęto realizować zasadę maksymalizacji wyników.

Zagadnienie wyjściowe optymalizacji wielokryterialnej jest następujące<sup>16</sup>: na obszarze  $DCR^n$  rozwiązań dopuszczalnych wyznaczonych przez układ nierówności liniowych

<sup>16</sup> K o n a r z e w s k a - G u b a ł a, op. cit., s. 112-123.

$$D = \{X : AX \leq b, X \geq 0\}$$

należy znaleźć rozwiązanie, w którym dwie funkcje liniowe  $f_1$  i  $f_2$  jednocześnie osiągają ekstremum, przy czym:

$$f_1(X) = C^T X \rightarrow \max; \quad f_2(X) = D^T X \rightarrow \min.$$

Tak postawiony problem zagadnienia wyjściowego implikuje sformułowanie następującego nieliniowego zadania programowania wielokryterialnego<sup>17</sup>, znaleźć taki wektor  $X_0$ , spełniający układ ograniczeń, przy którym funkcja

$$K(X) = \frac{f_1(X)}{f_2(X)}$$

osiąga maksimum.

Jako warunek uzupełniający do układu ograniczeń musimy dołączyć zadanie, aby w zbiorze  $D$  nie zniknął mianownik funkcji ilorazowej  $K(X)$ , tj.  $f_2(X) \neq 0$  dla  $X \in D$ . Od strony matematycznej jest to pewne zawężenie zadania; biorąc jednak interpretację ekonomiczną, warunek ten jest zawsze spełniony. Ponieważ funkcja  $f_2(X)$  jest liniowa, a więc i ciągła, w obszarze  $D$  nie zmienia znaku. Możemy także założyć bez ograniczenia ogólność rozważań, że jest to znak "plus", gdyż znak "minus" zawsze możemy odnieść do licznika. Stąd ostateczna postać warunku uzupełniającego:

$$f_2(X) > 0 \text{ dla } X \in D.$$

Jednakże istotnym elementem przedstawionej tu koncepcji maksymalnej efektywności jest przyjęcie założenia o nieograniczonej możliwości kompensacji spadku wartości jednej funkcji-kryterium wzrostem wartości drugiej. Może zaistnieć sytuacja, że dane zagadnienie nie daje podstaw do uznania wzajemnej subtytuacji nakładów i wyników, i wówczas musimy sporządzić informacje uzupeł-

<sup>17</sup> Więcej wiadomości na ten temat można znaleźć w pracy Konarzewskiej - Gubały, op. cit.



niającą o minimalnie zadowalającym poziomie wyników i maksymalnie dopuszczalnej wartości nakładów, tj.:

$$f_1(x) \geq \gamma_1$$

$$f_2(x) \leq \delta_2$$

gdzie:

1 - poziom minimalnie zadowalających wyników,

2 - poziom maksymalnie dopuszczalnych nakładów.

Możemy wówczas otrzymać jednoparametryczne zadanie programowania liniowego o postaci:

$$f_1(x) = C'x \rightarrow \max$$

przy ograniczeniach

$$D = \{x : Ax \leq b, x \geq 0\},$$

$$f_2(x) = d'x = \gamma \quad \text{dla } \gamma > 0,$$

która posiada zbiór rozwiązań optymalnych, odpowiadających określonym poziomom parametru.

Zdecydowaliśmy, że właśnie ta postać jednoparametrycznego zadania programowania liniowego będzie odpowiednią dla problemu rozdziału energii elektrycznej wewnątrz branży. W tym celu musimy zebrać dodatkowe dane, mówiące o osiągnięciu wydajności użytkowania energii elektrycznej przez poszczególne zakłady w obrębie branży. Chodzi tutaj o wskaźnik efektywności zużycia energii elektrycznej. Do tego możemy się posłużyć wskaźnikiem globalnego zużycia energii elektrycznej, wyrażającym stosunek ogólnego zużycia energii do wielkości produkcji. Jeżeli jednak przyjmiemy, że energia elektryczna wykorzystywana w przedsiębiorstwie na cele nieprodukcyjne stanowi mały procent całości, możemy posłużyć się wskaźnikiem technologicznego zużycia energii elektrycznej wyrażającym stosunek zużycia energii na cele produkcyjne (technologiczne) do wysokości produkcji.

