

Franciszek BUCHTA

Henryk KOCOT

O PLANOWANIU ROZWOJU SIECI PRZESYŁOWEJ

Streszczenie. Omówiono zakres koniecznych zmian metody analiz rozwoju sieci przesyłowej. Oszacowano rozmiar wymaganego zakresu analizy. Przedstawiono metodę planowania rozwoju sieci przesyłowej, wykorzystującą algorytm programowania dynamicznego. Omówiono w skrócie mikrokomputerowy program ROZWÓJ.

ON PLANNING OF THE ELECTRIC POWER NETWORK DEVELOPMENT

Summary. The range of necessary changes concerned with a methodology of analyses of the electric power network development is discussed. The size of required scope of the analysis is estimated. Basing on the dynamic programming algorithm, a method of planning the electric power network development is presented. The short presentation of the computer program called ROZWÓJ is made.

О ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ СЕТЕЙ

Резюме. Обсуждены необходимые изменения методики анализ развития системных сетей. Сделана приблизительная оценка объема требуемого анализа. Показан метод планирования развития сети использующий алгоритм динамического программирования. Обсуждена, в сокращении, микрокомпьютерная программа ROZWÓJ.

Zmiana zasad finansowania elektroenergetyki zmusza jednostki biorące udział w obrocie energią elektryczną do prowadzenia analiz ekonomicznych. Podejmowanie decyzji inwestycyjnych w warunkach samofinansowania stwarza potrzebę rozeznania konsekwencji ich przyjęcia. Obecny zakres prezentacji wyników analiz rozwoju systemu elektroenergetycznego jest zatem niewystarczający [4,5,6,7]. W celu spełnienia zwiększonych wymagań stawianych koncepcjom

rozwoju konieczna jest zmiana metody planowania wytwarzania, przesyłu i rozdziału energii elektrycznej.

W dziedzinie planowania rozwoju wytwarzania podejmowane są obecnie próby wykorzystania, zalecanego przez Bank Światowy, programu mikrokomputerowego WASP.

Prace zmierzające do zmiany metody planowania rozwoju sieci przesyłowej i 110 kV oraz uzyskania praktycznego narzędzia w postaci programu mikrokomputerowego umożliwiającego prowadzenie takich analiz podjęte zostały w Instytucie Elektroenergetyki i Sterowania Układów (IEiSU) Politechniki Śląskiej przy współpracy z Sekcją Rozwoju Polskich Sieci Elektroenergetycznych SA (PSE SA). Odpowiednie ukierunkowanie tych prac umożliwiłoby wykorzystanie zmienionych metod również w planowaniu rozwoju sieci rozdzielczych.

Wymagane cechy metody analizy wariantów rozwoju sieci są następujące:

- wykorzystanie rachunku ekonomicznego w kryterium badania efektywności inwestycji,
- traktowanie rozwoju sieci jako procesu dynamicznego,
- uwzględnienie niepewności uwarunkowań zewnętrznych rozwoju sieci.

Należy podkreślić, że próby zmian praktycznych metod analizy wariantów rozwoju sieci, uwzględniające powyższe wymagania, były podejmowane już wcześniej. Na przykład w pracy [1] przedstawiona jest metoda kształtowania prawidłowych proporcji w rozwoju sieci rozdzielczych nN, SN i 110 kV, natomiast w pracach [8,9] omówiona jest metoda wyznaczania optymalnej strategii (strategia określona jest przez zmiany stanów sieci w poszczególnych latach) rozwoju sieci rozdzielczych, która mogłaby zostać wykorzystana również do optymalizacji rozwoju sieci przesyłowej. Metody te z wielu powodów, których omówienie w tym miejscu nie jest możliwe, znalazły jedynie sporadyczne zastosowanie w analizie rzeczywistych układów sieciowych. Były wykorzystywane częściej w pracach naukowo-badawczych niż w codziennej praktyce projektowej.

