

I N S T Y T U T Ł Ą C Z N O S C I

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

R E F E R A T Y P R O B L E M O W E

Zeszyt 59

Tadeusz Flisek

METODA PROJEKTOWANIA OPTYMALNEJ STRUKTURY SIECI
TELEGRAFICZNO - TELEINFORMATYCZNEJ ARYTMICZNEJ

Określenie rodzaju węzła zbiorczego

Warszawa - listopad 1982

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stagowski
mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

dr inż. Tadeusz Flisek
Zakład Telegrafii /Z-13/

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-9180

Instytut Łączności, Oddział w Gdańsku

80-952 Gdańsk, ul. Jaśkowa Dolina 15, tel. 41-80-91 w.218

Praca problemu węzłowego nr 06.2-03.05.A.02.01

Opiniował: doc. mgr inż. Janusz Sochacki

Maszynopis dostarczono dnia 18.II.1983 r.

W ramach prac nad koncepcją krajowej sieci telegraficzno-teleinformatycznej arytmicznej kontynuowano [1] analizę możliwych struktur jej niższej płaszczyzny. Dla usystematyzowania prac opracowano metodę projektowania optymalnej struktury niższej płaszczyzny sieci. Artykuł obejmuje fazę określenia rodzaju węzła zbiorczego. Podano przykłady zastosowania metody. Uzyskane wyniki potwierdzają jej praktyczną przydatność. Metody innych faz projektowania sieci telegraficznej będą przedstawione oddzielnie.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Skwara

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 29.IV.1983 r.

Nakład 40 egz.

621.399.79

S P I S T R E Ś C I

Tadeusz Flisek

METODA PROJEKTOWANIA OPTYMALNEJ STRUKTURY SIECI TELEGRAFICZNO - TELEINFORMATYCZNEJ ARYTMICZNEJ

Określenie rodzaju węzła zbiorczego

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Jednostopniowy układ NPS	4
3. Dwustopniowy układ NPS	5
4. Układ dwustopniowy a dwa układy jednostopniowe NPS	9
5. Centrala komutacyjna a koncentrator	14
6. Wpływ ruchu teleinformatycznego	18
7. Przykłady zastosowania metody	20
7.1. Przekształcenie warunku opłacalności stosowania multipleksera	20
7.2. Charakterystyka przykładowego fragmentu sieci	24
8. Podsumowanie i wnioski	27
Wykaz literatury	29

KOMUNIKATY

Zbigniew Kupisz: Implementacja języka PASCAL na maszynie R-32

5-9180

Tadeusz Flisek

METODA PROJEKTOWANIA OPTYMALNEJ STRUKTURY SIECI TELEGRAFICZNO - TELEINFORMATYCZNEJ ARYTMICZNEJ

Określenie rodzaju węzła zbiorczego

1. WPROWADZENIE

W niniejszej pracy stanowiącej część obszernego tematu, przedstawiono metodę projektowania optymalnej - ze względu na koszt - struktury niższej płaszczyzny sieci telegraficzno - teleinformatycznej arytmicznej z komutacją łączy.

Problemy struktury sieci telegraficznej można podzielić na:

- problemy niższej płaszczyzny sieci /NPS/,

- problemy wyższej płaszczyzny sieci /WPS/

i w bardzo dużym zakresie analizować je oddzielnie, gdyż są one trochę różne. O ile w WPS głównymi problemami są: liczba i lokalizacja central węzłowych oraz strategia kierowania ruchu, to w NPS występują dodatkowe istotne problemy, a mianowicie:

- rodzaj węzła /komutacyjny - niekomutacyjny, centrala - koncentrator/,

- wielkość węzła.

Sposób rozwiązania tych problemów ma bardzo istotny wpływ na ogólny koszt sieci.

Potencjalne siedziby węzłów zbiorczych ustalono przy założeniu, że odległość abonentów od WZ powinna być nie większa niż zasięg łącza naturalnego, tzn. nie większa niż 30 km. Ten warunek jest w zdecydowanej większości przypadków spełniony, gdy za siedziby WZ przyjęte zostaną miasta o liczbie ludności w roku 1980 nie mniejszej niż 25 tysięcy mieszkańców.

Sieć telekomunikacyjna, w tym telegraficzna, jest inwestycją bardzo drogą. Na koszt sieci ma istotny wpływ jej struktura, oraz sposób organizacji i kierowanie ruchu. Ze względu na złożoność sieci telegraficznej, nie można projektować jej w sposób intuicyjny. Takie podejście do projektowania nie daje bowiem pewności, że sieć została zaprojektowana w sposób optymalny.

Problemowi optymalizacji sieci telekomunikacyjnych /telefonicznych, teleinformatycznych/ poświęcono wiele prac. Jednakże nie są autorowi znane proste, zbliżone do inżynierskich, metody projektowania struktury sieci telegraficznej takie, które mogłyby być zastosowane praktycznie, bez konieczności wykorzystywania wielkich programów komputerowych. W niniejszym artykule przedstawiono stosunkowo prostą metodę projektowania możliwie optymalnej struktury niższej płaszczyzny sieci telegraficznej i arytmicznej transmisji danych.

Charakteryzowana metoda projektowania NPS uwzględnia założenia realne, a mianowicie, że:

- a/ węzła zbiorczego [1] nie można zbudować w dowolnym punkcie obszaru, który ma obsługiwać; WZ zlokalizowany jest z reguły w największym mieście danego obszaru /centrum administracyjno-gospodarcze/;
- b/ liczba abonentów nie jest dowolna, lecz wynikająca /dla różnych okresów/ z gęstości telegraficznej; przy takim założeniu zwiększenie pojemności WZ prowadzi z reguły do wydłużenia średniego łącza abonenckiego /np. przez łączenie potencjalnych sąsiednich węzłów mniejszych w jeden węzeł większy/.

Elementami składowymi niższej płaszczyzny sieci są:

- a/ urządzenia końcowe,
- b/ urządzenia transmisyjne /łącza i urządzenia/,
- c/ urządzenia komutacyjne /centrale i koncentratory/.

Liczba i koszt urządzeń końcowych zależą od liczby i rodzaju abonentów; nie zależą one od sposobu organizacji

sieci. Z tych powodów nie będą one uwzględniane w rozważaniach. Przy optymalizowaniu struktury NPS będą uwzględnione:

- łącza abonenckie /mogą przyjmować różne długości średnie/,
- wyposażenie węzłów zbiorczych /centrala, koncentrator, wyposażenie multipleksera/,
- łącza dowęzłowe /pomiędzy WZ i CW/,
- wyposażenie centrali węzłowej /dla obsługi ruchu od 1 do analizowanego WZ/.

