

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

8 (261)

1988

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 28

WARSZAWA 1988

NR 8/261/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy działów:

doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz
Montaż tekstu: techn. Grażyna Woźnica

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 1988.09.13.
Druk ukończono w grudniu 1988 r.

SPIS TREŚCI

Janusz Maliszewski

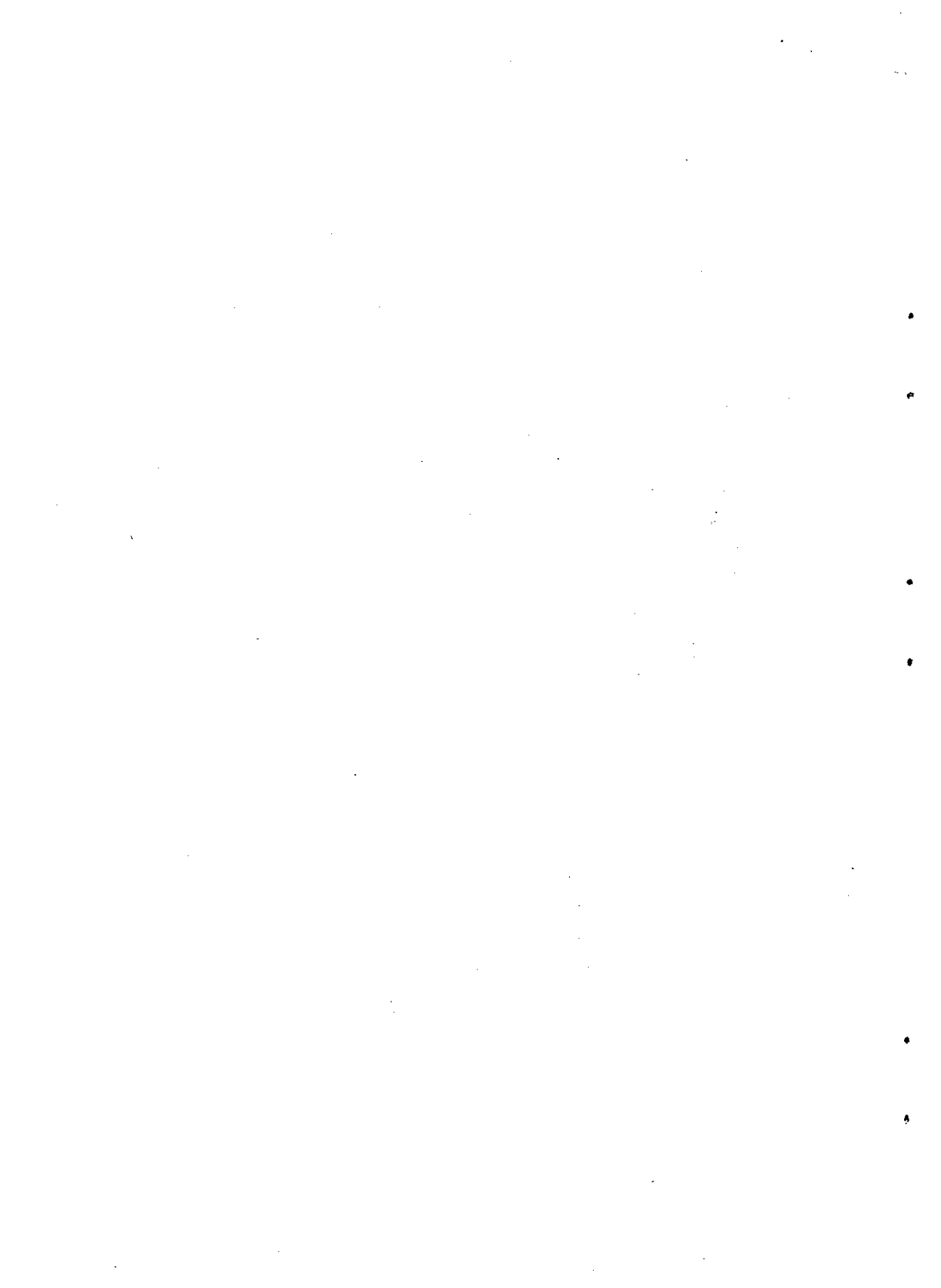
METODA MODELOWYCH BADAŃ OPTYMALIZACYJNYCH STRATEGII KIEROWANIA RUCHU, STRUKTURY I KONFIGURACJI KRAJOWEJ SIECI ACMM

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Zastosowany model krajowej międzymiastowej sieci telefonicznej	3
3. Krótka definicja zadania optymalizacji	7
4. Metoda rozwiązania zadania	9
5. Pakiet programów komputerowych	13
6. Zakończenie	19
Wykaz literatury	19
Wykaz oznaczeń	20

Franciszek Kamiński, Jerzy Trechoński

STRATEGIE I METODY TWORZENIA CYFROWEJ SIECI TELEFONICZNEJ

	Str.
1. Wprowadzenie	23
2. Strategie tworzenia sieci cyfrowej	25
3. Metody tworzenia sieci cyfrowej	26
4. Charakterystyka stosowanych koncepcji cyfryzacji w niektórych krajach	31
5. Zasady cyfryzacji strefowych sieci tele- fonicznych w Polsce	35
Wykaz literatury	41



**METODA MODELOWYCH BADAŃ OPTIMALIZACYJNYCH
STRATEGII KIEROWANIA RUCHU, STRUKTURY I KONFIGURACJI
KRAJOWEJ SIECI ACMM**

1. WPROWADZENIE

Planowanie sieci telekomunikacyjnej [1] jest iteracyjnym procesem, obejmującym kompleks wielu wzajemnie powiązanych cząstkowych zadań planistycznych. Na planowanie składają się operacje: prognozowania, optymalizacji i wymiarowania. W krajach rozwiniętych procesy planowania są wspierane potężnymi systemami cyfrowymi, obejmującymi bogate bazy danych sieciowych [2]. Wśród całego repertuaru metod planowania sieci znajdują się również naukowe metody optymalizacji inwestycji telekomunikacyjnych, metody racjonalnego wymiarowania instalowanego w sieci sprzętu oraz metody prognozowania przyszłych potrzeb użytkowników sieci. Omawiane metody umożliwiają określenie racjonalnej ekonomicznie drogi rozbudowy sieci, drogi prowadzącej do wytyczonego stanu rozwoju docelowego sieci. Stan docelowy rozwoju sieci był opracowywany - dotychczas, z zasady, metodami eksperckimi - przez ekspertów o dużym autorytecie w dziedzinie telekomunikacji.

Prezentowaną poniżej metodę optymalizacyjnych badań modelowych - umożliwiającą racjonalizację podstawowych parametrów sieci telefonicznej - opracowano w Instytucie Łączności w ramach realizowanych fragmentów planowania strategicznego, dotyczącego krajowej międzymiastowej sieci telefonicznej. Pracę metodologiczną podjęto w celu zbudowania numerycznych narzędzi planistycznych, umożliwiających racjonalizację wariantu docelowego procesu rozwoju krajowej sieci ACMM [3]. Wariant taki wyznacza główny cel wszystkich działań planistycznych i powinien stanowić podstawę wszystkich planów i projektów rozwojowych sieci. Trafny wybór odpowiedniego wariantu umożliwia prawidłowe określenie drogi rozwoju sieci krajowej, drogi prowadzącej do zamierzonego stanu całko-

witej jej automatyzacji. Poprzez wykorzystanie prezentowanych w tym artykule wyników pracy, tj. poprzez zastosowanie opracowanego pakietu programów komputerowych, stało się możliwe przeprowadzenie modelowych badań optymalizacyjnych, dotyczących wariantu docelowego procesu rozwoju krajowej sieci ACMM. W wyniku tych badań określono warunki techniczne i ekonomiczne dla znacznego obniżenia wymaganych nakładów inwestycyjnych potrzebnych do zrealizowania całkowicie automatycznej, międzymiastowej sieci telefonicznej kraju [4, 5, 6].

Inną, nie mniej ważną zaletą - prezentowanej metody racjonalizacji struktury hierarchicznej, konfiguracji i strategii kierowania ruchem planowanych sieci telefonicznych oraz odpowiadającego jej pakietu programów komputerowych - jest możliwość generowania takich wariantów planowanych sieci, które charakteryzują się znakomitymi parametrami jakościowymi, zarówno w sensie obsługi ruchu i odporności sieci na przeciążenia ruchowe, jak i w sensie strukturalnej ich niezawodności [4 ÷ 7].

Wszystkie zalety jakościowe uzyskanych wariantów docelowych rozwoju krajowej sieci ACMM nie wymagają dodatkowych /w stosunku do dotychczasowych koncepcji rozwoju sieci/ nakładów finansowych oraz żadnego dodatkowego sprzętu technicznego, a wynikają jedynie z wyliczonej /odpowiedniej dla warunków polskich/, specjalnej organizacji logicznej krajowej sieci telefonicznej. Organizacja taka - w przeciwieństwie do proponowanych dotychczas rozwiązań - nie obciąża sieci nadmiernymi wymaganiami komutacyjnymi oraz nie wnosi do sieci zbędnych wydłużeń zestawianych w warstwie teletransmisyjnej połączeń telefonicznych.

W artykule obok omówienia prezentowanej metody badań przedstawiono także charakterystykę pakietu programów komputerowych, realizujących zaproponowaną metodę racjonalizacji struktury hierarchicznej, konfiguracji i strategii kierowania ruchem sieci ACMM.

Na system cyfrowy, realizujący numerycznie omawianą metodę badań optymalizacyjnych sieci, składa się kilka programów

komputerowych wykonujących szereg typowych dla procesu planowania sieci funkcji użytkowych, zamkniętych w formę modułów programowych. Moduły takie mogą znaleźć zastosowanie w wielu innych fazach /niż wspomniane zadanie racjonalizacji obrazu docelowego rozwoju sieci ACMM/ i na wielu innych poziomach procesu planowania czy projektowania sieci telekomunikacyjnych [2]. Jednym z ograniczeń rozszerzenia obszaru ich zastosowań jest powszechnie odczuwany brak odpowiednio szczegółowych baz danych sieciowych. Innym ograniczeniem ich zastosowania jest anachroniczna dziś nieufność środowiska polskich planistów w stosunku do sprzętu i metod komputerowych. Między innymi prezentowany pakiet obejmuje następujące moduły:

- wyznaczania sieci wiązek łącz telefonicznych;
- optymalizacji obszarów obsługi central;
- optymalizacji lokalizacji central;
- określania jakości obsługi zgłoszeń abonentów;
- wyznaczania macierzy strumieni ruchu oferowanego, obsłużonego i przelewanego poszczególnych płaszczyzn sieci;
- wymiarowania urządzeń sieci itp.

Niniejsze opracowanie składa się z wprowadzenia, trzech punktów merytorycznych i zakończenia. Punkt pierwszy zawiera opis zastosowanego modelu matematycznego sieci ACMM. Z kolei w punkcie drugim przedstawiono metodę racjonalizacji struktury hierarchicznej, konfiguracji i strategii kierowania ruchem sieci ACMM. Natomiast w punkcie trzecim zamieszczono opis pakietu programów, numerycznie realizujących omawianą metodę racjonalizacji parametrów sieci ACMM.