Zastosowanie rachunku ekonomicznego jako podstawowego kryterium optymalizacji rozwoju sieci budzi jeszcze ciągle wątpliwości. Z całą pewnością można stwierdzić, że odrzucenie analizy ekonomicznej, nawet w sytuacji nieustabilizowanej gospodarki, nie zmniejszy ryzyka popełnienia błędu w decyzjach inwestycyjnych. Efektywność zastosowania tego rachunku staje się oczywista w przypadku umożliwienia bieżącej aktualizacji analiz jako odpowiedzi na zmieniające się proporcje cen i oprocentowanie kredytu. Rosnący stopień funkcjonowania elektroenergetyki w uwarunkowaniach rynkowych sprawia, że potrzeba stosowania rachunku ekonomicznego jest coraz bardziej odczuwalna. Wątpliwości wynikają głównie z przekonania, że szybkie dostosowanie koncepcji rozwoju do zmieniających się uwarunkowań ekonomicznych jest niemożliwe. Opracowanie odpowiednich algorytmów optymalizacyjnych oraz wykorzystanie techniki informatycznej prowadzi do znacznego zmniejszenia czasochłonności i pracochłonności analiz rozwojowych. Bieżąca aktualizacja koncepcji rozwoju staje się dzięki temu możliwa, a wykonanie analiz ekonomicznych przestaje budzić wątpliwości.

Dotychczas analiza techniczno-ekonomiczna wariantów rozwoju sieci była prowadzona w warunkach statycznych. Uproszczenie polegające na sprowadzeniu dynamicznego procesu rozwoju sieci do warunków statycznych praktycznie uniemożliwia podjęcie poprawnych decyzji inwestycyjnych. Uproszczenie to było jednak konieczne, gdyż nie istniało narzędzie, za pomocą którego można by prowadzić w praktyce analizę dynamiczną. Jeszcze dzisiaj trudno jest przekonać niektórych specjalistów zajmujących się dotychczas planowaniem rozwoju sieci przesyłowych, że w tej dziedzinie zastosowanie programowania dynamicznego jest możliwe.

Planowanie rozwoju systemu elektroenergetycznego w warunkach tak znacznych przemian gospodarczych jakie dokonują się obecnie w Polsce, na pewno nie jest łatwe. Wyznaczenie prognozy wzrostu zapotrzebowania mocy i energii staje się praktycznie niemożliwe, zmieniają się proporcje cen i oprocentowanie

kredytów, trudny do określenia jest harmonogram wycofań i nowych mocy w elektrowniach oraz poziom obciążenia poszczególnych węzłów sieciowych, nawet w okresach krótkoterminowych.

Koncepcje rozwoju sieci przesyłowych wykonywane były dotychczas dla ściśle określonych uwarunkowań zewnętrznych. Analiza istotności wpływu zmian tych uwarunkowań na strategię rozwoju sieci praktycznie nie była możliwa. Stosowane metody i wykorzystywane narzędzia w postaci autonomicznych programów mikrokomputerowych obliczania rozpiętych mocy i prądów zwarciovych powodowały, że opracowanie koncepcji rozwoju, dla jednych tylko uwarunkowań zewnętrznych, wymagało dużego nakładu pracy. Powtarzanie analiz dla innych uwarunkowań zewnętrznych było w tej sytuacji wykluczone.

Koncepcje rozwoju określane były dla jednej prognozy wzrostu obciążenia, którą komórki rozwojowe elektroenergetyki musiały wcześniej zaakceptować. Dokładność prognozy była zatem czynnikiem warunkującym poprawność opracowanej koncepcji rozwoju sieci. Obecnie postępowanie takie nie może już obowiązywać. Pierwszym powodem jest trudność opracowania wystarczająco dokładnej prognozy zapotrzebowania mocy i energii, zwłaszcza w obecnej sytuacji gospodarczej Polski. Drugim powodem jest konieczność znacznego poszerzenia zakresu informacji w celu podejmowania prawidłowych decyzji inwestycyjnych. Koncepcje rozwoju sieci muszą być zatem wykonane dla różnych przyrostów obciążenia. Konieczna jest informacja o nakładach inwestycyjnych, jakich wymagałaby sieć, aby zmniejszyć ryzyko popełnienia błędu wynikającego z prognozy zapotrzebowania mocy i energii. Konieczne jest także zbadanie możliwości bieżącego dostosowania rozwoju sieci do rzeczywistego wzrostu zapotrzebowania.