Koszt węzłów zbiorczych jest zależny od liczby przyłączy /abonenckich i dowęzłowych/ oraz od asortymentu funkcji realizowanego przez analizowany WZ. Liczba łączy dowęzłowych jest zależna zarówno od pojemności węzła, jak i od jego funkcji /np. zamykanie ruchu lokalnego/. Przy ustalonej gęstości telegraficznej pojemność węzła ma wpływ na średnią długość łącza abonenckiego.

Wyposażenie centrali węzłowej powinno być uwzględnione z dwóch powodów:

- im mniejsza jest liczba łączy dowęzłowych, tym mniejsza jest liczba zakończeń w CW /dla danego WZ/;
- jednostkowy koszt CW jest zależny od rodzaju WZ /np. wyposażenie dla abonentów dołączonych do koncentratora/.

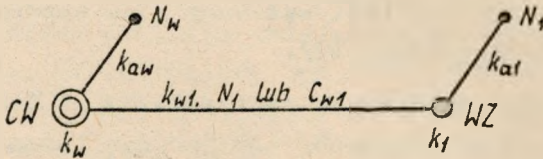
W celu ustalenia optymalnej struktury niższej płaszczyzny sieci przeanalizowano jej strukturę, zarówno jedno- jak i dwustopniową.

Zastosowana metoda optymalizacji struktury NPS oparta jest o ocenę progową: zostaje wyznaczony próg, a następnie bada się czy interesujący nas parametr ma wartość wyższą czy niższą od progu, a także jak daleko leżącą od tego progu. Rozwiązany jest więc problem nie: ile kosztuje sieć, lecz: jaki wariant sieci jest najtańszy. Takie podejście do problemu znacznie ułatwia analizę /metoda jest stosunkowo

proste jak na złożoność problemów sieci/ oraz pozwala na odejście od bezwzględnych kosztów różnych urządzeń.

2. JEDNOSTOPNIOWY UKŁAD NPS

Schemat układu przedstawia rys. 1. Przeanalizowane będą dwa warianty układu różniące się tym, że w jednym wariacie



Rys. 1. Układ jednostopniowy niższej płaszczyzny sieci
CW - centrala węzłowa /wyższa płaszczyzna sieci/ WZ - węzeł
zbiorczy

węzeł WZ jest bezkomutacyjny /multiplekser/, a w drugim -
komutacyjny /centrala lub koncentrator/. Odpowiednio do tych
dwóch wariantów układu można zapisać dwie zależności wyraża-
jące jego koszt

$$K_{11}/k, A/\sqrt{} = N_w k_{aw} + /N_w + N_1/k_w + N_1 k_{w1} + N_1 k_{a1} \quad /1/$$

$$K_{12}/k, A/\sqrt{} = N_w k_{aw} + /N_w + C_{w1}/k_w + C_{w1} k_{w1} + \\ + /C_{w1} + N_1/k_1 + N_1 k_{a1} \quad /2/$$

gdzie C_{w1} - liczba łączy pomiędzy CW i WZ, w przypadku gdy
WZ jest węzłem komutacyjnym,

k_{aw} - średni koszt łącza abonenckiego abonentów dołą-
czonych do CW,

k_{a1} - jw. lecz abonentów dołączonych do WZ,

k_w - jednostkowy koszt węzła CW /koszt jednego zakończenia w węzle CW/,

k_1 - jednostkowy koszt węzła WZ,

k_{w1} - koszt łącza dowęzłowego,

N_w - liczba abonentów dołączonych do węzła CW,

N_1 - liczba abonentów dołączonych do węzła WZ.

Parametry N i C można wyrazić za pomocą jednego wspólnego parametru, a mianowicie: ruchu telegraficznego $/A/$.

Dlatego koszt K_{11} i K_{12} wyrażono jako funkcję ruchu $/A/$, ogólnie wyrażającego koszt elementów układu, parametru k .

Odejmując zależność $/2/$ od zależności $/1/$ otrzymamy

$$\Delta K_1 = K_{11} - K_{12} = /N_1 - C_{w1} / k_w + /N_1 - C_{w1} / k_{w1} - /N_1 + C_{w1} / k_1 \quad /3/$$

Zależność $/3/$ może przyjąć jeden z trzech zakresów wartości

$\Delta K_1 > 0$, czyli $K_{11} > K_{12}$, a zatem wariant 1 układu jest droższy;

$\Delta K_1 = 0$, czyli $K_{11} = K_{12}$, a zatem oba warianty są równoważne /pod względem kosztu/;

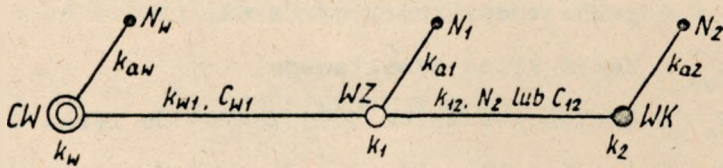
$\Delta K_1 < 0$, czyli $K_{11} < K_{12}$, a zatem wariant 1 układu jest tańszy.

Dla $\Delta K_1 = 0$ otrzymamy

$$k_1 = \frac{N_1 - C_{w1}}{N_1 + C_{w1}} /k_w + k_{w1}/ = k_{10} \quad /4/$$

3. DWUSTOPNIOWY UKŁAD NPS

Schemat układu przedstawia rys. 2. Podobnie jak w przypadku układu jednostopniowego będą przeanalizowane 2 wa-



Rys. 2. Układ 2 - stopniowy niższej płaszczyzny sieci

CW - centrala węzłowa /wyższa płaszczyzna sieci/, WZ - węzeł zbiorczy, WK - węzeł końcowy

rianty układu różniące się tym, że w jednym wariancie węzeł WK jest bezkomutacyjny /multiplexer/, a w drugim - komutacyjny /centrala lub koncentrator/. Na odcinku CW-WZ układ dla obu wariantów jest jednakowy /WZ jest węzłem komutacyjnym/. Przy tych założeniach, koszt układu /zależnie od wariantu/ wyrazi się następującymi zależnościami:

$$K_{21}/k, A/ = N_w k_{aw} + /N_w + C_{w1}/k_w + C_{w1} k_{w1} + N_1 k_{a1} + /N_1 + C_{w1} + N_2/k_1 + N_2 k_{12} + N_2 k_{a2} \quad /5/$$

$$K_{22}/k, A/ = N_w k_{aw} + /N_w + C_{w1}/k_w + C_{w1} k_{w1} + N_1 k_{a1} + /N_1 + C_{w1} + C_{12}/k_1 + C_{12} k_{12} + N_2 k_{a2} + /N_2 + C_{12}/k_2 \quad /6/$$

gdzie C_{12} - liczba łączy pomiędzy WZ i WK, w przypadku gdy WK jest węzłem komutacyjnym,

k_{a2} - średni koszt łącza abonenckiego abonentów dołączonych do WK,

k_2 - jednostkowy koszt węzła WK,

k_{12} - koszt łącza pomiędzy węzłami WZ i WK,

N_2 - liczba abonentów dołączonych do węzła WK.