2. ZASTOSOWANY MODEL KRAJOWEJ MIĘDZYMIASTOWEJ SIECI TELEFONICZNEJ

Przy rozwiązywaniu zadania optymalizacji ekonomicznej docelowej struktury hierarchicznej, konfiguracji oraz strategii kierowania ruchem sieci ACMM - problemu wchodzącego w zakres merytoryczny strategicznego planowania rozwoju sieci - posłużymy się następującym modelem krajowej, międzymiastowej sieci telefonicznej. Mianowicie w modelu tym przyjęto,

ze krajową, międzymiastową, automatyczną sieć telefoniczną opisują: - macierze: A , Y , R_k , R_z , P_z , P_w i W , - zbiory: Z_k , Z_z , Z_w i T , - graf G , - strategia kierowania ruchu S , wymagania jakościowe J oraz model inwestycyjnych kosztów jednostkowych K_1 . Znaczenie wyżej wymienionych symboli jest następujące:

- Z_k - oznacza zbiór z_k telefonicznych central końcowych rozważanej krajowej, międzymiastowej sieci telefonicznej, to znaczy zbiór central generujących i odbierających ruch telefoniczny ($Z_k = \{z_k \mid z_k = 1, \dots, n_k\}$, gdzie n_k oznacza liczbę central końcowych sieci).
- Z_z - oznacza zbiór z_z telefonicznych central tranzytowych pierwszego poziomu tranzytowego rozważanej sieci telefonicznej ($Z_z = \{z_z \mid z_z = 1, \dots, n_z\}$, gdzie n_z oznacza liczbę central tranzytowych pierwszego poziomu tranzytowego central instalowanych w sieci).
- Z_w - oznacza zbiór z_w telefonicznych central tranzytowych drugiego poziomu tranzytowego rozważanej sieci telefonicznej ($Z_w = \{z_w \mid z_w = 1, \dots, n_w\}$, gdzie n_w oznacza liczbę central tranzytowych drugiego poziomu tranzytowego central instalowanych w sieci).
- R_k - oznacza macierz opisującą obszary obsługi central tranzytowych z_z ($R_k = \left[(r_k)_i \right]_{n_k}$, gdzie $(r_k)_i = j$; $i \in Z_k$, $j \in Z_z$ - oznacza, że i -ta z_k jest zlokalizowana w obszarze obsługi j -tej z_z).
- R_z - oznacza macierz opisującą obszary obsługi central tranzytowych z_w ($R_z = \left[(r_z)_i \right]_{n_z}$, gdzie $(r_z)_i = j$; $i \in Z_z$, $j \in Z_w$ - oznacza, że i -ta z_z zlokalizowana została w obszarze obsługi j -tej z_w).
- P_z - oznacza macierz opisującą lokalizację central tranzytowych z_z ($P_z = \left[(p_z)_i \right]_{n_z}$, gdzie $(p_z)_i = j$ dla $i \in Z_z$ oraz $j \in Z_k$ oznacza, że i -ta z_z została zlokalizowana w punkcie lokalizacji j -tej z_k).

- P_w - oznacza macierz opisującą lokalizację central tranzytowych z_w ($P_w = [(p_w)_i]_{n_w}$, gdzie $(p_w)_i = j$ dla $i \in Z_w$ oraz $j \in Z_k$ oznacza, że i -ta z_w została zlokalizowana w punkcie lokalizacji j -tej z_k).
- G - oznacza graf sieci teletransmisyjnej, w której będą przebiegać wiązki łączy rozwiązanej sieci telefonicznej. Jako elementy tego grafu występują dwa zbiory. Pierwszy W_G to jest zbiór wierzchołków grafu, składający się z sumy $Z_k \cup Z_z \cup Z_w \cup Z_t$, gdzie Z_t jest to dodatkowy zbiór w stosunku do opisanych już zbiorów Z_k , Z_z i Z_w . Mianowicie, Z_t jest to zbiór opisujący węzły teletransmisyjne ($Z_t = \{z_t \mid z_t = n_k + 1, \dots, n\}$, gdzie n jest liczbą wierzchołków grafu sieci teletransmisyjnej, $n_t = n - n_k$ jest liczbą węzłów teletransmisyjnych sieci). Drugim natomiast elementem grafu jest L , czyli zbiór krawędzi grafu opisujący linie teletransmisyjne. Elementami tego zbioru są ozwórki $\langle w_{G1}, w_{G2}, d_{w_{G1}, w_{G2}}, x \rangle$, gdzie w_{G1} opisuje wierzchołek początkowy krawędzi, w_{G2} jej wierzchołek końcowy, $d_{w_{G1}, w_{G2}}$ - długość krawędzi grafu łączącej w_{G1} i w_{G2} oraz x - pojemność krawędzi. $D = [d_{i,j}]_{n \times n}$ - zawiera macierz odległości grafu G .
- A - oznacza macierz oferowanego sieci obciążenia ruchowego $A = [a_{i,j}]_{n_k \times n_k}$, gdzie $a_{i,j}$ oznacza wartość średnią ruchu telefonicznego oferowanego sieci w relacji telefonicznej wychodzącej z centrali nadawczej i oraz docierającej do centrali odbiorczej j .
- Y - oznacza macierz wiązek łączy wymaganych przez inne, pozatelefoniczne warstwy sieci ($Y = [y_{i,j}]_{n \times n}$, gdzie $y_{i,j}$ oznacza liczbę łączy w wiązce łączy prowadzonych z węzła i sieci do węzła j tej sieci).
- S - oznacza realizowaną w rozwiązanej sieci telefonicznej strategię kierowania ruchu.

- T - oznacza zbiór parametrów ruchowo-technicznych opisujących konfigurację sieci. Jako elementy tego zbioru występują następujące parametry: p_2 - minimalna wartość natężenia ruchu wiązek łączy pracujących z małymi stratami ruchu, p_1 - minimalna wartość natężenia ruchu wiązek łączy wysokiego wykorzystania, s_m - nominalna wartość współczynnika strat ruchu wiązek łączy pracujących z małymi stratami, s_w - nominalna wartość współczynnika przelewu ruchu wiązek łączy wysokiego wykorzystania.
- M - oznacza wyznaczaną macierz wiązek łączy rozwiązywanej sieci telefonicznej ($M = [m_{i,j}]_{n \times n}$).
- U - oznacza wyznaczoną macierz wymaganych pojemności central komutacyjnych sieci ($U = [u_i]_n$).
- W - oznacza realizowany przez sieć teletransmisyjną sposób kierowania wiązek łączy w sieci teletransmisyjnej ($W = [w_{i,j,l,i}]_{n \times n \times m \times n}$, gdzie $w_{i,j,l,i} = x$ oznacza, że l-tym węzłem l-tej drogi wiązki łączy prowadzonej z węzła i do węzła j jest węzeł x).
- J - oznacza przyjęte kryterium jakości sieci.
- K_1 - oznacza model kosztów jednostkowych urządzeń telekomunikacyjnych. Na przykład, w najprostszym przypadku na parametry tego modelu składają się: współczynniki k_{1u} , czyli uśredniony, jednostkowy, inwestycyjny koszt węzłowy sieci /związany z instalacją jednego zakończenia łącza w centralach sieci/ oraz k_{1l} , czyli uśredniony, jednostkowy, inwestycyjny koszt liniowy sieci /związany z instalacją jednego kilometra łącza telefonicznego/.

Powyżej przedstawiono wszystkie najważniejsze, z punktu widzenia wymagań związanych ze spójnością niniejszego opracowania - elementy modelu międzydzielnicowej sieci telefonicznej kraju. Nie zostały opisane wprost macierze zawierające logikę sieci wiązek telefonicznych, tj. macierze wiązek łączy poszczególnych płaszczyzn sieci hierarchicznej /opuszczono opis dwudziestu macierzy wiązek łączy/ oraz macierze

ruchu oferowanego, obsługowanego i odrzucanego tych płaszczyzn /w zależności od przyjętego modelu opisu ruchu może być tych macierzy trzydzieści sześć, siedemdziesiąt dwie lub więcej/.

3. KRÓTKA DEFINICJA ZADANIA OPTIMALIZACJI

Uwzględniając wprowadzone oznaczenia modelu sieci ACM, możemy zapisać, że koszt inwestycyjny sieci jest funkcją następujących jej parametrów:

$$k = f(A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1) \quad /1/$$

Ponieważ wiele z powyżej wymienionych parametrów krajowej sieci ACM, w zakresie rozpatrywanego problemu racjonalizacji struktury, konfiguracji i strategii kierowania ruchem, jest ustalonych w rozważanej perspektywie badań lub nie podlega optymalizacji w wyznaczonym zakresie badań, dlatego te parametry nie uosobnią w procesie optymalizacji jako zmienne decyzyjne. W takiej sytuacji postawiony problem racjonalizacji parametrów docelowego wariantu rozwoju sieci ACM możemy formalnie opisać następującym zadaniem optymalizacji /2/:

$$k_{\min} = \min_{\psi} f(A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1)$$

gdzie: $A, Y, Z_k, G, W, J, K_1 = \text{constans}$, oraz

$$\psi = \{S, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T\} \quad /2/$$

W równaniu tym parametry Z_k , Z_z i Z_w pośrednio opisują strukturę hierarchiczną sieci /jawny opis tej struktury zawierają parametry n_k , n_z i n_w /, parametry R_k , R_z , P_z , P_w i T wyznaczają konfigurację sieci, a S określa realizowaną przez sieć strategię kierowania ruchem.

Aby rozwiązać tak postawione zadanie ekonomicznej optymalizacji parametrów sieci ACM, opracowano numeryczną metodę obliczeniową, którą częściowo opisano w [4,7]. W proponowanej metodzie zakłada się łatwe i szybkie obliczanie kosztu inwestycyjnego sieci. Dlatego jądrem tej metody jest procedu-

ra obliczeniowa, która na podstawie zadanych wartości parametrów sieci określa jej koszt inwestycyjny.

Wprowadzając do wzoru /1/ elementy zamieszczonego modelu kosztów jednostkowych, uzyskujemy wyrażenie uzależniające koszt inwestycyjny sieci telefonicznej od l_u /wymaganej liczby zakończeń łączy/ oraz od l_1 /wymaganej liczby kilometrów łączy rozważanego wariantu sieci ACMM/:

$$k = l_1(\psi) * k_{11} + l_u(\psi) * k_{1u} \quad /3/$$

Wprowadzając do równania /3/ odpowiednie elementy, opisanego poprzednio modelu międzymiastowej sieci telefonicznej, otrzymujemy rozwiniętą formułę kosztów inwestycyjnych sieci. Wzór ten ma następującą postać:

$$k = \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} m_{i,j}(\psi) * d_{i,j} (G) * k_{11} + \sum_{i=1}^{n_k} u_i(\psi) * k_{1u} \quad /4/$$

Występujące w /4/ wartości $m_{i,j}(\psi)$ i $u_i(\psi)$ odpowiednio reprezentują: - soaloną sieć wiązek łączy telefonicznych /bez uwzględniania struktury hierarchicznej sieci wiązek łączy/ oraz całkowite wymagania dotyczące zakończeń łączy w węzłach sieci /bez uwzględniania struktury hierarchicznej sieci wiązek łączy/. Wartości te mogą zostać rozpisane szczegółowo na wszystkie wymagane wiązki łączy realizowane w poszczególnych płaszczyznach sieci, uwzględniając strukturę hierarchiczną oraz na wymagane wielkości zakończeń łączy w poszczególnych centralach struktury hierarchicznej sieci. Z uwagi na syntetyczny charakter niniejszego opracowania szczegóły te zostały zawarte w wymienionych parametrach syntetycznych. Podejście takie jest konsekwencją uproszczeń przyjętych w prezentowanym modelu międzymiastowej sieci telefonicznej. W sytuacji stworzonej takimi uproszczeniami modelowymi wymagana jest dodatkowa faza obliczeń, faza przekształcająca całą logiczną strukturę hierarchicznej sieci wiązek łączy telefonicznych /dwanaście macierzy wiązek łączy występujących w poszcze-

gólnych płaszczyznach hierarchicznych sieci/ na pojedynczą, syntetyczną macierz wiązek łączy oraz przekształcająca wymagania dotyczące central tranzytowych wszystkich poziomów hierarchicznych sieci /trzy macierze wymaganej liczby zakończeń łączy/ na jedną, syntetyczną macierz wymaganych zakończeń łączy wszystkich węzłów sieci.