W modelu rozdysponowania energii elektrycznej wewnątrz branży posłużyliśmy się odwrotnościami tych wskaźników, czyli współczyn-

nikami efektywności zużycia energii elektrycznej. Zakładając, że ceny są dobrym odzwierciedleniem kosztów produkcji, dla lepszej przejrzystości, słuszne wydaje się ujęcie wartościowe tych współczynników. Biorąc pod uwagę różny poziom tych współczynników w różnych przedsiębiorstwach danej branży oraz nowe zasady ich funkcjonowania, musimy liczyć się z taką sytuacją, że niektóre bardzo energochłonne jednostki w wyniku przeprowadzenia takiego rozdziału energii elektrycznej otrzymałyby jej takie ilości, które negowałyby sens uruchomienia jakiejkolwiek produkcji. Aby do tego nie dopuścić, dając szansę tym przedsiębiorstwom na obniżenie energochłonności, musimy także znać minimalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wszystkich zakładów danej branży. Minimalne, to znaczy takie, które chroniłoby dany zakład przed deficytowością produkcji wpływającą z jej niedostatecznej skali (wynik ograniczeń energetycznych). Dysponując takimi danymi możemy zbudować model maksymalizujący produkcję danej branży przy danej podaży energii elektrycznej. Można to ująć następująco:

$$\max f_1(x) = C_1 x_1 + C_2 x_2 + \dots + C_n x_n$$

przy ograniczeniach

$$f_2(x) = x_1 + x_2 + \dots + x_n = f$$

$$b'_1 \leq x_1 \leq b_1 \quad \text{dla} \quad b_1 \quad i = 1, \dots, n$$

gdzie:

$C_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) - wskaźniki efektywności zużycia energii elektrycznej poszczególnych przedsiębiorstw w obrębie danej branży;

$x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) - przydział energii elektrycznej dla poszczególnych przedsiębiorstw w obrębie danej branży;

$f$  - podaż energii elektrycznej w ramach branży (wyliczana w pierwszym etapie modelu);

$b_1$  ( $i = 1, \dots, n$ ) - popyt na energię elektryczną poszczególnych przedsiębiorstw w obrębie danej branży;

$b'_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) - minimalne zapotrzebowanie energii elektrycznej przedsiębiorstw w obrębie branży.

Powyższy model, możemy zapisać inaczej

$$k(X) = f_1(X) = C'X \rightarrow \max$$

przy ograniczeniach

$$f_2(X) = d'X = f$$

$$b' \leq X \leq b.$$

Spójrzmy teraz na zagadnienie rozdzielania energii elektrycznej w obrębie branży z innego punktu widzenia. W zasadach rozdzielnictwa surowców i materiałów w okresie kryzysu (m. in. energii elektrycznej)<sup>18</sup> znajdujemy między innymi co następuje: "przydziały środków przeznaczane będą na z góry określone cele produkcyjne bądź usługowe".

Popatrzmy zatem na daną branżę jak na zbiór pewnych technologii, dla realizacji których mamy przydzielić pewne ilości energii elektrycznej. Z uwagi na stan kryzysu, w jakim się obecnie znajdujemy, pewne technologie będą priorytetowymi w stosunku do pozostałych (np. wśród produkcji obuwia uprzywilejowana będzie produkcja obuwia dla dzieci i młodzieży). Następnie musimy zadać sobie pytanie, co chcemy uzyskać w obrębie danej branży. Założmy więc, że chcemy maksymalizować wartość wytworzonej produkcji ogółem (np. w cenach zbytu), maksymalizować wartość produkcji priorytetowej oraz minimalizować zużycie energii elektrycznej na realizację technologii niepriorytetowych. Jednocześnie biorąc pod uwagę obecne trudności surowcowe, przy czym interesuje nas wyłącznie energia elektryczna, nie chcielibyśmy dopuścić do zużycia produkcji w sensie asortymentowym. Z tego względu zbiór wszystkich technologii w obrębie danej branży podzielimy na pewne zbiory tworzące jednorodne grupy asortymentowe.  $J_A, J_B, \dots, J_Z$ . Wówczas otrzymamy, że  $J = (J_A, J_B, \dots, J_Z)$ .

<sup>18</sup> Kierunki ...

Dzięki analizie rynku, będziemy mogli oszacować popyt na towary należące do każdej grupy asortymentowej. Uwzględniając ten popyt oraz możliwości energetyczne wewnątrz branży, wprowadzimy do warunków ograniczających modelu warunki zapobiegające spadkowi produkcji z danych jednorodnych grup asortymentowych poniżej ustalonego przez nas poziomu. Możemy zatem zbudować następujący model:

Funkcje kryterium

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^{N_V} C_i x_i \rightarrow \max \text{ dla } i = (1, \dots, N_V).$$

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^{N_k} C_i x_i \rightarrow \max \text{ dla } i = (1, \dots, N_k).$$

$$f_3(x) = \sum_{i=N_{k+1}}^{N_V} x_i \rightarrow \min.$$

przy czym:

$$i = 1, \dots, N_k, N_{k+1}, \dots, N_V,$$

gdzie:

1, ...,  $N_k$  - technologie prioryterowe.