Znaczenie pozostałych symboli podano na str. 4 i 5.

Odejmując zależność /6/ od zależności /5/ otrzymamy

$$\Delta K_2 = K_{21} - K_{22} = \frac{N_2 - C_{12}}{k_1} + \frac{N_2 - C_{12}}{k_{12}} - \frac{N_2 + C_{12}}{k_2} \quad /7/$$

Dla $\Delta K_2 = 0$ otrzymamy

$$k_2 = \frac{N_2 - C_{12}}{N_2 + C_{12}} \cdot (k_1 + k_{12}) = k_{20} \quad /8/$$

Jeżeli pominąć indeksy, to wzór /8/ ma identyczną postać jak wzór /4/. Z tego wynika ważny wniosek:

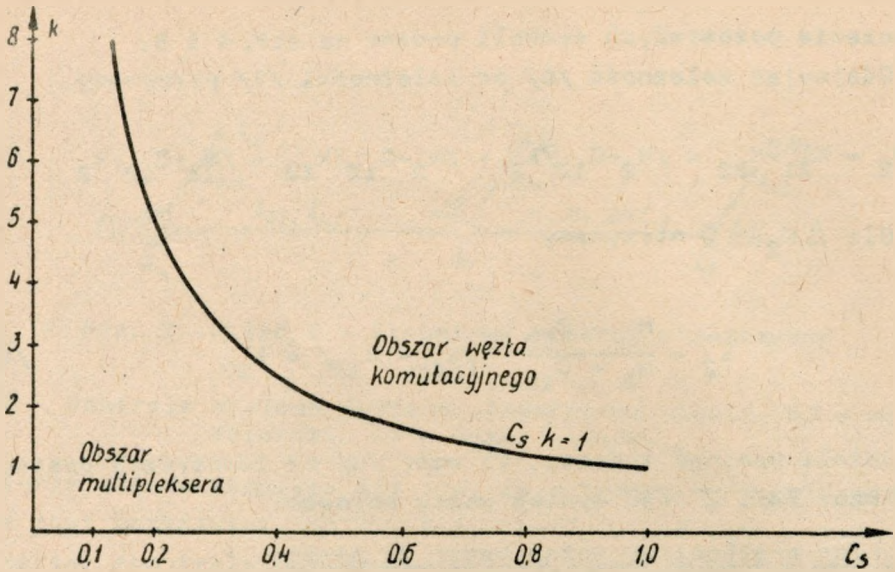
Układ n-stopniowy można badać za pomocą odpowiedniej sumy układów 2-stopniowych.

Wniosek ten jest słuszny dla układu gwiazdzistego NPS. Interpretacja jego jest taka: Badany jest układ 2-stopniowy CW-WZ. Jeśli węzeł WZ jest tańszy w wykonaniu centralowym, to można badać następny układ 2-stopniowy: WZ-WK, itd. Jeśli jednak węzeł WZ w wykonaniu centralowym jest nieekonomiczny, to dalsze badania nie mają sensu, gdyż układu z dwoma pośobnie połączonymi koncentratorami nie stosuje się.

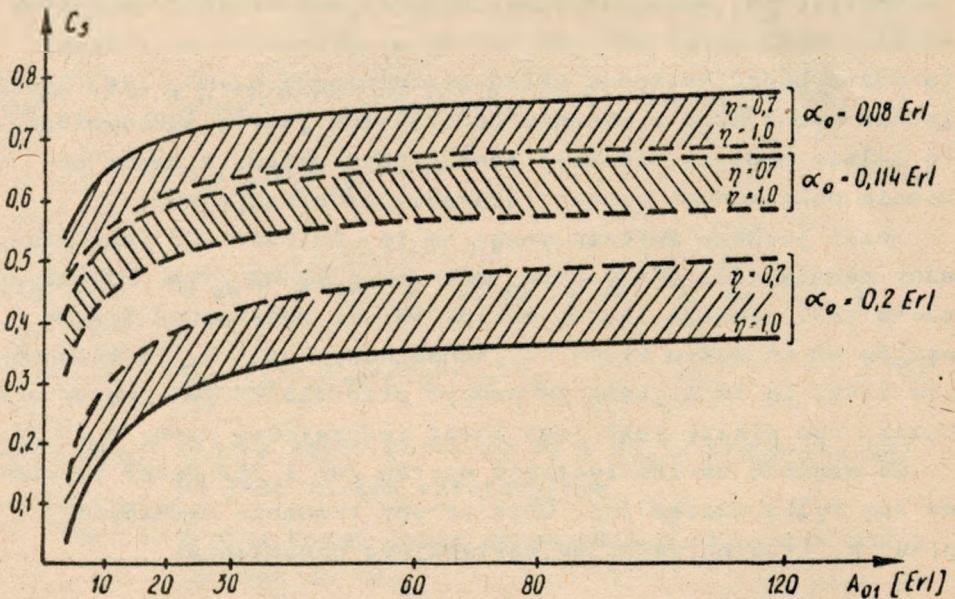
Można jeszcze zwrócić uwagę na to, że wzór /8/ jest słuszny również dla przypadków, gdy do węzła WZ /rys. 2/ dołączona jest większa liczba węzłów WK. Ta zwiększona liczba węzłów WK ma wpływ tylko na jednostkowy koszt k_2 , a mianowicie taki, że im większa /w pewnym przedziale/ jest pojemność węzła, tym niższy jest jego koszt jednostkowy /zob. rys.11/.