4. METODA ROZWIĄZANIA ZADANIA

Przedstawiono powyżej wzorem /2/ ogólne zadanie kompleksowej optymalizacji parametrów sieci ACMI rozwiązujemy poprzez zdekomponowanie tego zadania na szereg cząstkowych zadań optymalizacji ekonomicznej, dotyczącej poszczególnych parametrów modelu sieci i następnie w odpowiedniej procedurze iteracyjnej, uwzględniającej otrzymane rozwiązania cząstkowe, uzyskujemy poprawę ogólnego rozwiązania postawionego zadania optymalizacji.

W rozważanym problemie racjonalizacji docelowej koncepcji krajowej sieci ACMI wydzielono następujące cząstkowe zadania optymalizacji, tzn. zagadnienie:

- ekonomicznej optymalizacji struktury hierarchicznej sieci;
- ekonomicznej optymalizacji konfiguracji sieci;
- ekonomicznej optymalizacji strategii kierowania ruchu telefonicznego sieci;
- wyznaczania jakości rozważanych wariantów sieci wraz z problemem wymuszania odpowiedniego jej poziomu w uzyskiwanych rozwiązaniach.

Zagadnienie ekonomicznej optymalizacji struktury hierarchicznej sieci ACMI polega na określeniu optymalnych wartości dla takich parametrów modelu sieci, jak: Z_z i Z_w . Praktycznie zadanie to oznacza wyznaczenie optymalnej wartości l , tj. wyznaczenie optymalnej liczby poziomów hierarchicznych central tranzytowych sieci ACMI oraz wyznaczenie optymalnych wartości dla n_z i n_w , tj. określenie optymalnych liczb con-

tral tranzytowych instalowanych na poszczególnych poziomach hierarchicznych sieci. Zadanie to formalizuje wzór /5/:

$$k_{\min} = \min_{Z_z, Z_w} f(A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1) \quad /5/$$

gdzie: $A, Y, S, Z_k, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1 = \text{constans.}$

Cząstkowe zagadnienie ekonomicznej optymalizacji konfiguracji sieci ACMM wymaga wyznaczenia odpowiedniej sieci wiązek łączy, minimalizującej koszt inwestycyjny sieci. Wynik taki uzyskujemy poprzez: optymalizację punktów lokalizacji central tranzytowych sieci /odpowiedni dobór P_z i P_w /, optymalizację wielkości obszarów obsługi tych central /odpowiedni dobór R_k i R_z / oraz optymalizację parametrów ruchowo-technicznych wiązek łączy sieci /odpowiedni dobór p_2 , p_1 i s_w /. Zadanie to definiuje równanie /6/:

$$k_{\min} = \min_{\psi} f(A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1) \quad /6/$$

gdzie: $A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, G, W, J, s_m, K_1 = \text{constans,}$ oraz

$$\psi = \{R_k, R_z, P_z, P_w, p_2, p_1, s_w\}.$$

Cząstkowe zagadnienie ekonomicznej optymalizacji strategii kierowania ruchem sieci ACMM posiada najogólniejszą naturę pośród obecnie omawianych cząstkowych zadań optymalizacji. Formalnie zadanie to można przedstawić wzorem /7/:

$$k_{\min} = \min_S f(A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1) \quad /7/$$

gdzie: $A, Y, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T, G, W, J, K_1 = \text{constans.}$

Zagadnienie określania jakości uzyskiwanych wariantów sieci ACMM jest realizowane w dwóch wymiarach, tj. poprzez: określenie jakości obsługi zgłoszeń abonentów oraz wyznaczenie niezawodności strukturalnej rozważanego wariantu sieci.

Jakość obsługi zgłoszeń abonentów sieci charakteryzowana jest poprzez $\sigma_{i,j}$ - funkcje obciążalnościowe sieci wyznaczone dla wszystkich strumieni ruchu oferowanego sieci. Funkcja

taka /8/ dla rozważanego wariantu sieci ACMH wiąże $\omega_{i,j}$ wielkość współczynnika strat ruchu strumienia oferowanego relacji $i \Rightarrow j \approx \alpha$, czyli współczynnikiem wzrostu ruchu oferowanego sieci. /Współczynnik α definiowany jest jako $A = \alpha \times A_{GRN}$, gdzie: A_{GRN} jest macierzą ruchu oferowanego w godzinie największego ruchu/. Rozważania są przeprowadzane dla następującego przedziału zmian współczynnika wzrostu ruchu $\alpha \in \langle 1,0; 1,2 \rangle$:

$$\omega_{i,j} = \sigma_{i,j} (\alpha, A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T) \quad /8/$$

gdzie: $i, j \in Z_k$ oraz $A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, R_k, R_z, P_z, P_w, T = \text{const.}$

W celu pełnego scharakteryzowania jakości obsługi ruchu rozważanego wariantu sieci stosowana jest macierz Δ , której elementami są funkcje $\sigma_{i,j}$ ($\Delta = [\sigma_{i,j}(\alpha)]_{n_k \times n_k}$). Rozwiązanie takie daje pełną i dokładną informację o jakości obsługi zgłoszeń abonentów poszczególnych strumieni ruchu oferowanego, jednak jest to rozwiązanie mało wygodne podczas syntetycznej oceny sieci. Dlatego dodatkowo są wyznaczane charakterystyki syntetycznej oceny jakości obsługi ruchu. Takimi parametrami mogą być charakterystyki: najlepsza i najgorsza oraz charakterystyka średnia wyznaczona dla całej sieci oraz takie charakterystyki wyznaczone dla poszczególnych sposobów obsługi ruchu. Przez sposób obsługi ruchu strumienia oferowanego sieci rozumiemy schemat obsługi ruchu, opisujący sposób podziału strumienia oferowanego na strumienie cząstkowe oraz określający drogę tych strumieni w sieci wiązek łączy telefonicznych. Ponieważ wiązki łączy skrośnych są wiązkami opojonalnymi, o tym czy będą realizowane określone wiązki skrośne, decydują względy ekonomiczne, dlatego różne relacje sieci posiadają odmienną strukturę wiązek łączy. Liczba takich możliwych odmian struktur jest ograniczona. Każda taka struktura opisuje sposób obsługi ruchu strumienia oferowanego sieci w relacji $i \Rightarrow j$.

Natomiast niezawodność strukturalną sieci ACMM wyznaczamy poprzez analizę sposobów obsługi ruchu wszystkich $i \Rightarrow j$ / $i, j \in Z_k$ / strumieni ruchu oferowanego. Oczywiście, najlepsze są takie sposoby obsługi ruchu, które zapewniają strumieniom jak największą liczbę niezależnych i najkrótszych dróg obsługi strumieni cząstkowych. Nie powinno się dopuszczać w sieci, aby oferowane strumienie ruchu były obsługiwane zgodnie ze sposobami, które zapewniają im jedynie drogę ostatniego wyboru, w skład której wchodzi wiele central tranzytowych i cały szereg wiązek łączy.

Ostatnim elementem, ale elementem o podstawowym znaczeniu, dla omawianej metody racjonalizacji koncepcji sieci ACMM jest iteracyjna procedura scalająca wyniki optymalizacji cząstkowych poszczególnych parametrów sieci. Procedura ta umożliwia iteracyjną poprawę dokładności uzyskiwanych rozwiązań.

Proces optymalizacji rozpoczynamy od wyznaczenia wariantu odniesienia. Następnie dla wybranej strategii kierowania ruchem, optymalizujemy /numer iteracji $i \leftarrow 1$ / konfigurację sieci telefonicznej, przy ustalonych wartościach pozostałych parametrów sieci. Po czym optymalizacji poddajemy strukturę hierarchiczną sieci, uwzględniając uzyskane optymalne wartości parametrów konfiguracji sieci. Ostatecznie sprawdzamy, czy uzyskany wariant sieci spełnia zadane kryteria jakości sieci. Jeżeli kryteria jakości są spełnione, to przechodzimy do następnego / $i \leftarrow i+1$ / kroku obliczeniowego. W przeciwnym razie powtarzamy krok poprzedni, ale przy zmienionych parametrach odpowiedzialnych za jakość uzyskiwanych obrazów sieci /zmieniamy s_m , s_w oraz p_i lub modyfikujemy parametry S_i .

Podczas realizacji kroku i -tego przeprowadzamy obliczenia w sposób analogiczny jak w kroku pierwszym, ale już z zastosowaniem uzyskanych poprzednio, w toku obliczeń wartości parametrów sieci. Obliczenia realizujemy do momentu uzyskiwania poprawy rozwiązania /do momentu uzyskiwania obniżenia kosztu inwestycyjnego sieci/. Po uzyskaniu rozwiązania syntetycznego dla rozważanej strategii kierowania ruchem, obliczenia realizujemy dla pozostałych strategii. Uzyskane roz-

wiązanie najtańsze, dla wszystkich strategii jest rozwiązaniem optymalnym ekonomicznie postawionego wzorem /2/ zadania.

Na rysunku 1 przedstawiono ogólny schemat blokowy prezentowanej metody ekonomicznej optymalizacji parametrów sieci ACMM. Zgodnie z omawianą metodyką opracowano odpowiedni komputerowy system programów obliczeniowych [4, 7], które te programy wykorzystując dostarczone im dane sieciowe umożliwiły przeprowadzenie analizy optymalizacyjnej tak dużego obiektu, jakim jest krajowa, międzymiastowa, automatyczna sieć telefoniczna.

5. PAKIET PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH

Na podstawowe oprogramowanie przedstawionej powyżej metody optymalizacji parametrów krajowej sieci ACMM składają się trzy grupy programów związane z trzema rozważanymi rodzajami strategii kierowania ruchem. Każda z tych strategii wymaga odrębnego oprogramowania. Wszystkie programy zostały opracowane w języku FORTRAN-IV i przystosowane do przetwarzania na maszynie R-32, pracującej pod kontrolą systemu operacyjnego DOS-JS. Obecnie programy te są implementowane na maszynę typu IBM PC, pracującą pod systemem PC DOS.

Dla strategii alternatywnego kierowania ruchem w strukturach hierarchicznych sieci, w których wiązki hierarchiczne nie pracują z ruchem własnym, na podstawowy zestaw programów obliczeniowych składają się programy: SIEC3PO, OBSZARN, KIER, STRATY oraz SRFSTR. Pierwsze trzy programy zrealizowano w podwójnej wersji, dla dwóch odmiennych modeli opisujących parametry ruchu oferowanego, przelewanego i obsłużonego /model jednoparametrowy opisu ruchu oraz model dwuparametrowy/.

Program SIEC3PO dla zadanego obciążenia ruchowego, struktury i elementów konfiguracji sieci wyznacza odpowiednią sieć wiązek łączy telefonicznych oraz przeprowadza jej analizę techniczno-ekonomiczną. Analiza ta obejmuje wiele para-

a/

S T A R T

Ustal wartości stałych procesu optymalizacji A, Y, Z_k .
 G, W, J i K_1 przyjmują wartości początkowe, najlepiej
 zgodnie z dotychczasowymi rozstrzygnięciami eksper-
 tów. Również pozostałym parametrom sieci ACMM należy
 nadać wartości początkowe według tej zasady.

Wyznacz wariant odniesienia procesu optymalizacji
 ekonomicznej sieci ACMM.

Wybierz pierwszą strategię kierowania ruchu tele-
 fonicznego sieci ACMM.

2.

Przeprowadź ekonomiczną optymalizację konfiguracji
 sieci ACMM.

$$k_{\min} = \min_{\psi} f(\cdot)$$

gdzie: $A, Y, S, Z_k, Z_z, Z_w, G, W, J, s_m, K_1 = \text{constans}$,

$$\psi = \{R_k, R_z, P_z, P_w, P_1, P_2, s_w\}$$

Parametrom konfiguracji sieci nadaj wartości wyzna-
 czonych parametrów optymalnych $\psi \leftarrow \psi_{\text{opt}}$.

Przeprowadź ekonomiczną optymalizację struktury
 hierarchicznej sieci ACMM.