W celu zobrazowania wymaganego obecnie zakresu analizy rozwoju sieci można przedstawić następujący przykład.

Założenia:

1. Analizowana jest sieć 400, 220 i 110 kV z terenu Katwickiego Oddziału PSE SA (ok. 700 węzłów sieciowych).

2. Rachunek ekonomiczny obejmuje tylko koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne stałe i zmienne.
3. Analiza techniczna sprowadza się tylko do sprawdzania obciążalności długotrwałej linii i transformatorów.
4. Rozważanych jest tylko 5 różnych inwestycji sieciowych.
5. Zasada n-1 obejmuje tylko 10 elementów sieciowych.
6. Okres analizy wynosi 20 lat.
7. Analiza techniczno-ekonomiczna wykonywana jest w odstępach pięcioletnich.
8. Uwarunkowania zewnętrzne obejmują graniczne wartości:
 - rocznych przyrostów obciążenia,
 - lokalnych przyrostów obciążenia wynikających z rozwoju przemysłu,
 - wycofań i nowych mocy w elektrowniach,
 - jednostkowych kosztów inwestycyjnych oraz wskaźników kosztów mocy i energii.

Liczba wariantów rozwoju sieci w przypadku rozważania pięciu różnych inwestycji jest równa

$$1 + \sum_{i=1}^5 \binom{5}{i} = 32$$

Liczba koniecznych do obliczenia rozpiętów mocy w okresie analizy, wynikająca z uwzględnienia zasady n-1 oraz wykonywania analizy w odstępach pięcioletnich, wynosi

$$5 \cdot 32 \cdot 11 = 1760.$$

Jeśli wykorzystać algorytm programowania dynamicznego, liczba analizowanych zmian stanów sieci w przypadku 32 wariantów rozwoju jest równa

$$32 \cdot 4 = 128.$$

Należy zaznaczyć, że bez wykorzystania algorytmu programowania dynamicznego liczba ta wynosiłaby

$$32^4 = 1048576.$$

Jeśli przeprowadzić analizę dla różnych uwarunkowań zewnętrznych rozwoju sieci, to:

- liczba koniecznych do obliczenia rozpiętów wzrosłaby do

$$1760 \cdot 2^4 = 28160,$$

- liczba analizowanych zmian stanów wynosiłaby natomiast

$$128 \cdot 2^4 = 2048.$$

Należy pamiętać, że z każdym rozpięciem mocy związana jest analiza przekroczeń obciążalności długotrwałej elementów sieciowych oraz obliczenie strat mocy i energii. Dla każdej zmiany stanów sieci należy natomiast obliczyć jej koszt, a dla każdego roku analizy i każdego wariantu rozwoju należy, zgodnie z algorytmem programowania dynamicznego, określić optymalną zmianę stanów sieci.

Uzyskane liczby koniecznych do przeprowadzenia analiz określają rozmiar wymaganego zakresu analizy na poziomie minimalnym. Przyjęte założenia nie uwzględniają bowiem jeszcze wielu czynników zwiększających ten zakres, np. analizy prądów zwarciovych, analizy napięć w węzłach sieci, kosztu nieciągłości zasilania, zmian w układzie sieciowym wynikających z przyjętych już do realizacji inwestycji itp. Prowadzenie analizy w odstępach pięcioletnich zwykle nie jest wystarczające, a liczba rozważanych inwestycji sieciowych jest dużo większa od 5. Wszystko to powoduje, że rzeczywisty rozmiar analizy jest znacznie większy od tego, który oszacowany został w przykładzie.

Nie ulega zatem wątpliwości, że za pomocą dotychczas wykorzystywanych narzędzi w postaci autonomicznych programów mikrokomputerowych obliczania rozpiętu mocy i prądów zwarciovych realizacja wymaganego zakresu analizy nie

jest możliwa. Konieczna jest zmiana metody prowadzenia analiz rozwojowych oraz stworzenie wygodnych narzędzi ich wykonywania.