Ze względu na identyczność wzorów /4/ i /8/ dalej zajmujemy się tylko wzorem /4/. Obie strony równania podzielimy przez k_2 oraz wprowadzimy następujące oznaczenia:

$$\frac{N_1 - C_{w1}}{N_1 + C_{w1}} = C_s \quad /9/$$



Rys. 3. Krzywa równoważności rozwiązań multipleksera i węzła komutacyjnego



Rys. 4. Zależność parametru C_s od ruchu generowanego w węzle WZ

α_0 - ruch generowany średnio przez jednego abonenta,
 η - udział ruchu wychodzącego z WZ do CW

$$\frac{k_w + k_{w1}}{k_1} = k \quad /10/$$

Wówczas otrzymamy prostą zależność odpowiadającą równaniu hiperboli dla $C_g > 0$ i $k > 0$:

$$C_g \cdot k = 1 \quad /11/$$

Przypomnijmy, że zależność /11/ wyraża warunki równowagi obu wariantów układu sieci. Zależność tę przedstawia rys. 3. Nad krzywą $C_g \cdot k = 1$ /tzn. $C_g \cdot k > 1$ / leży obszar opłacalności węzła komutacyjnego. Pod nią /tzn. $C_g \cdot k < 1$ / obszar opłacalności węzła bezkomutacyjnego /multiplexserowego/.

Zależność parametru C_g od natężenia ruchu A_{01} , dla praktycznego zakresu wartości A_{01} , przedstawiono na rys. 4.

4. UKŁAD DWUSTOPNIOWY A DWA UKŁADY JEDNOSTOPNIOWE NPS

Porównamy jeszcze układ dwustopniowy z dwoma układami jednostopniowymi w niższej płaszczyźnie sieci. Układy te przedstawiono na rys. 5. Zależności wyrażające koszt tych układów będą miały następującą postać:

$$K_a/k, A/ = N_w k_{aw} + N_w + C_{w1}/k_w + N_1 k_{a1} + N_1 + C_{w1} + C_{12}/k_1 + C_{w1} k_{w1} + C_{12} k_{12} + N_2 k_{a2} + N_2 + C_{12}/k_2 \quad /12/$$

$$K_b/k, A/ = N_w k_{aw} + N_w + C'_{w1} + C_{w2}/k_w + N_1 k_{a1} + N_1 + C'_{w1}/k_1 + N_2 + C_{w2}/k_2 + C'_{w1} k_{w1} + C_{w2} k_{w2} + N_2 k_{a2} \quad /13/$$

Ruch od abonentów N_1 do abonentów N_2 /i odwrotny/, jako bardzo mały, można w pierwszym przybliżeniu zaniedbać.

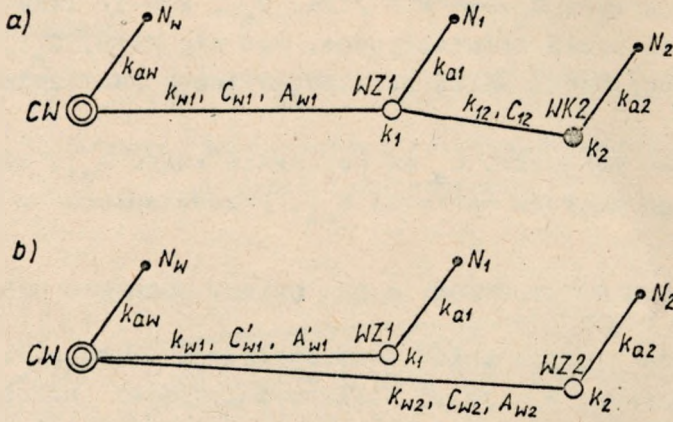
Wówczas otrzymamy

$$A_{w1} = A'_{w1} + A_{w2} \quad /14/$$

$$\text{i } A_{1w} = A'_{1w} + A_{2w} \quad /15/$$

przy czym zakładamy, że

$$A_{1w} = A_{w1}, \quad A'_{1w} = A'_{w1} \quad \text{i} \quad A_{2w} = A_{w2} \quad /16/$$



Rys. 5. Układ dwustopniowy /a/ oraz równoważne mu dwa układy jednostopniowe /b/

Znaczenie poszczególnych symboli w zależnościach /12/ +
 + /16/ jest analogiczne jak w zależnościach /1/ i /2/ oraz
 /5/ i /6/ a także wynika z rysunku 5.

Odejmując /13/ od /12/ otrzymamy

$$\Delta K_{ab} = K_a - K_b = /C_{w1} - C'_{w1} - C_{w2} / k_w + /C_{w1} + C_{12} - C'_{w1} / k_1 + C_{12} k_{12} +
 + /C_{w1} - C'_{w1} / k_{w1} - C_{w2} k_{w2} \quad /17/$$

Założymy przypadek skrajny

$$k_{w2} = k_{w1} + k_{12} \quad /18/$$

Wówczas - z uwzględnieniem zależności /14/ - otrzymamy następującą zależność na równoważność rozwiązań a i b /wg rys. 5/:

$$\Delta K_{ab} = /C_{w1} - C'_{w1} - C_{w2} / \cdot /k_w + k_{w1} / + /C_{w1} + C_{w2} - C'_{w1} / k_1 = 0 \quad /19/$$

Po przekształceniu tej zależności otrzymamy

$$k_1 = \frac{C'_{w1} + C_{w2} - C_{w1}}{C_{w1} + C_{w2} - C'_{w1}} /k_w + k_{w1}/$$