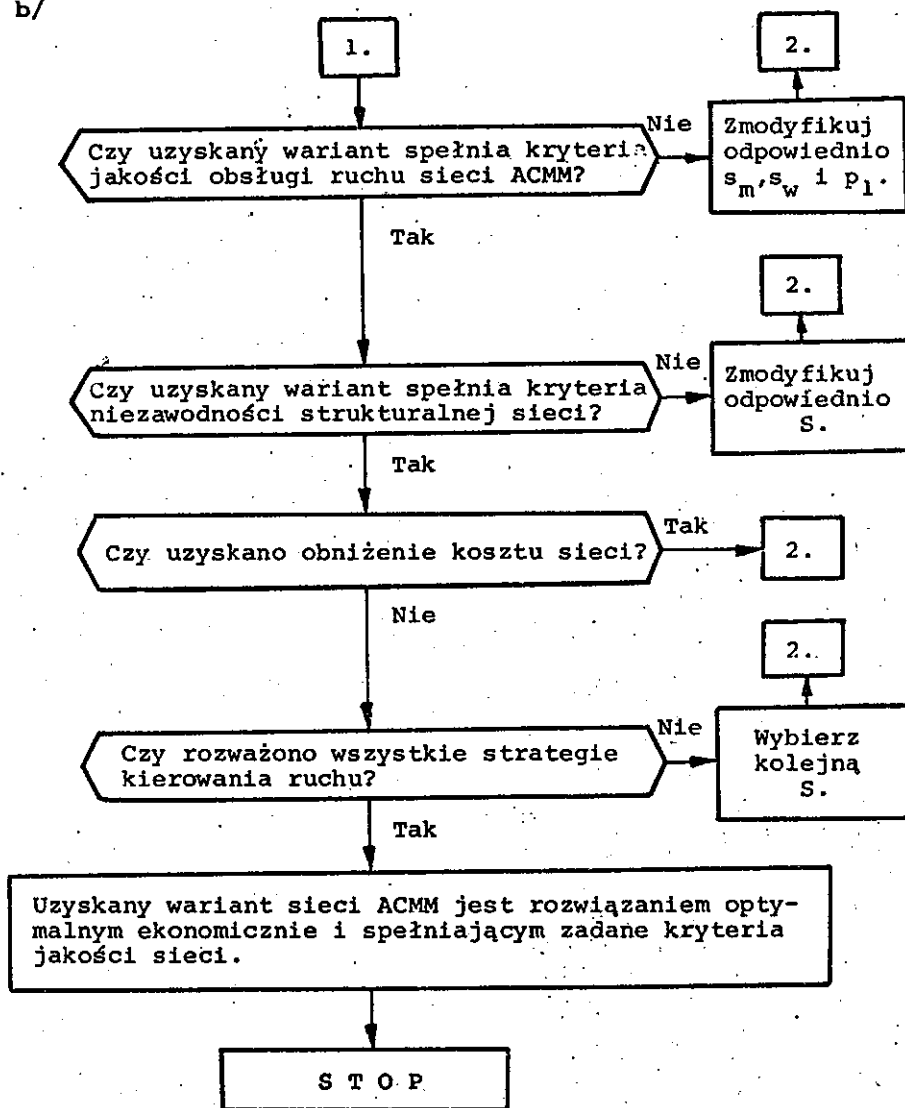
$$k_{\min} = \min_{Z_z, Z_w} f(\cdot)$$

gdzie: $A, Y, S, Z_k, G, W, J, R_k, R_z, P_z, P_w, T, K_1 = \text{constans}$.

Parametrom struktury sieci nadaj wyznaczone wartości
 optymalne $Z_z \leftarrow Z_{z\text{opt}}$, $Z_w \leftarrow Z_{w\text{opt}}$.

1.

b/



Rys. 1. Ogólny schemat blokowy prezentowanej metody optymalizacji sieci ACMM

a/ operacje wejścia i optymalizacji;
b/ operacje decyzyjne i wyjścia

metrów sieci obarakteryzujących warunki ekonomiczne i techniczne obsługi ruchu w sieci. Program dla wyznaczonej sieci wiązek łączy telefonicznych oblicza wartości następujących parametrów:

- parametry syntetyczne sieci, tj.:

- koszt inwestycyjny sieci,
- koszt inwestycyjny części komutacyjnej sieci,
- koszt inwestycyjny części transmisyjnej sieci,
- liczbę zakończeń łączy w centralach sieci,
- liczbę zakończeń łączy końcowych,
- liczbę zakończeń łączy tranzytowych,
- liczbę kilometrów łączy sieci wiązek telefonicznych,
- wielkość ruchu skierowanego do sieci tranzytowej,
- liczbę punktów komutacji występujących przy obsłudze jednego erlanga ruchu,
- średnie wydłużenie drogi strumieni ruchu względem drogi bezpośredniej,
- średnią długość drogi strumieni ruchu,
- średnie wartości współczynników wykorzystania wiązek łączy poszczególnych płaszczyzn sieci,
- liczbę poszczególnych rodzajów wiązek łączy, dla wszystkich płaszczyzn sieci;

- parametry syntetyczne części bezpośredniej sieci, tj.:

- koszt inwestycyjny części bezpośredniej sieci,
- koszt inwestycyjny komutacji części bezpośredniej sieci,
- koszt inwestycyjny transmisji części bezpośredniej sieci,
- liczbę zakończeń łączy w centralach części bezpośredniej sieci,

- liczbę kilometrów łączy części bezpośredniej sieci wiązek łączy telefonicznych;
- parametry syntetyczne części tranzytowej sieci, tj.:
 - koszt inwestycyjny części tranzytowej sieci,
 - koszt inwestycyjny komutacji części tranzytowej sieci,
 - koszt inwestycyjny transmisji części tranzytowej sieci,
 - liczbę zakończeń łączy końcowych w centralach części tranzytowej sieci,
 - liczbę zakończeń łączy tranzytowych w centralach części tranzytowej sieci,
 - liczbę kilometrów łączy części tranzytowej sieci wiązek łączy telefonicznych;
- struktura sposobów obsługi ruchu wyznaczonej sieci oraz wiele parametrów technicznych poszczególnych sposobów obsługi ruchu, a mianowicie:
 - liczbę relacji obsługiwanych,
 - łączną wartość ruchu obsługiwanego,
 - liczbę punktów komutacji występujących przy obsłudze jednego orlanga ruchu,
 - średnie wydłużenie drogi strumieni ruchu względem drogi bezpośredniej,
 - średnią długość drogi strumieni ruchu.

Na ten program, oprócz modułu głównego, składa się 8 podprogramów, łącznie około 200 kbajtów pamięci operacyjnej, jeden wariant sieci przetwarza się około 15 minut.

Program OBSZARN umożliwia optymalizację granic obszarów obsługi i punktów lokalizacji central tranzytowych rozważanych wariantów sieci. Na program ten składa się moduł główny oraz 5 podprogramów, razem około 200 kbajtów pamięci operacyjnej. Czas przetwarzania programu zależy od wymiaru postawionego mu zadania.

Program KIER wyznacza sposoby kierowania dla wszystkich oferowanych sieci strumieni końcowych ruchu. Na program składa się moduł główny oraz 2 podprogramy. Czas przetwarzania programu dla sieci krajowej wynosi 20 minut.

Programy STRATY i SRFSTR służą do oceny jakości obsługi zgłoszeń abonentów wyznaczanych wariantów sieci ACMM. Program STRATY wyznacza macierz Δ , tj. współczynniki strat ruchu dla wszystkich relacji końcowych sieci oraz dla wszystkich zadanych poziomów generacji ruchu /dla wszystkich zadanych wartości współczynnika α /. Składa się on z modułu głównego i pięciu podprogramów, razem około 700 instrukcji. Wymaga on około 300 kbajtów pamięci operacyjnej.

Program SRFSTR określa średnią, minimalną i maksymalną charakterystykę obciążalnościową rozważanej sieci łączy oraz określa analogiczne charakterystyki dla wszystkich sposobów obsługi ruchu tej sieci. Program SRFSTR składa się z modułu głównego i dwóch podprogramów, razem około 200 instrukcji. Wymaga on 200 kbajtów pamięci operacyjnej.

Programy SIEC2PO, STRAT1 i SRFSTR tworzą zestaw programów, umożliwiającą optymalizację krajowej sieci ACMM dla hierarchicznej strategii alternatywnego kierowania ruchu, w której włączki hierarchiczne pracują z ruchem własnym.

Programy SIEC1PO, OBSZARN1, STRAT2 i SRFSTR tworzą zestaw programów, umożliwiającą optymalizację krajowej sieci ACMM dla hierarchiczno-niehierarchicznej strategii alternatywnego kierowania ruchu.

Obok wymienionych programów do numerycznej optymalizacji krajowej sieci ACMM są niezbędne następujące zbiory danych: macierz ruchu /około 200 kbajtów/, sieć teletransmisyjna /200 kbajtów/, hierarchia sieci /około 100 kbajtów/, sieć łączy /około 400 kbajtów/, sposób kierowania ruchu /około 100 kbajtów/, straty sieci /około 1 mbajta/ oraz inne zbiory robocze.

6. ZAKOŃCZENIE

W niniejszym artykule przedstawiono metodę kompleksowej optymalizacji sieci ACMM, metodę umożliwiającą rozwiązanie problemu racjonalizacji docelowej struktury hierarchicznej, konfiguracji i strategii kierowania ruchem sieci krajowej. Zrealizowane w Instytucie Łączności modelowe badania, a szczególnie uzyskane w ich wyniku rezultaty, dotyczące docelowej struktury hierarchicznej, konfiguracji i strategii kierowania ruchem, pozwalają stwierdzić dużą sprawność prezentowanej metody i ogromną jej przydatność dla planowania strategicznego. Natomiast należy dodać, że istnieją nie wykorzystane możliwości zastosowania proponowanej metody w planowaniu implementacyjnym sieci telefonicznej. Byłoby to możliwe, gdyby środowisko polskich planistów sieci zmieniło technologię prac planistycznych, porzucając dotychczasowe metody eksperymentalne i przyjmując w zamiast metody algorytmiczne wspierane bogatym oprogramowaniem komputerowym. Innym uwarunkowaniem jest problem braku odpowiednich baz danych. Bazy takie należy zorganizować i wypełnić odpowiednio bogatymi i szczegółowymi informacjami, dotyczącymi sieci krajowej.