Opracowywany w IEISU Politechniki Śląskiej wspólnie z Sekcją Rozwoju Oddziału Katowickiego PSE SA program mikrokomputerowy ROZWÓJ realizuje już wiele funkcji praktycznego narzędzia wykonywania analiz rozwojowych wg zmiennej metody.

Zadanie optymalizacyjne rozwiązywane za pomocą programu ROZWÓJ można sformułować następująco.

Dany jest stan początkowy sieci 400, 220 i 110 kV w postaci normalnego układu pracy, przygotowanego przez Obszarową Dyspozycję Mocy PSE SA. Zadane są uwarunkowania zewnętrzne rozwoju sieci obejmujące: roczne przyrosty obciążenia, harmonogram wycofań i nowych mocy w elektrowniach, zmiany w układzie sieciowym wynikające z przyjętych już do realizacji inwestycji, koszty jednostkowe itp. Określone są warianty rozwoju sieci. Zadanie optymalizacyjne polega na wyznaczeniu takiej strategii rozwoju, która zapewnia najmniejszy koszt przesyłu mocy w okresie analizy przy spełnieniu ograniczeń technicznych.

Kryterium optymalizacyjne przyjmuje następującą postać

$$K = \min \left\{ \sum_{t=1}^N \left[K_1(t) + K_S(t) + K_Z(t) + K_1(t) \right] - W(N) \right\} \quad (1)$$

gdzie:

K - koszt optymalnego rozwoju sieci,

$K_1(t)$ - koszt inwestycyjny obiektów przekazywanych do eksploatacji w roku t ,

$K_S(t)$ - roczny koszt eksploatacyjny stały,

$K_Z(t)$ - roczny koszt eksploatacyjny zmienny,

$K_1(t)$ - koszt wynikający z likwidacji obiektu w roku t ,

$W(N)$ - wartość inwestycyjna obiektu w roku końcowym analizy,

N - okres analizy,

t - rok analizy.

Koszt $K_1(t)$ uwzględniający zamrożenie kapitału inwestycyjnego jest równy

$$K_1(t) = \sum_{\phi=t'}^{t-1} K_n(\phi) d^{-\phi} \quad (2)$$

gdzie:

$K_n(\phi)$ - nakład inwestycyjny ponoszony w roku ϕ ,

t' - rok rozpoczęcia realizacji inwestycji,

ϕ - rok realizacji inwestycji (kolejny rok analizy),

d - współczynnik dyskonta, $d=1+p$ gdzie p jest stopą rozszerzeniową.

Koszt $K_S(t)$ można określić ze wzoru:

$$K_S(t) = (r_u + r_p) d^{-t} \sum_{\phi=t'}^{t''} K_n(\phi) \quad (3)$$

gdzie:

r_u - współczynnik udziału kosztu utrzymania,

r_p - współczynnik udziału pozostałych kosztów eksploatacyjnych,

t'' - rok zakończenia realizacji inwestycji.

Sposób obliczania kosztu eksploatacyjnego stałego wg wzoru (3) wymaga krótkiego komentarza.

Rozpatrywanie rozwoju sieci w sposób dynamiczny stwarza konieczność możliwie dokładnego odwzorowania rzeczywistych kosztów ponoszonych w poszczególnych latach analizy. Przyjęcie stałego kosztu utrzymania w okresie eksploatacji obiektu nie odwzorowuje, oczywiście, dokładnie kosztów rzeczywistych. Obserwacja poniesionych kosztów utrzymania wykazuje, że w ciągu kilku pierwszych lat eksploatacji obiektu koszty te są stosunkowo duże, w następnych co najmniej kilkunastu latach są mniejsze i zwiększają się w końcowych latach eksploatacji obiektu.

Warunkiem zastosowania algorytmu programowania dynamicznego jest brak pamięci procesu rozwoju sieci. Oznacza to, że koszt zmiany stanu sieci w roku t nie może zależeć od zmian stanów do roku $t-1$. Wprowadzenie jakiej-

kolwiek zależności kosztu utrzymania od okresu eksploatacji obiektu jest zatem z tego powodu niemożliwe. Należy jednak zauważyć, że odnosi się to jedynie do nowych obiektów uruchamianych w okresie analizy. Koszt utrzymania zależałby bowiem wtedy od roku przekazania obiektu do eksploatacji.