lub

$$C_t \cdot k = 1 \quad /20/$$

gdzie

$$C_t = \frac{C'_{w1} + C_{w2} - C_{w1}}{C_{w1} + C_{w2} - C'_{w1}} \quad /21/$$

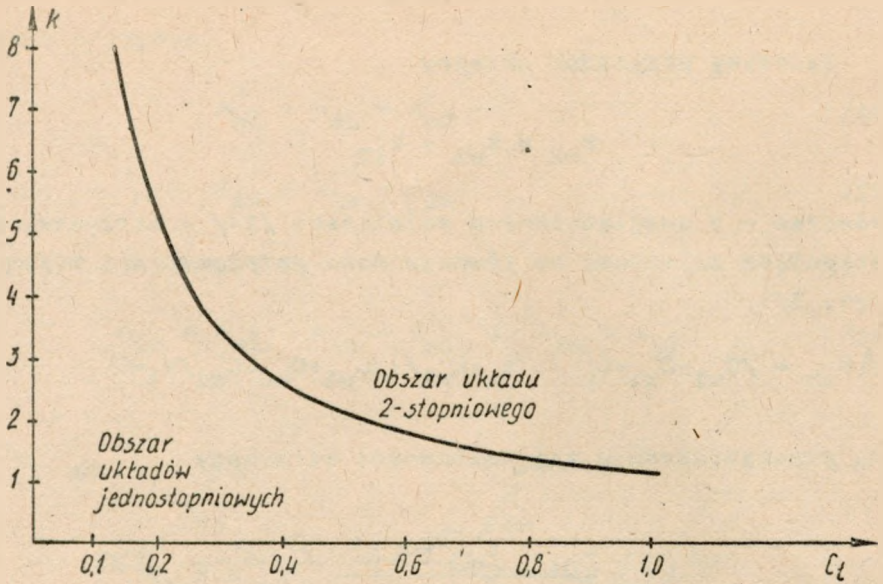
a

$$k = \frac{k_w + k_{w1}}{k_1}$$

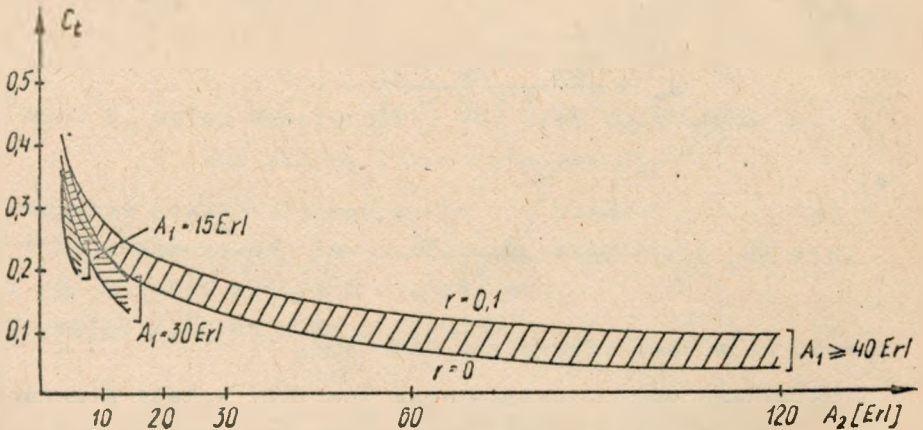
a więc zależność identyczna jak /10/.

Zależność /20/ - analogiczna jak /11/ - jest przedstawiona na rys. 6. Nad krzywą leży obszar opłacalności układu dwustopniowego, pod nią obszar opłacalności dwóch układów jednostopniowych.

Zależność parametru C_t od wielkości ruchu wychodzącego z węzła 2 /A₂/ przedstawia rys. 7. Na rysunku pokazano, że



Rys. 6. Krzywa równoważności rozwiązań układu 2-stopniowego i dwóch układów jednostopniowych



Rys. 7. Zależność parametru C_t od rochu wychodzącego z węzła 2 (wg rysunku 5)

Krzywe dolne odpowiadają $r=0$ a górne $r=0,1$
 A_1 - ruch wychodzący z węzła 1

przy małych wartościach ruchu wartość parametru C_t zależy od ruchu wychodzącego z węzła 1 $/A_1 = A_{1w} + A_{12}/$. Wynika to przede wszystkim z tego, że przy takich wartościach ruchu zależność liczby łączy od załatwianego ruchu jest "najbardziej nieliniowa".

Przyjmując założenie /15/ zaniedbaliśmy ruch od abonentów węzła 1 do abonentów węzła 2 /i odwrotnie/. Teraz zbadamy wpływ tego ruchu na parametr C_t . Wpływ ten wyrazi się większym ruchem A'_{w1} . Zapiszemy to w sposób następujący

$$A''_{1w} = A'_{1w} + A_{12} \quad /22/$$

Ruch A_{12} możemy wyrazić jako część /r-tą część/ całkowitego ruchu przychodzącego do /lub wychodzącego z/ węzła 2, czyli

$$A_{12} = rA_2, \quad r < 1 \quad /23/$$

Ruch A_2 jest całkowitym ruchem przychodzącym do węzła 2 i - zgodnie z zasadą zachowania ruchu - jest /przyjmujemy, że jest/ on równy całkowitemu ruchowi wychodzącemu z tego węzła, czyli

$$A_{12} + A_{w2} = A_2 = A_{21} + A_{2w} \quad /24/$$

Przyjęcie założenia:

$$A_{12} = A_{21} > 0, \text{ tzn. } r > 0$$

ma taki wpływ na parametr C_t , że w /21/ w miejsce C'_{w1} wstawimy C''_{w1} wyrażone zależnością

$$C''_{w1} = f /A''_{1w}/ \quad /25/$$

gdzie A''_{1w} określone jest zależnościami /22/ i /23/.

Dla węzłów małych pojemności /a głównie takie są tutaj analizowane/ wartość ruchu pomiędzy abonentami węzłów 1 i 2

z reguły nie przekroczy kilku procent ruchu wychodzącego z węzła 2. Należy się spodziewać, że wartość r będzie się zawierać pomiędzy 0 i 0,1. Dla takiego zakresu wartości r wykonano rysunek 7.

Już z porównania rysunków 6 i 7 można wyprowadzić wniosek, że układ dwustopniowy może być konkurencyjny w stosunku do układów jednostopniowych tylko w przypadku bardzo małych pojemności węzła WK i bardzo dużych odległości od centrali węzłowej, a także przy dużym zainteresowaniu ruchowym pomiędzy abonentami WZ i WK. Ponieważ układ dwustopniowy ma pewne inne wady /np. wyższy stopień zniekształceń/ w stosunku do układu jednostopniowego, nie będzie on brany pod uwagę przy opracowywaniu struktury niższej płaszczyzny sieci telegraficzno-teleinformatycznej.

5. CENTRALA KOMUTACYJNA A KONCENTRATOR

Dotychczasowe rozważania dotyczyły wyboru: multipleksor czy węzeł komutacyjny. Teraz zajmiemy się określeniem obszarów opłacalności koncentratora i centrali - gdy już ustalono, że zastosowany powinien być węzeł komutacyjny.