WYKAZ LITERATURY

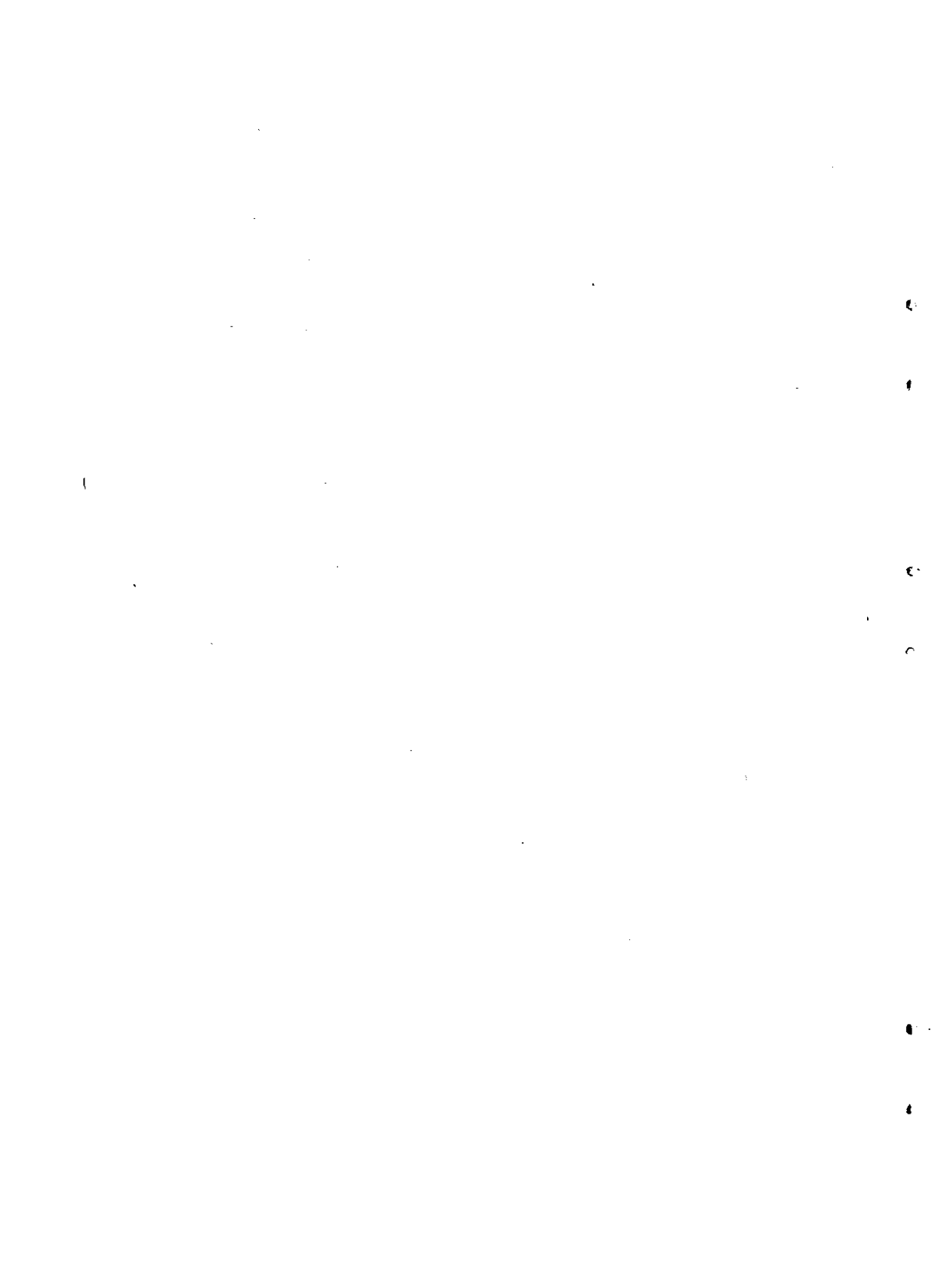
1. CCITT, ITU: General Network Planning. Geneva 1983.
2. Gould E.P., Paok C.D.: Communications Network Planning in the Evolving Information Age. IEEE Communications Magazine, No 9, 1987.
3. Maliszewski J.: Komputerowe wspomaganie procesu planowania rozwoju krajowej międzymiastowej sieci telefonicznej. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 10-11, 1987.
4. Maliszewski J.: Koncepcja krajowej automatycznej międzymiastowej sieci telefonicznej. Metoda optymalizacji sieci. Część I. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 10, 1984.

5. Maliszewski J.: Koncepcja krajowej automatycznej między-
miastowej sieci telefonicznej. Optymalizacja ekonomiczna
krajowej sieci ACMM. Część II. Przegląd Telekomunikacyj-
ny, nr 1, 1985.
6. Maliszewski J.: Koncepcja krajowej automatycznej między-
miastowej sieci telefonicznej. Koncepcja sieci ACMM -
- perspektywy rozwoju. Część III. Przegląd Telekomunika-
cyjny, nr 2, 1985.

WYKAZ OZNACZEŃ

α	- współczynnik wzrostu ruchu
σ	- funkcja obciążalnościowa sieci wiązek łączą
Δ	- macierz funkcji obciążalnościowych sieci
Ψ	- zbiór parametrów sieci
ω	- wynikowy współczynnik strat ruchu relacji tele- fonicznej
Λ	- macierz ruchu telefonicznego oferowanego sieci
D	- macierz odległości między węzłami sieci
G	- graf sieci teletransmisyjnej
i	- indeks
j	- indeks
J	- kryteria jakości sieci telefonicznej
k	- koszt inwestycyjny sieci
k_{11}, k_{1u}	- jednostkowe współczynniki kosztów budowy sieci: liniowy i węzłowy
K_1	- model kosztów inwestycyjnych budowy sieci
l	- liczba poziomów hierarchicznych central tranzy- towych
l, l	- indeksy

- l_l, l_u - łączne liczby kilometrów łączy i zakończeń łączy sieci
 M - wynikowa macierz wiązek łączy
 $n, n_k, n_t,$
 n_w, n_z - całkowita liczba węzłów sieci, liczba central pierwszego poziomu hierarchicznego central, liczba węzłów teletransmisyjnych, liczba central trzeciego i drugiego poziomu hierarchicznego central
 P_1, P_2 - minimalna wielkość ruchu wiązek wysokiego wykorzystania i wiązek pracujących z małymi stratami ruchu
 P_z, P_w - macierze lokalizacji central z_z i z_w
 R_k, R_z - macierze obszarów obsługi central z_z i z_w
 S - strategia kierowania ruchu telefonicznego
 s_w, s_m - współczynniki strat ruchu wiązek wysokiego wykorzystania i wiązek pracujących z małymi stratami ruchu
 T - zbiór parametrów ruchowo-technicznych wiązek łączy
 U - wynikowa macierz pojemności central telefonicznych
 W - macierz kierowania wiązek łączy telefonicznych
 Y - macierz wiązek łączy wymaganych przez inne poza-telefoniczne służby sieci
 z_k, z_w, z_z - numer centrali tranzytowej, odpowiednio: pierwszego, trzeciego i drugiego poziomu hierarchicznego central
 z_t - numer węzła teletransmisyjnego
 Z_k, Z_w, Z_z - zbiory central tranzytowych, odpowiednio: pierwszego, trzeciego i drugiego poziomu hierarchicznego central
 Z_t - zbiór węzłów teletransmisyjnych



STRATEGIE I METODY TWORZENIA
CYFROWEJ SIECI TELEFONICZNEJ

1. WPROWADZENIE

Problematyka tworzenia cyfrowej sieci telefonicznej /tj. sieci IDN^{x/} wyłoniła się na początku lat siedemdziesiątych jako przyszłościowe zadanie dla krajowych administracji łączności i koncernów telekomunikacyjnych. W wielu krajach powołano specjalne grupy robocze dla wszechstronnego i dogłębnego przeanalizowania całokształtu zagadnień związanych z wprowadzaniem nowej techniki komutacyjnej do sieci telefonicznej, cyfryzacją sieci transmisyjnej oraz z integracją techniki transmisyjnej i komutacyjnej w sieci telekomunikacyjnej. Szczególną uwagę zwrócono na ekonomiczne aspekty przewidywanych zmian. W latach siedemdziesiątych przeprowadzono odpowiednie wielokierunkowe badania ze wspomaganie komputerowym, które wykazały zasadność ekonomiczną i techniczno-eksploatacyjną tworzenia sieci IDN. Od początku lat osiemdziesiątych przystąpiono do praktycznej realizacji planów cyfryzacji sieci telefonicznej w wielu krajach świata /m.in. w Australii, Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Hiszpanii, Japonii, Kanadzie, RFN, Szwajcarii, Szwecji, USA, W. Brytanii i we Włoszech/.

Problematyka cyfryzacji sieci telefonicznej obejmuje szeroki zakres zagadnień, z których na szczególną uwagę zasługuje zagadnienie przekształcania analogowej sieci telefonicznej w sieć cyfrową, czyli tzw. problematyka okresu przejściowego.

^{x/} IDN - ang. Integrated Digital Network.

Krajowa analogowa sieć telefoniczna w państwie uprzemysłowionym zawiera bogate wyposażenie transmisyjne i komputacyjne wraz z infrastrukturą, co w sumie stanowi olbrzymi majątek trwały, obliczony na wieloletnie użytkowanie /ok. 20-30 i więcej lat/. Jego wykorzystanie powinno być racjonalne pod względem eksploatacyjnym i ekonomicznym, co należy brać pod uwagę przed podjęciem decyzji o demontażu wyposażenia analogowego na rzecz cyfrowego. Jest to jeden z podstawowych czynników, wpływających na koncepcje strategiczne administracji łączności.

Obok czynników ekonomicznych należy uwzględnić także czynnik kompatybilności wprowadzanych systemów cyfrowych z istniejącymi systemami analogowymi, gdyż cyfrowa technika telekomunikacyjna stanowi nowy, jakościowo wyższy, odmienny etap w rozwoju systemów telekomunikacyjnych. Wprowadzenie tej techniki do sieci analogowej powoduje zmianę wielu podstawowych parametrów jakościowych sieci /jak np. rozkładu tłumionności w łańcuchu telefonicznym/ i dlatego niezbędna jest dokładna analiza parametrów jakościowych nowej sieci oraz zasad współpracy międzysieciowej pod kątem spełnienia obowiązujących standardów krajowych i międzynarodowych.

Koncepcje cyfryzacji sieci zależą w znacznym stopniu od celu, jakiemu ma służyć cyfryzacja, tzn. od tego, czy sieć cyfrową tworzy się w pierwszym rzędzie dla zaspokojenia szybko rosnącego popytu na usługi nietelefoniczne /określane też mianem usług cyfrowych/, czy też dla konieczności dostarczenia usług telefonicznych i innych dodatkowych udogodnień dla abonentów. Jednak w każdym przypadku można wyróżnić następujące strategie i metody tworzenia sieci cyfrowej:

- strategie: 1/ strategia "od góry",
2/ strategia "od dołu",
3/ strategia "w dół i do góry";
- metody: 1/ metoda sieci nakładanej,
2/ metoda wyspowa,
3/ metoda pragmatyczna /mieszana/.

2. STRATEGIE TWORZENIA SIECI CYFROWEJ

Strategia "od góry" polega bądź na wymianie analogowego wyposażenia komutacyjnego na wyposażenie cyfrowe, bądź na utworzeniu nowego centrum komutacji cyfrowej - na górnych płaszczyznach sieci krajowej. Z czasem następuje rozbudowa tej sieci przez stopniowe wprowadzanie cyfrowej komutacji i transmisji na niższych płaszczyznach sieci, bezpośrednio współpracujących z uprzednio utworzonymi cyfrowymi węzłami wyższego rzędu. Taka koncepcja cyfryzacji jest uzasadniona wtedy, gdy należy sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu na usługi telefoniczne i cyfrowe między różnymi ośrodkami w kraju, podczas gdy niższe płaszczyzny sieci są nasycone dużą liczbą analogowego sprzętu telekomunikacyjnego o stosunkowo dobrych parametrach techniczno-eksploatacyjnych.

Strategia "od dołu" polega na wprowadzaniu cyfrowej komutacji i transmisji w pierwszej kolejności do sieci miejscowych, w których występuje duże zapotrzebowanie na usługi telefoniczne i inne, a sprzęt komutacyjny jest już technicznie zużyty i "moralnie" przestarzały. W miarę wzrostu liczby cyfrowych central miejscowych i okręgowych w danej strefie staje się ekonomicznie uzasadniona cyfryzacja całej strefy, a w dalszej kolejności - przy zaawansowanej cyfryzacji wielu stref w kraju - sieci międzymiastowej.

Strategia "w dół i do góry" polega na rozpoczęciu cyfryzacji sieci telefonicznej od sieci strefowej. Jest to uzasadnione w takich przypadkach, kiedy występuje tendencja dużego wzrostu ruchu między poszczególnymi rejonami w strefie, a jednocześnie może być szeroko wprowadzona transmisja cyfrowa między węzłami w tych rejonach. W dalszej kolejności następuje cyfryzacja sieci wewnątrz rejonów i jednocześnie sieci pomiędzy strefami numeracyjnymi, cyfryzowanymi według tej strategii. W tym przypadku cyfryzacja postępuje w głąb sieci strefowej /czyli w dół/ i na zewnątrz strefy /czyli do góry/..