Warunki ograniczające:

$$\sum_{i=1}^{N_V} x_i \leq r,$$

$$\sum_{i \in A} x_i > s_A.$$



$$\sum_{i \in J_B} x_i \geq a_B,$$

$$\vdots$$

$$\sum_{i \in J_Z} x_i \geq a_Z,$$

$$x_j \geq 0.$$

przy czym

$C_i$  - współczynnik efektywności zużycia energii elektrycznej (w ujęciu wartościowym) dla  $i$ -tej technologii  $i = 1, \dots, N_V$ ;

$x_i$  - przydział energii elektrycznej na uruchomienie  $i$ -tej technologii  $i = 1, \dots, N_V$ ;

$J = (J_A, J_B, \dots, J_Z)$  - zbiór jednorodnych grup asortymentowych;

$a_A, \dots, a_Z$  - ilości energii elektrycznej umożliwiające produkcję danego asortymentu na poziomie minimalnym. Ilości te możemy obliczyć mnożąc średni wskaźnik zużycia energii elektrycznej w obrębie danej grupy asortymentowej przez żadaną przez nas minimalną produkcję tej grupy.

Przy tak sformułowanym zadaniu mielibyśmy trudności ze sprecyzowaniem postaci analitycznej kryterium globalnego. Jednakże regułą maksymalnej użyteczności można posłużyć się bez znajomości explicite postaci funkcji użyteczności, a więc także wówczas, kiedy funkcja ta nie jest addytywnie rozdzielona. Koniecznych do rozwiązania problemu optymalizacji wielokryterialowej informacji o funkcji użyteczności dostarcza decydent w trakcie procedury obliczeniowej. Jest to zatem przykład zagadnienia programowania dialogu człowiek-maszyna; programowania konwersacyjnego (interactive programming).

Możemy więc sformułować<sup>19</sup> zadanie wielokryteriowego programowania wypukłego z globalną funkcją kompromisu  $K$ , która jest superpozycją pewnej funkcji użyteczności o nieznannej postaci analitycznej oraz znanej funkcji wektorowej  $F(x)$ :

$$K(x) = u(F(x)) \rightarrow \max, x \in D,$$

gdzie  $D$  jest zbiorem wypukłym i zwartym oraz zakłada się, że funkcja użyteczności  $u$  i każda składowa funkcji  $F$  jest ciągła i różniczkowalna, a funkcja  $K$  jest wklęsła. Zadanie to można rozwiązać przy użyciu algorytmu Franka-Wolfe'a. Algorytm ten, a także konwersacyjny algorytm Franka-Wolfe'a, jak i dalsze wiadomości na ten temat, można znaleźć w pracach Z. Karwackiego, J. Dyer i A. M. Geoffrions, J. Dyer, A. Freinberg<sup>20</sup>.

Zbigniew Karwacki

#### RATIONALIZATION AND EFFECTIVENESS IN USE OF ELECTRIC ENERGY

The article while taking into account the present deficit of electric energy in the Polish economy and new possibilities which can be afforded by the introduced economic reform, indicates some ways of cushioning the effects of the electric energy shortage.

There may be distinguished here two directions of activities aiming at improvement of the situation in the field of using electric energy. The first one of them envisages its rational use. In this part of the article, the author analyzes administrative methods of alleviating the energy crisis, which aim at rational use of electric energy. There is also presented here a model of optimal capacity use, which combined with the listed organizational and administrative measures may largely

<sup>19</sup> Konarzewska - Gubała, op. cit., s. 109-112.

<sup>20</sup> Karwacki, op. cit.; J. Dyer, The Effects of Errors in the Estimation of Gradient on the Frank-Wolfe Algorithm, with Implications for Interactive Programming, "Operations Research" 1974, vol. 22, No 1; A. M. Geoffrion, J. Dyer, A. Freinberg, An Interactive Approach for Multi-Criterion Optimization, with an Application to the Operation of an Academic Department, "Management Science" 1972, vol. 19, No 19.

contribute to "straightening up" the power, consumption curve, and consequently to its optimal consumption.

The other direction of activity is aimed at promoting effective consumption of electric energy. The author proposes here a two-stage model aiming at maximization of effectiveness in consumption of electric energy.

Finally, there are proposed two models in the area of identification of activity pursued by an economic unit in the field of electric power consumption.