Na podstawie rys. 8 możemy napisać następujące zależności

$$K_K/k.A/ = /k_w + k_{w1} + uk_{10}/ C_{w10}, \quad u < 1 \quad /26/$$

$$K_C/k.A/ = /k_w + k_{w1} + k_{10}/ wC_{w10}, \quad w < 1 \quad /27/$$

gdzie $K_K/k.A/$ - koszt układu w przypadku zastosowania w WZ koncentratora,

$K_C/k.A/$ - koszt układu w przypadku zastosowania w WZ centrali,

$wC_{w10} = C_{w1}$ - liczba łączy pomiędzy węzłami,

$$C_{w10} = 2f/A_{w1} \quad /28/$$

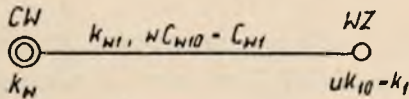
$$C_{w1} = 2f/\eta A_{w1}/ \quad \eta < 1 \quad /29/$$

$uk_{10} = k_1$ - jednostkowy koszt węzła WZ,

k_{10} - WZ jest centralą, $u = 1$

k_1 - WZ jest koncentratorem, $u < 1$

Pozostałe symbole objaśniono wyżej.



Rys. 8. Jednostopniowy układ NPS dla wyboru rodzaju WZ /centrala czy koncentrator/

W zależnościach /28/ i /29/ pominięto koszt i liczbę łączy abonenckich, gdyż parametry te w obu rozwiązaniach są jednakowe. Jeśli chodzi o jednostkowy koszt k_w , to z reguły jest on w przypadku koncentratora wyższy niż w przypadku centrali. W rozwiązaniu koncentratorowym potrzebne są w centrali węzłowej pewne środki dla obsługi abonentów dołączonych do koncentratora. Jednakże te dodatkowe nakłady mogą być uwzględnione w parametrze u .

Odejmując zależność /27/ od /26/ otrzymamy

$$\Delta K_{KC} = K_K - K_C = k_w C_{w10}/1-w/ + k_{w1} C_{w10}/1-w/ + k_{10} C_{w10}/u-w/$$

Przyrównując ΔK_{KC} do zera otrzymamy warunek równoważności rozwiązań koncentratora i centrali /po podzieleniu obu stron równania przez $C_{w10}/$:

$$k_w/1-w/ + k_{w1}/1-w/ + k_{10}/u+w/ = 0 \quad /30/$$

Po przekształceniu tej zależności otrzymamy

$$u = w - \frac{k_w + k_{w1}}{k_{10}} / 1 - w/ = u_0$$

albo [po uwzględnieniu zależności /10/]

$$u_0 = w - k / 1 - w/ \quad /31/$$

lub

$$u_0 = w / 1 + k/ - k \quad /32/$$

W przypadku $u > u_0$ tańszym rozwiązaniem jest centrala, w przypadku $u < u_0$ tańsze jest rozwiązanie koncentratorowe. Natomiast, gdy $u = u_0$ oba rozwiązania są równoważne.

W sposób graficzny, zależności /31/ i /32/ przedstawiono na rys. 9. W obszarach powyżej prostych $w = \text{const}$ / $k = \text{const}$ tańszym rozwiązaniem jest centrala. Poniżej tych prostych leżą obszary, w których tańsze jest rozwiązanie koncentratorowe.

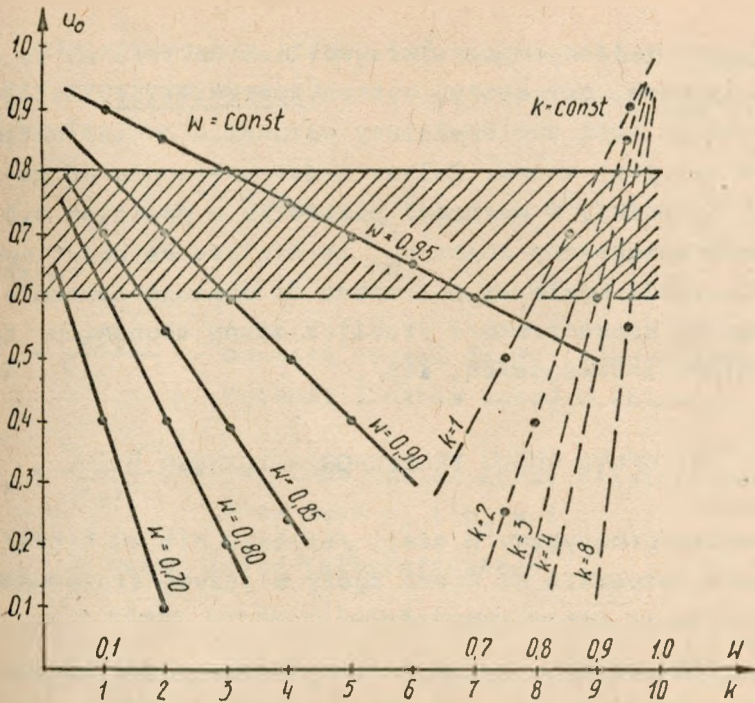
Zależność parametru w od parametru η można wyprowadzić z zależności /23/ i /29/

$$w = \frac{C_{w1}}{C_{w10}} = \frac{f/A_{w1}}{f/\eta^2 A_{w1}} \quad /33/$$

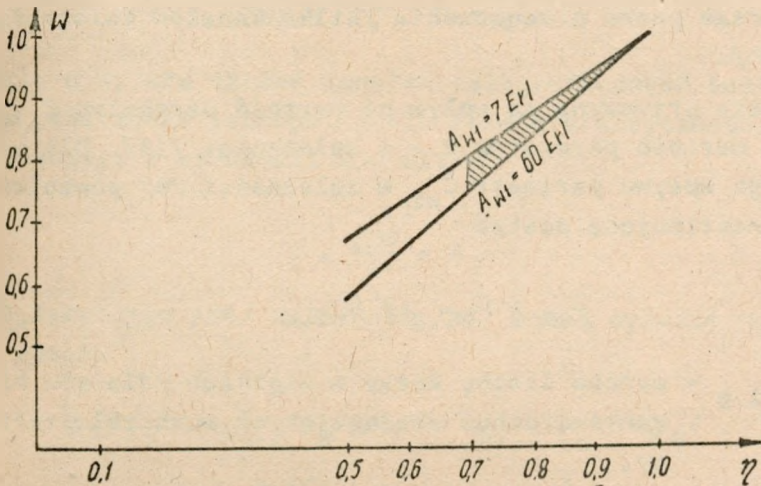
Zależność tę, dla wybranych wartości ruchu, przedstawia rys. 10.