Przyjęcie stałego kosztu utrzymania powoduje w takich przypadkach jego niewielkie zniżenie w początkowych latach eksploatacji obiektu i niewielkie zawyżenie w następnych kilkunastu latach eksploatacji. Uwzględniając jednak inne błędy popełniane przy wyznaczaniu kosztów wchodzących w skład funkcji kryterialnej, wynikające przede wszystkim z trudności wyznaczenia prawidłowej prognozy wzrostu zapotrzebowania mocy i energii, można uznać, że przyjęcie stałego kosztu utrzymania na wybór strategii rozwoju sieci nie będzie mieć istotnego wpływu. Należy także podkreślić, że w dotychczas wykonywanych analizach założenie stałego kosztu utrzymania przyjmowane było powszechnie. Trudno jest również zbadać wpływ tego założenia na wybór strategii rozwoju sieci, gdyż trzeba pamiętać, że wprowadzenie zależności kosztu utrzymania od okresu eksploatacji uniemożliwia zastosowanie do rozwiązania zadania algorytmu programowania dynamicznego.

Rzeczywista wartość kosztu utrzymania ma natomiast duże znaczenie w analizie wyboru terminu likwidacji wyeksploatowanego już obiektu, dla którego koszty te wyraźnie zwiększają się. W takich przypadkach okres analizy nie obejmuje roku przekazania obiektu do eksploatacji, a zatem uwzględnienie zależności kosztu utrzymania od okresu eksploatacji nie wprowadza pamięci do procesu rozwoju sieci. Rzeczywiste koszty utrzymania dla kolejnych lat eksploatacji obiektu można zatem wprowadzić bezpośrednio do funkcji kryterialnej. Problem polega jedynie na określeniu tych kosztów. Jeśli nie są one znane, proponuje się przybliżyć je za pomocą zależności wykładniczej

$$K_s(t) = \left[\alpha r_u (1+w)^{M'+t+r_p} \right] K_1 d^{-t} \quad (4)$$

gdzie:

α - współczynnik początkowego kosztu utrzymania,

w - roczny przyrost kosztu utrzymania,

M' - okres eksploatacji obiektu do roku $t=0$,

K_1 - koszt inwestycyjny obliczony wg cen nowych obiektów.

Współczynnik α początkowego kosztu utrzymania wynika z warunku równości sumarycznych kosztów utrzymania obliczonych przy założeniu stałego rocznego odpisu od kosztów inwestycyjnych oraz odpisu zwiększającego się wg zależności wykładniczej. Współczynnik ten jest wtedy równy

$$\alpha = \frac{\sum_{\vartheta=1}^M d^{-\vartheta}}{\sum_{\vartheta=1}^M \left(\frac{1+w}{d} \right)^{\vartheta}} \quad (5)$$

gdzie M jest przewidywanym okresem eksploatacji obiektu (do ewentualnego kapitalnego remontu - okres ten powinien być przyjmowany jako wartość normalna).

Przybliżenie rzeczywistych kosztów utrzymania w ostatnich latach eksploatacji obiektu zależnością wykładniczą (4) wymaga, oczywiście, weryfikacji statystycznej. Zagadnienie to wykracza poza zakres niniejszego artykułu. W tym miejscu należy jedynie stwierdzić, że odpowiednie badania zostały już podjęte.

Roczny koszt eksploatacyjny zmienny można obliczyć ze wzoru

$$K_z(t) = \sum_{j=1}^3 \left[(\delta_j k_{Pj} + \tau k_{Aj}) \Delta P'_j + (k_{Pj} + 8760 k_{Aj}) \Delta P''_j \right] d^{-t} \quad (6)$$

gdzie:

$\Delta P'$ - szczytowe wzdłużne straty mocy,

$\Delta P''$ - poprzeczne straty mocy w transformatorach,

k_P - wskaźnik kosztów stałych (mocy),

k_A - wskaźnik kosztów zmiennych (energii),

τ - czas maksymalnych strat,

δ_j - udział szczytowych strat sieci j w szczycie systemu,

j - indeks oznaczający sieć: 1-sieć 110 kV, 2-sieć 220 kV, 3-sieć 400 kV.