3. METODY TWORZENIA SIECI CYFROWEJ

Metoda sieci nakładanej polega na tym, że na danym obszarze obok istniejącej sieci analogowej powstaje całkowicie niezależna, wyodrębniona sieć cyfrowa o identycznej bądź innej strukturze hierarchicznej. W tym przypadku należy przewidzieć racjonalne zasady współpracy obu sieci między sobą, aby zminimalizować liczbę styków analogowo-cyfrowych i nie spowodować odczuwalnego pogorszenia się jakości transmisji. W szczególności przyjmuje się, że:

- a/ połączenie między abonentami danej sieci cyfrowej ma przebiegać wyłącznie poprzez łącza cyfrowe;
- b/ połączenie między abonentami sieci analogowej ma być realizowane w zasadzie poprzez łącza tej sieci;
- c/ połączenie między abonentem sieci cyfrowej i abonentem sieci analogowej zestawia się poprzez możliwie najmniejszą liczbę styków międzysieciowych.

Metodę sieci nakładanej stosuje się celem obsłużenia abonentów rozmieszczonych na większym obszarze /abonentów w określonej strefie numeracyjnej, znajdujących się na obszarze tej strefy, a także abonentów w różnych strefach, współpracujących przez tę sieć w ruchu strefowym i międzystrefowym/ w trzech przypadkach:

- dla oferowania usług telefonicznych z pełnym zestawem dodatkowych udogodnień;
- dla oferowania usług nietelefonicznych dla ważnych ośrodków;
- dla telefonizacji obszarów o słabo rozbudowanej sieci analogowej /np. obszarów wiejskich/ z ewentualnym dostarczeniem dodatkowych udogodnień, a także w razie konieczności zwiększenia pojemności numeracyjnej w obszarze istniejących central analogowych, bez ich rozbudowy.

Metoda sieci nakładanej charakteryzuje się tym, że:

- a/ umożliwia szybkie wprowadzenie usług cyfrowych /np. szybka transmisja danych/ i udogodnień dodatkowych dla wybranych abonentów, rozmieszczonych na znacznym obszarze;
- b/ pozwala na wprowadzenie integracji usług świadczonych dla abonentów sieci cyfrowej;
- c/ początkowa przepustowość sieci dla ruchu cyfrowego jest stosunkowo nieduża;
- d/ usługi sieci cyfrowej nie są dostępne dla wszystkich abonentów danego obszaru;
- e/ wyposażenie sieci cyfrowej jest dodawane do wyposażenia istniejącej sieci analogowej, powiększając tym samym wydatki inwestycyjne;
- f/ należy zatrudnić - obok personelu obsługi sieci analogowej - dodatkowy personel dla potrzeb eksploatacji i utrzymania sieci cyfrowej;
- g/ koszt początkowy /inwestycyjny i eksploatacyjny/, przypadający na jednego abonenta sieci cyfrowej, jest podwyższony.

Metoda sieci nakładanej jest szczególnie przydatna dla krajów, w których występuje duże zapotrzebowanie na usługi cyfrowe, a istniejąca sieć analogowa znajduje się w stanie umożliwiającym jej eksploatację jeszcze przez długi okres /np. przez co najmniej 5 lat/. Metoda ta może być brana pod uwagę także wtedy, gdy w kraju nie ma sieci wyspecjalizowanej dla świadczenia usług cyfrowych, a jednocześnie na administrację łączności wywierany jest silny nacisk w sprawie udostępnienia usług nietelefonicznych.

Metoda wyspowa polega na tworzeniu w pełni cyfryzowanych, wyodrębnionych fragmentów sieci telefonicznej, które stanowią jakby "wyspy cyfrowe", położone na obszarze i w otoczeniu sieci analogowej. W tym przypadku na obszarze wytypowanym do wyodrębnienia z sieci analogowej w celu utworzenia

"wyspy cyfrowej" następuje całkowita wymiana analogowego wyposażenia komutacyjnego i teletransmisyjnego na wyposażenie cyfrowe. "Wyspy cyfrowe" mogą być także tworzone w obrębie nowych osiedli, gdzie zachodzi konieczność zbudowania nowego odcinka sieci telefonicznej i zamiast sprzętu analogowego instaluje się sprzęt cyfrowy.

W miarę wzrostu liczby "wysp cyfrowych" zostają one połączone ze sobą za pomocą łącz cyfrowych. W ten sposób następuje stopniowe powiększanie się obszaru obsługi sieci cyfrowej, co z czasem doprowadzi do powstania sieci cyfrowej o zasięgu strefowym i międzystrefowym, a w dalszej perspektywie - o zasięgu ogólnokrajowym. Zasady współpracy sieci cyfrowej z siecią analogową są takie same, jak w przypadku metody sieci nakładanej /zasada minimalizacji styków międzysieciowych/.

Metodę wyspową stosuje się w przypadku, gdy:

- a/ zachodzi konieczność telefonizacji obszaru pozbawionego sieci analogowej;
- b/ istnieje potrzeba udostępnienia bogatego zestawu usług telefonicznych abonentom z rejonu cyfryzacji;
- c/ należy polepszyć parametry sieci przez wprowadzenie metod eksploatacji i utrzymania, właściwych sieciom cyfrowym.

Metoda wyspowa charakteryzuje się tym, że:

- a/ usługi sieci cyfrowej są dostępne dla wszystkich abonentów znajdujących się na obszarze "wyspy cyfrowej";
- b/ wewnątrz "wyspy cyfrowej" można udostępnić szeroki zakres nowych usług i udogodnień;
- c/ integracja usług dla potrzeb łączności krajowej może nastąpić dopiero po zakończeniu przekształcania całej sieci analogowej w sieć cyfrową;
- d/ nie gwarantuje dobrej jakości połączenia, gdyż mogą one obejmować - w skrajnym przypadku - kilka odcinków cyfrowych i analogowych, co pogarsza jakość transmisji /duża liczba styków analogowo-cyfrowych/; dodatkowe trudności

mogą także wynikać ze współpracy dwutorowych łączy cyfrowych z jednotorowymi łączami analogowymi;

- e/ istniejące wyposażenie analogowe jest demontowane i może być ponownie wykorzystane w innym miejscu;
- f/ nie zachodzi konieczność dublowania ekip obsługi; na obszarze "wyspy cyfrowej" istnieje tylko jedna ekipa dla potrzeb eksploatacji i utrzymania sieci cyfrowej;
- g/ wyposażenie cyfrowe może być wykorzystane w sposób efektywny, co rzutuje na obniżenie kosztów instalacji na jednego abonenta.

Metoda wyspowa jest szczególnie przydatna dla krajów o zlokalizowanym - do określonych obszarów - wzroście zapotrzebowania na usługi telefoniczne i cyfrowe w sytuacji, gdy usługi te w skali krajowej nie będą w najbliższej przyszłości potrzebne lub gdy węzły telekomunikacyjne są tak bardzo oddalone od siebie, iż na razie nie opłaca się uruchamiać międzywęzłowych łączy cyfrowych z powodu zbyt dużego kosztu inwestycji.

Rozpatrzmy jeszcze jedną metodę, tzw. metode pragmatyczną. Obie wyżej opisane metody cyfryzacji sieci telefonicznej stanowią przypadki ekstremalne, prawie nie spotykane w swej czystej postaci w działalności praktycznej. Reprezentują one skrajne koncepcje cyfryzacji sieci i uwypuklają różnice między tymi koncepcjami. W praktyce, planując rozwój sieci telefonicznej, zachodzi potrzeba uwzględniania pewnych cech obu tych metod, przy czym proporcje składników zależą od konkretnej sytuacji. Metoda cyfryzacji sieci telefonicznej, która uwzględnia zarówno czynniki właściwe dla metody wyspowej, jak i dla metody sieci nakładanej - w celu uzyskania rozwiązania optymalnego /w ramach przyjętych kryteriów oceny i wyboru/ jest określana mianem metody pragmatycznej /niekiedy też - mieszanej/.

Metoda pragmatyczna ma umożliwić wybór takiej koncepcji cyfryzacji sieci, która zapewni:

- a/ optymalne wykorzystanie istniejącego wyposażenia sieci;
- b/ optymalną efektywność nowych inwestycji;
- c/ uzyskanie oszczędności krótkoterminowych.

Metoda ta stanowi kompromis między metodą sieci nakładanej a metodą wyspową. W miarę jak sieć ewoluje w kierunku konfiguracji docelowej, pewne jej fragmenty mogą być cyfryzowane zgodnie z zasadami metody sieci nakładanej, a inne fragmenty - zgodnie z zasadami metody wyspowej. Należy zauważyć, że może istnieć tyle odmian metody pragmatycznej, ile krajów uczestniczy w procesie cyfryzacji sieci telefonicznej.

Metoda pragmatyczna charakteryzuje się tym, że:

- a/ wspiera czynniki stymulujące naturalny rozwój sieci telefonicznej /jak np. wzrost zapotrzebowania na usługi telefoniczne i udogodnienia, wzrost ruchu telefonicznego międzymiastowego krajowego i międzynarodowego, pragnienie udostępnienia nowych usług, konieczność modernizacji sieci istniejącej/;
- b/ wymaga przeprowadzenia bardzo dokładnej analizy techniczno-ekonomicznej różnych wariantów utworzenia sieci cyfrowej, przy czym liczba tych wariantów jest znaczna, gdyż należy uwzględnić zastosowanie metody sieci nakładanej i metody wyspowej wobec wszystkich odcinków sieci, w różnych możliwych kombinacjach realizacyjnych; w wyniku końcowym otrzymuje się wskaźniki ekonomiczne dla każdego wariantu cyfryzacji sieci /ogólne wydatki inwestycyjne i eksploatacyjne, wydatki inwestycyjne i eksploatacyjne na jeden numer itp./, które porównuje się ze wskaźnikami uzyskanymi dla analogowego wariantu sieci docelowej i na tej podstawie dokonuje się wyboru indywidualnej drogi realizacji zamierzeń;
- c/ na jej kryteria optymalizacyjne mają znaczny wpływ takie czynniki, jak: istniejący potencjał sieciowy /stopień jego zużycia i możliwość ponownego wykorzystania/ oraz wydłużenie okresu modernizacji sieci na rzecz oszczędności

krótkoterminowych /cyfryzacja sieci następuje przy stosunkowo nieznacznych rocznych wydatkach inwestycyjnych/; oznacza to, że rozwiązanie optymalne pod względem ekonomicznym według kryteriów metody pragmatycznej może być odmienne od rozwiązań optymalnych według kryteriów obu pozostałych metod, a nawet od nich bardziej kosztowne /w przypadku, gdy oszczędności długoterminowe są większe od oszczędności krótkoterminowych/.

Metoda pragmatyczna jest najczęściej stosowana w praktyce planistycznej administracji łączności.

Warto zaznaczyć, że rozwiązania uzyskane na podstawie przedstawionych metod cyfryzacji sieci telefonicznej powinny zawsze uwzględniać przyszły kierunek rozwoju sieci IDN, tzn. przekształcenie tej sieci w sieć cyfrową z integracją usług - w sieć ISDN.

Kończąc charakterystykę metod cyfryzacji sieci telefonicznej można również dodać, że w praktyce występuje jeszcze jedna metoda postępowania, którą można określić mianem metody "plomby cyfrowej". Jest to jakby punktowe woiezenie metody wyspowej. Metoda "plomby cyfrowej" polega na przekształceniu jednego analogowego centrum komutacyjnego w centrum cyfrowe w sytuacji, gdy zachodzi konieczność zwiększenia pojemności centrali, a istniejące wyposażenie jest zbyt przestarzałe i rozbudowa centrum analogowego staje się ekonomicznie niekonkurencyjna wobec rozwiązania cyfrowego.

4. CHARAKTERYSTYKA STOSOWANYCH KONCEPCJI CYFRYZACJI W NIEKTÓRYCH KRAJACH

Obecnie zostaną przedstawione w zwięzłym zarysie koncepcje cyfryzacji sieci telefonicznej, spotykane w niektórych krajach.