Interpretacja rys. 9 jest następująca: Im większą wartość ma parametr k , tym "szybciej", tzn. tym przy mniejszej wartości $u = \frac{k_1}{k_{10}}$, tańszym rozwiązaniem jest centrala. Na

przykład, dla $w=0,9$: przy $k=5$ centrala jest już opłacalna dla $u_0 > 0,4$ a przy $k=3$ - dopiero dla $u_0 > 0,6$.



Rys. 9. Zależność parametru u_0 od k (linie ciągłe) oraz od w (linie przerywane)



Rys. 10. Zależność parametru w od η [na podstawie zależności /33/]

η - udział ruchu wychodzącego z WZ do CW

Osobną sprawą jest rzeczywista możliwa wartość u , co ma znaczenie istotne, gdy chcemy wybrać koncentrator. Wydaje się, że wówczas musi być spełniony warunek $u \geq 0,8$. Wartość ta obecnie nie jest znana. Zależy w dużym stopniu od zastosowanej techniki. W wartości parametru u powinien być uwzględniony zwiększony koszt k_w , ze względu na dodatkowe środki w centrali węzłowej potrzebne do obsługi abonenta dołączonego do koncentratora /tablica stanu abonentów, tablica możliwości usługowych, itp/.

6. WPŁYW RUCHU TELEINFORMATYCZNEGO

Ruch teleinformatyczny w sieci /szybszy niż 50 bit/s/ ma wpływ przede wszystkim na koszt łączy międzycentralowych. Wpływ ten ujawnia się w tym, że:

- na skutek podziału wiązki wzrasta sumaryczna liczba łączy w relacji,
- łącza dla transmisji danych są droższe, gdyż zajmują szersze pasmo przenoszenia /kilka kanałów telegraficznych/.

Pierwsza przyczyna ma wpływ na wartość parametru C_g , a druga na wartość parametru k - w zależności /11/. Dla uchwycenia tego wpływu parametr C_{w1} w zależności /9/ powinien przyjąć następującą postać

$$C_{w1} = C_{w1,g} + C_{w1,d} \quad /34/$$

gdzie $C_{w1,g}$ - wyraża liczbę łączy w wiązkach /dla obu kierunków ruchu/ obsługujących ruch telegraficzny,

$C_{w1,d}$ - jw. lecz obsługujących ruch teleinformatyczny.

W przypadku gdy występują użytkownicy teleinformatyczni różnych kategorii /różne szybkości transmisji/, w parametrze $C_{w1,d}$ muszą być uwzględnione dalsze podziały wiązek.

Dla uchwycenia wpływu zwiększonego kosztu łączy teleinformatycznych występujący w /10/ parametr k_{w1} przedstawimy w postaci

$$k_{w1} = p_g k_{w1,g} + p_d k_{w1,d} \quad /35/$$

gdzie

$$p_g = \frac{C_{w1,g}}{C_{w1}} \quad - \text{oznacza udział łączy telegraficznych w sumarycznej liczbie łączy w relacji,}$$

$$p_d = \frac{C_{w1,d}}{C_{w1}} \quad - \text{jw. lecz udział łączy teleinformatycznych, przy czym } p_g + p_d = 1,$$

$k_{w1,g}$ - koszt łączy telegraficznego,

$k_{w1,d}$ - koszt łączy teleinformatycznego.

Koszt łączy teleinformatycznego można wyrazić w postaci wielokrotności kosztu łączy telegraficznego

$$k_{w1,d} = q \cdot k_{w1,g} \quad /36/$$

gdzie q wyraża liczbę kanałów telegraficznych potrzebnych dla utworzenia jednego kanału teleinformatycznego. Np. dla transmisji o szybkości 200 bit/s

$$q = \frac{200}{50} = 4$$

Uwzględniając /36/ zależność /35/ można wyrazić w następujący sposób

$$\begin{aligned} k_{w1} &= k_{w1,g} / p_g + q p_d / = k_{w1,g} / p_g + q - q p_g / \\ &= k_{w1,g} \left[\frac{C_{w1,g}}{C_{w1}} / 1 - q / + q \right] = k_{w1,g} \cdot d \end{aligned} \quad /37/$$

$$\text{gdzie } d = q + / 1 - q / \frac{C_{w1,g}}{C_{w1}} \quad /38/$$

Współczynnik q powinien również uwzględniać różne szybkości transmisji, jeśli takie występują.

7. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA METODY

7.1. Przekształcenie warunku opłacalności stosowania multipleksera

Zależność /11/ służy przede wszystkim do określenia zakresu /warunków/ stosowania węzłów bezkomutacyjnych. Możliwość jej wykorzystania wymaga znajomości jednostkowego kosztu central komutacyjnych i łączy międzycentralowych [zależność /10/] lub przynajmniej wzajemnego stosunku tych kosztów.

Jednakże takich kosztów w tej chwili nie znamy i nie jesteśmy w stanie obecnie ich ustalić. Z tego powodu zależność /11/ przekształcimy na postać inną, która pozwoli na czasowe ominięcie trudności.

Przyjmując, że pojemność centrali węzłowej jest na tyle duża, że jednostkowy koszt k_w leży na "prostej" części charakterystyki / rys. 11/ zależność /10/ możemy przekształcić w sposób następujący:

$$k = \frac{k_w}{z_1 \cdot k_w} + \frac{k_{w1}}{z_1 k_w} = \frac{1}{z_1} /1 + \frac{k_{w1}}{k_w} / \quad /39/$$

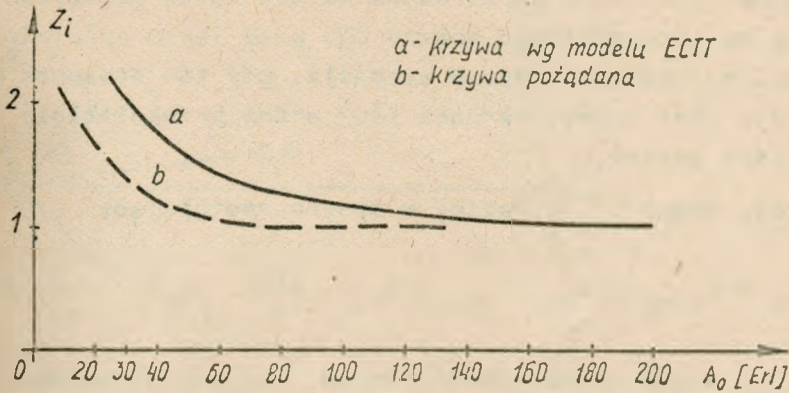
gdzie z_1 oznacza względny jednostkowy koszt WZ w stosunku do jednostkowego kosztu C_w /rys. 11/.