Koszt $K_1(t)$ wynikający z likwidacji obiektu w roku t można określić jako

$$K_1(t) = (K_1 - K_{10}) \left(1 - \frac{r_M}{r_t}\right) d^{-M'} \quad (7)$$

gdzie:

K_{10} - koszt inwestycyjny urządzeń nadających się do wykorzystania w innych obiektach obliczony wg cen nowych urządzeń,

r - współczynnik odzysku kapitału inwestycyjnego.

Współczynnik r_M i r_t we wzorze (7) są równe:

$$r_M = \frac{pd}{d^M - 1}, \quad r_t = \frac{pd}{d^{M'+t} - 1}. \quad (8)$$

W przypadku różnych okresów M' i M'' urządzeń likwidowanego obiektu, wzór (7) może zostać odpowiednio uszczegółowiony.

Wartość inwestycyjna $W(N)$ obiektu w roku końcowym analizy jest równa

$$W(N) = K_1(t) \left(1 - \frac{r_M}{r_N}\right) d^{-t} \quad (9)$$

gdzie t jest rokiem przekazania obiektu do eksploatacji, a r_N obliczany jest ze wzoru

$$r_N = \frac{pd}{d^{N-t} - 1}. \quad (10)$$

Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego wykorzystano algorytm programowania dynamicznego. Wybór optymalnej zmiany stanu sieci dokonywany jest na każdym etapie procesu rozwoju i dla wszystkich analizowanych wariantów sieci, wg kryterium

$$\min_k \left[K_k(t-1) + \Delta K_k(t) \right], \quad k = 1, 2, 3, \dots, L_{t-1} \quad (11)$$

gdzie:

$K_k(t-1)$ - koszt optymalnego rozwoju sieci do roku $t-1$, umożliwiający uzyskanie stanu k ,

$\Delta K_k(t)$ - koszt zmiany stanu k sieci w roku $t-1$ na analizowany stan w roku t ,

L_{t-1} - liczba wszystkich możliwych stanów sieci w roku $t-1$.

Strategia optymalna rozwoju złożona jest ze zmian stanów spełniających kryterium (11), które zapewniają najmniejszy koszt sumaryczny

$$K(N) = \min_k K_k(N). \quad (12)$$

Szczegółowy opis obecnej wersji programu mikrokomputerowego ROZWÓJ podany jest w pracy [2]. W tym miejscu należy stwierdzić, że uzyskana już wersja programu nadaje się do wykorzystania w praktycznych obliczeniach. Sekcja Rozwoju Katowickiego Oddziału PSE SA wykonała za pomocą tego programu obszerną analizę wariantów rozwoju sieci w rejonie stacji 220/110 kV Blachownia [3]. Uzyskane wyniki potwierdziły w pełni przydatność tego programu w planowaniu rozwoju rzeczywistych układów sieciowych wg zmienionej metody.

Do podstawowych zalet programu ROZWÓJ można zaliczyć:

- kosztowe kryterium optymalizacji (rachunek ekonomiczny),
- analiza rozwoju układu sieciowego w warunkach dynamicznych,
- automatyczna zmiana warunków pracy sieci w okresie analizy,
- automatyczna selekcja przekroczeń ograniczeń technicznych w procesie rozwoju sieci oraz automatyczne eliminowanie stanów niedopuszczalnych,
- wskazanie optymalnej, ze względu na sformułowane kryterium, strategii rozwoju sieci,
- możliwość prowadzenia szerokich analiz wariantowych dla różnych uwarunkowań zewnętrznych rozwoju sieci.