Strategia "od góry" z zastosowaniem metody sieci nakładanej jest szeroko stosowana w międzymiastowej sieci telefonicznej wielu krajów, jak np. w Australii, Danii, Japonii, Kanadzie, RFN, Szwajcarii, USA i w W. Brytanii.

W Kanadzie badania ekonomiczne, wykonane jeszcze w 1978 roku, wykazały [4, 6], że natychmiastowe przystąpienie do wprowadzania cyfrowej techniki komutacyjnej do sieci, zamiast odkładania tego na 5 lat, da oszczędności rocznych wydatków rządu 29%. Praktyka tworzenia sieci cyfrowej w latach osiemdziesiątych potwierdziła przewidywaną skalę oszczędności. Stwierdzono, że w wyniku cyfryzacji sieci nastąpiło znaczne zmniejszenie liczby awarii oraz polepszyła się jakość obsługi abonentów.

W USA rozpoczęto cyfryzację sieci międzymiastowej od metody "plomby cyfrowej", oddając do eksploatacji w 1976 r. pierwszą cyfrową centralę międzymiastową węzłową systemu Nr 4 ESS w otoczeniu analogowym. Takie podejście było uzasadnione zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym /typowa centrala tego systemu o pojemności 60000 łączy wymaga w porównaniu z centralą analogową jednej trzeciej personelu obsługi, jednej dziesiątej powierzchni instalacyjnej, jednej trzeciej ceny zakupu/. W następnych latach liczba węzłów cyfrowych wzrosła i między nimi utworzono wiązki łączy cyfrowych.

W Australii do cyfryzacji sieci międzymiastowej przystąpiono w latach 1982-1983, przy czym założono, że struktura hierarchiczna nowej sieci będzie odmienna od struktury międzymiastowej sieci analogowej; mianowicie nastąpi zmniejszenie liczby poziomów hierarchii z trzech do dwóch. Tworzona cyfrowa sieć międzymiastowa obejmuje cyfrową sieć dalekosiężną o zasięgu krajowym /najwyższa płaszczyzna sieci/ oraz cyfrowe sieci międzymiastowe regionalne, które obsługują ruch w wyznaczonych im obszarach, a dla łączności między sobą korzystają z cyfrowej sieci dalekosiężnej. Badania ekonomiczne, przeprowadzone przez specjalny zespół, wykazały znaczną efektywność ekonomiczną cyfryzacji sieci międzymiastowej, a także i sieci miejscowej [8].

W W. Brytanii od kilku lat realizuje się cyfryzację sieci międzymiastowej. Analiza wykazała [9], że dzięki utworzeniu sieci międzymiastowej IDN nastąpi spadek rocznych wydatków

o ok. 50% w stosunku do istniejącej sieci z komutacją przestrzenną i transmisją o zwielokrotnieniu częstotliwościowym.

W RFN i Szwajcarii założono stosunkowo szybkie tempo cyfryzacji sieci telefonicznej, przyjmując że wkrótce po cyfryzacji węzła międzymiastowego nastąpi cyfryzacja sieci strefowej i miejscowej, współpracujących z tym węzłem.

W tym miejscu warto zaznaczyć, że niezależnie od obranej koncepcji cyfryzacji sieci międzymiastowej we wszystkich wymienionych krajach następuje proces intensywnej cyfryzacji sieci miejscowych.

Badania przeprowadzone w Bułgarii wykazały ekonomiczną zasadność utworzenia w pełni cyfryzowanej dalekosiężnej sieci telefonicznej. Ustalono, że optymalne rozwiązanie daje strategia "od góry" z zastosowaniem metody sieci nakładanej. Przewiduje się utworzenie całkowicie nowych węzłów cyfrowych na najwyższej płaszczyźnie sieci, a istniejące węzły analogowe będą obsługiwały ruch niższych płaszczyzn sieci międzymiastowej.

Strategia "od dołu" z zastosowaniem wszystkich opisanych metod cyfryzacji sieci jest - bądź była - szeroko stosowana w wielu krajach. Jako typowe przykłady wymienia się Francję, Polskę i Szwecję.

Administracja łączności Francji obrała koncepcję cyfryzacji sieci miejscowych z wielu różnorodnych powodów [1]. Jak wiadomo, Francja jako pierwsza przystąpiła do cyfryzacji komutacji /początek lat siedemdziesiątych/. Należało zatem zdobyć odpowiednie doświadczenie na podstawie próbnej eksploatacji centrów cyfrowych, co - jak wykazała analiza - najlepiej było uczynić na płaszczyźnie sieci miejscowej. Obok tego należało wziąć pod uwagę to, iż w okresie prób nowych systemów komutacji łącza cyfrowe istniały wyłącznie w sieci miejscowej /cyfryzacja transmisji w sieci międzymiastowej nastąpiła dopiero po 1975 r./. Oczywiście w następnych latach cyfryzacja sieci telefonicznej przekroczyła granice sieci miejscowych; obecnie we Francji istnieje sieć cyfrowa o zasięgu krajowym, przystosowana do świadczenia różnych usług telekomunikacyjnych.

Początki cyfryzacji miejscowych sieci telefonicznych w Szwecji sięgają końca lat siedemdziesiątych. Przyjętą metodę cyfryzacji można określić jako -- Erlsson wykonała analizę ekonomiczną różnych rozwiązań, riantowych sieci miejscowej i strefowej; uzyskane wyniki potwierdziły ekonomiczną zasadność decyzji o cyfryzacji sieci. W chwili obecnej Szwecja dysponuje siecią cyfrową o zasięgu krajowym z możliwością świadczenia różnych usług telefonicznych i cyfrowych.

Rozwiązania stosowane w polskiej sieci telefonicznej są omówione w pracach [7, 11] oraz w pkt. 5 niniejszego artykułu.

Strategia "w dół i do góry" z zastosowaniem metody sieci nakładanej bądź metody wyspowej jest proponowana do zastosowania w sieciach strefowych we Włoszech [3] i w ZSRR [5, 10]. W Związku Radzieckim uważa się tę koncepcję za podstawową przy telefonizacji terenów wiejskich, co ma umożliwić nadrobienie opóźnienia w świadczeniu usług telefonicznych dla abonentów na wsi.

Na zakończenie przeglądu stosowanych strategii i metod cyfryzacji sieci telefonicznych warto zwrócić uwagę na następujące zagadnienia.

1/ Bardzo istotnym czynnikiem ekonomicznego rozwoju sieci jest czas: im szybciej uda się wprowadzić cyfrową komutację i transmisję, tym większe będą korzyści ekonomiczne, szacowane w perspektywie długoterminowej. Kompleksowa cyfryzacja sieci jest jednak operacją złożoną i kapitałochłonną, dlatego zakończenie procesu cyfryzacji w skali całego kraju -- nawet w krajach wysoko rozwiniętych -- przewiduje się dopiero po roku 2010.

2/ Wprowadzenie cyfrowych systemów komutacyjnych i transmisyjnych umożliwia bardziej racjonalne kształtowanie konfiguracji sieci strefowych i sieci międzymiastowej. W sieci strefowej wskazana jest konsolidacja /scalenie/ obszaru obsługi na rzecz jednego centrum cyfrowego o dużej pojemności przy jednoczesnym zastąpieniu niedużych central analogo-

wych cyfrowymi centralami satelitowymi. W sieci międzymiastowej można zmniejszyć liczbę poziomów hierarchii i wykorzystać właściwości węzłów cyfrowych do stworzenia sieci telekomunikacyjnej o zwiększonej niezawodności.

3/ Analiza porównawcza różnych wariantów rozwoju sieci telefonicznych strefowych i sieci międzymiastowej, przeprowadzona w wielu krajach, wykazała, że wariant sieci cyfrowej jest najbardziej ekonomicznie uzasadniony, szczególnie w perspektywie długoterminowej z uwzględnieniem ewolucji w kierunku ISDN; szacowane oszczędności opoży cyfrowej w stosunku do analogowej wynoszą ok. 30%.

4/ Cyfrowa sieć telefoniczna korzysta ze wszystkich dotychczasowych mediów transmisyjnych, z tym że szczególnie preferuje linie światłowodowe. Duże znaczenie mają także linie satelitarne i cyfrowe linie radiowe.

5/ Cyfryzacja sieci telefonicznej następuje w ten sposób, aby można było ją wykorzystać możliwie szybko dla potrzeb transmisji danych, a w przyszłości - w miarę bezkolizyjnie - - przejść do ISDN.

5. ZASADY CYFRYZACJI STREFOWYCH SIECI TELEFONICZNYCH W POLSCE

W Polsce proces cyfryzacji sieci telefonicznej rozpoczął się w latach siedemdziesiątych, przy czym głównie wykorzystywano sprzęt produkcji krajowej. W okresie tym zaczęto wprowadzać transmisję cyfrową do sieci łączy międzycentralowych /systemy TCK 24 i TCK 30/ oraz instalować centrale elektroniczne systemu E10. Proces ten postępuje naprzód, jednak w tempie dość powolnym. Przewiduje się, że w celu modernizacji polskiej sieci telefonicznej wykorzystana się kable światłowodowe, systemy teletransmisyjne PCM 30, PCM 120, PCM 480 i PCM 1920 oraz nowoczesne cyfrowe systemy komutacyjne /zmodernizowany E10 oraz tzw. system jednolity itp./.

Planując cyfryzację strefowych sieci telefonicznych należy brać pod uwagę następujące właściwości cyfrowych systemów komutacyjnych w sieciach strefowych /w skrócie - MCAE/.

- Elektroniczne jednostki centralowe dla sieci miejskich, okręgowych i wiejskich mogą mieć znacznie większe ekonomicznie uzasadnione pojemności aniżeli centra systemu bieżowego i krzyżowego /MCAK/, co pozwala na odstępianie od dotychczasowych zasad rejonizacji w sieciach wielkomiejskich. Mianowicie duże jednostki MCAE mogą obsługiwać tak znaczne obszary sieci, iż nie ma konieczności tandemowania ruchu pomiędzy odległymi MCAE. W ten sposób struktura sieci ulega uproszczeniu, co przynosi w efekcie zmniejszenie liczby wyposażenia komutacyjnego oraz skrócenie czasu zestawiania połączeń telefonicznych.

- W systemie MCAE mogą być powszechnie stosowane wynoszone w teren centra satelitowe, co daje możliwość, bez względu na pojemność całkowitą jednostki MCAE, znacznego skrócenia łączy abonenckich przy zachowaniu stosunkowo niewielkiej skali wydatków na sieć pomiędzy centrami satelitowymi i centrum głównym w ramach MCAE.

- W obszarach o małej gęstości abonentów mogą być stosowane cyfrowe łącza okrężne składane z niewielkich modułów, pozwalające na dołączanie abonentów poprzez koncentratory o cyfrowej komutacji.

- Przejście przez cyfrowe centrum komutacyjne jest równorzędne - z punktu widzenia teletransmisyjnego - odcinkowi regeneratorskiemu cyfrowego dwutorowego traktu liniowego. Taki odcinek bezkolizyjnie wchodzi do połączenia w sieci cyfrowej, którego tłumienność wskutek tego nie zależy od liczby przejść tranzytowych przez kolejne MCAE. Jednak w istniejącej sieci analogowej typowe połączenia wykorzystują jednorodowe łącza analogowe, a komutowanie takich łączy przez cyfrowe centrum komutacyjne "wtrąca" do łańcucha telekomunikacyjnego odcinek zakończony z obu stron przetwornikami analogowo-cyfrowymi. Zatem wprowadzanie MCAE do istniejących sieci analogowych nie powinno odbywać się w sposób dowolny i przypadkowy, a w szczególności należy unikać w połączeniach telefonicznych nadmiernej liczby przetworzeń analogowo-cyfrowych i wielokrotnego kojarzenia ze sobą odcinków o jedno- i dwutorowej transmisji.

- Elektroniczne i istniejące systemy komutacyjne korzystają z różnych systemów sygnalizacji. Wprowadzanie MCAE w sposób dowolny i przypadkowy może spowodować zwiększenie liczby punktów przetwarzania sygnalizacji komutacyjnej, a tym samym podrożenie urządzeń, przedłużenie czasu zestawiania połączeń i zmniejszenie niezawodności przekazywania informacji w sieci telefonicznej.

Ogólne zasady budowy sieci miejskich, okręgowych i większych elektronicznych centrów komutacyjnych są następujące:

1. Wdrażanie cyfrowych systemów komutacyjnych i transmisyjnych powinno mieć na względzie przejście w przyszłości do sieci cyfrowej z integracją usług, dlatego też abonenci obsługiwani przez różne MCAE powinni być łączeni między sobą tylko poprzez sieć w pełni scyfryzowaną.

2. Elektroniczne centra komutacyjne i teletransmisyjne systemy cyfrowe powinny być wdrażane kompleksowo, tworząc wydzielone niezależne rejony obsługi /"wyspy cyfrowe"/ lub równoległą wydzieloną sieć cyfrową /sieć nakładaną/. W tych rejonach bądź sieciach główne centra komutacyjne MCAE powinny być powiązane między sobą według zasady "każde z każdym" lub poprzez takie centra MCAE, które dzięki sterowaniu programowanemu mogą spełniać funkcje zarówno centrum głównego, jak i centrum tranzytowego.

3. W nowo organizowanych rejonach obsługi dopuszcza się, aby MCAE, przewidziane do tranzytowania ruchu wychodzącego i przychodzącego innych MCAE, tranzytowały również ruch centrów komutacyjnych systemu krzyżowego. W tym przypadku przetworniki POM powinny być związane z zakończeniami łączy w MCAK.

4. Preferencje we wprowadzaniu MCAE powinny mieć po pierwsze - obszary o dużym nasyceniu sieci łączy międzycentralowych systemu PCM, a po drugie - obszary, w których przewiduje się potrzebę zapewnienia pewnej liczbie abonentów usług nietelefonicznych w sieci cyfrowej z integracją usług.

5. W zależności od warunków miejscowych MCAE i ich centra satelitowe powinny być ustawiane w obszarach o większej koncentracji istniejących i nowo przewidywanych źródeł ruchu telefonicznego.

6. Jednostki centralowe MCAE powinny mieć w miarę możliwości duże pojemności. Mając na względzie ekonomiczność budowy magistralnej sieci abonenckiej dopuszcza się rozproszenie pojemności MCAE na terenie sieci telefonicznej z lokalizacją centrów satelitowych w miejscach znacznie oddalonych od nadrzędnych centrów MCAE. Obok tego powinna być brana pod uwagę uzasadniona możliwość wnoszenia centrów satelitowych do innych obszarów obsługi. Centra te - w miarę rozbudowy sieci i wzrostu gęstości abonentów - mogą być przełączane do nowych, bliżej położonych MCAE. Trakty liniowe PCM, wykorzystywane początkowo do podłączenia centrum satelitowego, mogą być z kolei zastosowane do stworzenia łączy międzycentralowych pomiędzy MCAE.

7. W wielocentralowych sieciach telefonicznych, bez podziału na rejony, centra komutacyjne MCAE powinny być związane między sobą według zasady "każde z każdym"; współpraca z istniejącymi MCA powinna odbywać się bądź bezpośrednio, bądź też za pośrednictwem elektronicznych centrów tranzytowych. Centra satelitowe mogą być lokalizowane w pomieszczeniach istniejących centrów komutacyjnych. W miarę potrzeb, przy dalszej rozbudowie sieci, zużyty sprzęt centralowy może zostać zdemontowany, a w oswobodzonych pomieszczeniach może być lokalizowany sprzęt nowej MCAE. W ramach tej operacji do nowej jednostki centralowej MCAE mogą być włączone zarówno nowo budowane centra satelitowe, jak i poprzednio zbudowane stopnie abonenckie i centra satelitowe.

8. W wielocentralowych sieciach telefonicznych z podziałem na rejony centrom komutacyjnym MCAE należy nadawać numerację spośród oddzielnych, znajdujących się w rezerwie stutysięcznych zbiorów numerów abonenckich /oraz wielokrotności takich zbiorów/. Obszary obsługi nowych rejonów MCAE

bądź sieci tych centrów mogą nakładać się na obszary obsługi istniejących rejonów.

Szczególne uwagi należy zwrócić na zasady budowy sieci pośredniczącej, tzn. sieci pomiędzy elektronicznymi centrami komutacyjnymi miejskimi, okręgowymi oraz wiejskimi /MCAE/ i elektronicznymi centrami międzymiastowymi /ACMME/. Sieć ta jest wykorzystywana do realizacji automatycznej i półautomatycznej łączności międzymiastowej i międzynarodowej abonentów strefy numeracyjnej. Do sieci pośredniczącej wchodzi centra komutacyjne ACMME, łączy zgłoszeniowe i pośredniczące, wiążące między sobą ACMME i MCAE, a także łączy pomiędzy ACMME, obsługującymi daną strefę numeracyjną. W jednej sieci pośredniczącej może występować jedno lub kilka centrów ACMME.

Zasady budowy sieci pośredniczącej są następujące:

a. W przypadku obsługi strefy przez jedną ACMME między nią i poszczególnymi MCAE powinny być poprowadzone bezpośrednie wiązki łączy zgłoszeniowych i pośredniczących.

b. W przypadku obsługi strefy przez więcej niż jedną ACMME w sieci pośredniczącej powinny być stosowane drogi obejściowe. ACMME powinny być powiązane zgodnie z zasadą "każda z każdą".

c. Dwie ACMME mogą być zlokalizowane w jednym miejscu i wtedy wskazana jest ich specyfikacja według załatwianego ruchu wychodzącego oraz przychodzącego. Do pierwszej ACMME powinny być doprowadzone od MCAE wiązki łączy zgłoszeniowych oraz wychodzące łączy międzymiastowe; do drugiej ACMME powinny być doprowadzone przychodzące łączy międzymiastowe oraz łączy pośredniczące do wszystkich MCAE.

d. W przypadku kilku ACMME o różnych lokalizacjach może być wskazany podział strefy numeracyjnej na rejony działania poszczególnych ACMME. W każdym z nich dana ACMME powiązana jest ze wszystkimi MCAE łączy zgłoszeniowymi i pośredniczącymi. łączy międzymiastowe dla ruchu od i do strefy numeracyjnej powinny być dzielone pomiędzy poszczególne ACMME zgodnie z przewidywanym podziałem ruchu.

Ważniejsze zasady współpracy MCAE i ACMME z istniejącymi centralami są następujące:

1. W sieciach telefonicznych wielocentralowych, bez podziału na rejony, powinny być przewidziane bezpośrednie wiązki łączy od MCAE do istniejących central. Łącza te powinny być cyfrowe, z lokalizacją przetworników analogowo-cyfrowych w istniejących centralach /dotyczy to także pkt. 3 i 5/.

2. Kierowanie ruchu od istniejących centrów do nowych MCAE w układzie wielocentralowym bez podziału na rejony może wymagać analizy dwu- i trzycyfrowego wskaźnika centralowego i tu zalecane jest rozwiązanie z kierowaniem ruchu po pierwszej cyfrze, innej niż dla istniejących centrów, do tranzytującej MCAE, która obsługuje ruch odpowiedniego zbioru pobliskich istniejących centrów. W strefie numeracyjnej może być szereg takich tranzytujących MCAE.

3. W istniejących telefonicznych sieciach wielocentralowych, z podziałem na rejony, ruch od nowych centrów MCAE do istniejących centrów biegowych i krzyżowych powinien być tranzytowany bądź przez istniejące centra tandemowania ruchu przychodzącego do poszczególnych rejonów, bądź też przez właściwe tranzytujące MCAE. Między MCAE i istniejącymi centrami powinny być stosowane łącza cyfrowe.

4. Nowe centra komutacyjne MCAE mają współpracować z istniejącą ACMME albo przez wiązki bezpośrednio, albo też z tranzytowaniem ruchu poprzez właściwe MCAE. W tej sieci pośredniczącej powinny być stosowane łącza cyfrowe, z lokalizacją przetworników analogowo-cyfrowych w ACMME.

5. Nowa ACMME ma obsługiwać istniejące centra komutacyjne z zastosowaniem bezpośrednich wiązek łączy lub z tranzytowaniem ruchu przez MCAE, przy czym należy stosować przede wszystkim łącza cyfrowe.

W trakcie cyfryzacji sieci telefonicznej należy także przeanalizować problematykę sygnalizacji komutacyjnej, biorąc pod uwagę następujące zalecenia:

- Do współpracy cyfrowych centrów komutacyjnych ma być wykorzystywana sygnalizacja po wspólnym kanale sygnalizacyjnym zgodnie z zaleceniami CCITT, dotyczącymi sygnalizacji Nr 7 z uwzględnieniem specyfikacji sieci krajowej.

- Do współpracy z centrami istniejącej sieci należy korzystać z systemów sygnalizacji zastosowanych w istniejących centrach komutacyjnych. Styk między różnymi systemami sygnalizacji powinien być zlokalizowany w tranzytujących MCAE. Ma on przetwarzać cyfrową sygnalizację liniową oraz sygnalizację rejestrową R2 na sygnalizację po wspólnym kanale i odwrotnie.

- Przy połączeniach kierowanych z MCAE do central biegowych i krzyżowych, informujących abonenta o pewnych stanach sygnalizacyjnych za pomocą sygnałów tonowych, należy przewidzieć w MCAE możliwość odbioru od współpracującej centrali takich sygnałów tonowych poprzez tor rozmówny.

WYKAZ LITERATURY

1. Andre G. et al.: Digital switching in France. IEEE Trans. on Commun., COM-27, 7, 1047-1055, 1979.
2. CCITT: GAS 9, Aspects économiques et techniques du passage des réseaux de télécommunication analogiques aux réseaux numériques. UIT, Genève 1984.
3. D'Angelo A. et al.: Guidelines for switching digitalization in a constrained environment. XI ISS'84, Proc., pt. 1, 22C2.1-22C2.4.
4. Fahey J.D. et al.: An operating company's perspective of the introduction and performance experiences with digital switching. XI ISS'84, Proc., pt. 1, 13B1.1-13B1.7.
5. Gajworonskaja G.S.: Niekotoryje woprosy pieriechoda ot analogowych setiej swiazi k cyfrowym, w: Modieli informacyonnych setiej. Nauka, s. 145-155, Moskwa 1984.

6. Hopkins J.H. et al.: Transitional planning: key to the integrated digital network. IX ISS'79, Proc., vol. 1, 87-92.
7. Kamiński F., Trochoński J.: Zasady i metody optymalnego przekształcania polskiej sieci telekomunikacyjnej z analogowymi węzłami i łączami w sieć cyfrową. Część I. Instytut Łączności, Warszawa 1987.
8. Power K.W. et al.: Network planning studies for strategic use of new ESS in the Australian telephone network. IX ISS'79, Proc., vol. 3, 1017-1024.
9. Simpson W.G.: Transmission network planning for the digital era. NTG-Fachber., vol. 64, 22-28, VDE-Verlag, Berlin 1978.
10. Sztager W.W.: Ewolucja elektronicznych systemów komutacji i problemy stworzenia analogo-cyfrowych telefonnych sieci. Elektroswiat, vol. 34, Nr 6, 24-28, 1980.
11. Trochoński J.: Zasady rozwiązania strefowych sieci telefonicznych z zastosowaniem elektronicznych centrów komutacyjnych miejscowych i międzymiastowych. Zał. 4 do pracy pt. "Koncepcja technicznego rozwoju strefowych sieci telefonicznych i ich powiązanie z siecią krajową". Instytut Łączności, Warszawa 1985.

ISSN 0209-1046