Realizowany obecnie drugi etap pracy umożliwi rozszerzenie zakresu funkcji programu ROZWÓJ, obejmujące następujące zagadnienia:

- ocena warunków zwarciovych na podstawie wymagań normatywnych i analizy probabilistycznej,
- obliczanie wskaźników nieciągłości zasilania oraz uwzględnienie kosztów nieciągłości zasilania w kryterium optymalizacyjnym,
- analiza stabilności przesyłu,
- integracja z graficzno-tekstową bazą danych, umożliwiającą graficzną ilustrację układu normalnego sieci, graficzny sposób zadawania wariantów rozwoju sieci oraz graficzną wizualizację wyników (rozpięty mocy, prądu zwarciove, napięcia, strategie rozwoju sieci itp.).

Realizacja drugiego etapu pracy umożliwi uzyskanie praktycznego narzędzia wykonywania koncepcji rozwoju sieci, spełniającego obecne wymagania elektroenergetyki. Opracowanie wersji wdrożeniowej programu, realizującej pełny zakres funkcji, przewidywane jest na przełomie 1992 i 1993 roku.

LITERATURA

- [1] Buchta F.: Podział środków finansowych na rozwój sieci rozdzielczych. Energetyka nr 10, 1985.
- [2] Buchta F., Kocot H.: Program mikrokomputerowy analizy wariantów rozwoju sieci - etap I. IR SEP, Katowice 1991 (praca niepublikowana).
- [3] Buchta F. i inni: Analiza wyboru układu pracy stacji 220/110 kV Blachownia (po awarii zaistniałej w dniu 20.09.1991 r.). Oddział Katowicki PSE SA, Katowice 1991 (praca niepublikowana).
- [4] Praca zbiorowa: Koncepcja rozwoju sieci elektroenergetycznej 110 kV ZEOPd do 2000 roku. Energoprojekt Poznań, 1982-1984 (praca niepublikowana).
- [5] Praca zbiorowa: Program rozbudowy krajowej sieci 400 i 220 kV w latach 1991-1997. Energoprojekt Kraków, 1990 (praca niepublikowana).
- [6] Prognozowany zakres rozbudowy krajowej sieci przesyłowej na tle spodziewanych możliwości pokrycia zapotrzebowania na moc i energię elek-

tryczną w perspektywie 2010 r. Praca zbiorowa. Instytut Energetyki Warszawa, 1990 (praca niepublikowana).

- [7] Analiza celowości dalszego utrzymania transformacji 220/110 kV w stacjach Blachownia i Groszowice. Praca zbiorowa. Energoprojekt Kraków, 1991 (praca niepublikowana).
- [8] Sobieszkański S., Skonieczny J., Wolnik K.: Analiza celowości zmiany napięcia z 15 na 20 kV w wybranym obszarze. Energetyka nr 9, 1971.
- [9] Sobieszkański S.: Metodyka obliczeń ekonomicznych w optymalizacyjnych badaniach sieci rozdzielczych. Energetyka nr 2, 1977.

Recenzent: doc. dr inż. Stefan Sobieszkański

Wpłynęło do redakcji dnia 10 lutego 1992 r.

ON PLANNING OF THE ELECTRIC POWER NETWORK DEVELOPMENT

A b s t r a c t

The change of the financing principles in Polish electric power sector competes companies taking part in electric energy turnover to make the economic analysis. The necessity to guarantee financial means for the power system development changed substantially requirements for the power grid development planning.

These requirements include:

- use of the economic account in criterion of investment effectiveness,
- treatment of the power grid development as a dynamic process,
- necessity to take into consideration the grid development external conditions uncertainty.

The paper presents the method of power grid development planning, making possible present demand realization. The criterion of optimization is minimum of the grid development of total costs, including: investment costs,

operation costs, grid loss costs, savings achieved during old equipment dismantling. The optimization task depends on the strategy choice of the power grid development, which secure minimum grid development costs under the technical limit conditions (the strategy is defined by grid condition changes in paricular years).

Dynamic programming algorithm solution is utilised to the optimization task.

In the paper the microcomputer program "ROZWÓJ" is described. It makes easier practical analysis of variants of the power grid development according to the changed methodology.

The first use of the program development planning of real grid configuration is shown.