Wykorzystując /39/ warunek na opłacalność węzła multipleksowego /bezkomutacyjnego/ możemy przedstawić w postaci

$$\frac{C_s}{z_1} /1 + \frac{k_{w1}}{k_w} / \leq 1$$

lub

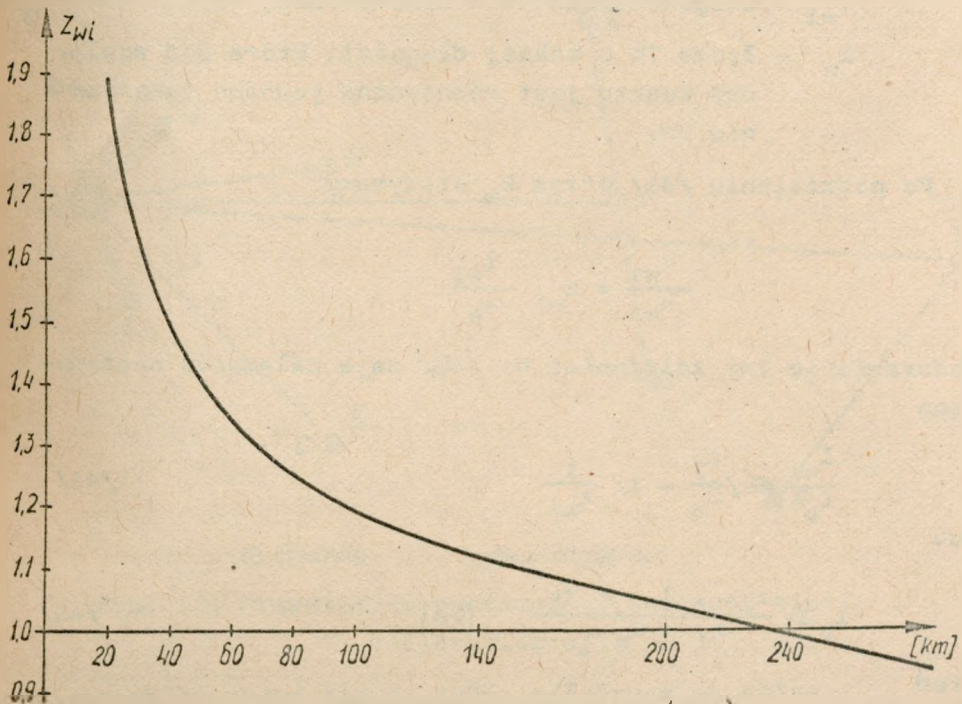
$$\frac{k_{w1}}{k_w} \leq \frac{z_1}{C_s} - 1 \quad /40/$$



Rys. 11. Zależność względnego jednostkowego kosztu węża od jego pojemności

$$N = \frac{1}{\alpha_0} \cdot A_0 = 10A_0$$

α_0 - ruch generowany średnio przez jednego abonenta



Rys. 12. Zależność względnego kosztu (Z_{wi}) 1 km łącza telegrafii wielokrotnej od długości łącza (l) (na przykładzie TgFM-24)

Zależność /40/ określa stosunek kosztu łącza międzycentralowego do jednostkowego kosztu CW, przy jakim opłacalny jest węzeł multiplekserowy. W sytuacji, gdy ten stosunek kosztów nie jest znany, warunek /40/ można przekształcić w jeszcze inną postać.

Mianowicie, koszt k_{w1} wyrazimy w sposób następujący

$$k_{w1} = k_{o,w1} \cdot z_{w1} \cdot l_{w1} = z_{w1} \cdot \frac{l_{w1}}{l_o} \cdot k_w \quad /41/$$

gdzie $k_{o,w1}$ - jednostkowy koszt łącza telegrafii wielokrotnej "długiego" /koszt 1 km łącza o długości około 230 km - zob. rys. 12/,

z_{w1} - względny koszt łącza TW w zależności od długości tego łącza /wg rys. 12/,

l_{w1} - długość łącza TW w kilometrach,

l_o - łącze TW o takiej długości, która pod względem kosztu jest równoważna jednemu zakończeniu CW.

Po podzieleniu /41/ przez k_w otrzymamy

$$\frac{k_{w1}}{k_w} = z_{w1} \cdot \frac{l_{w1}}{l_o}$$

Podstawienie tej zależności do /40/ daje zależność następującą

$$\frac{l_{w1}}{l_o} \leq \frac{z_1}{C_s} - 1 / \frac{1}{z_{w1}} \quad /42/$$

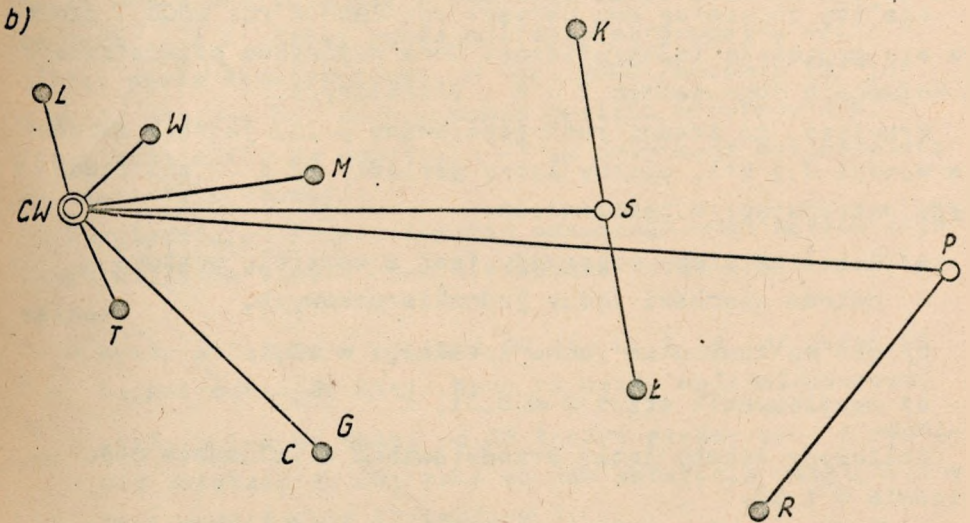
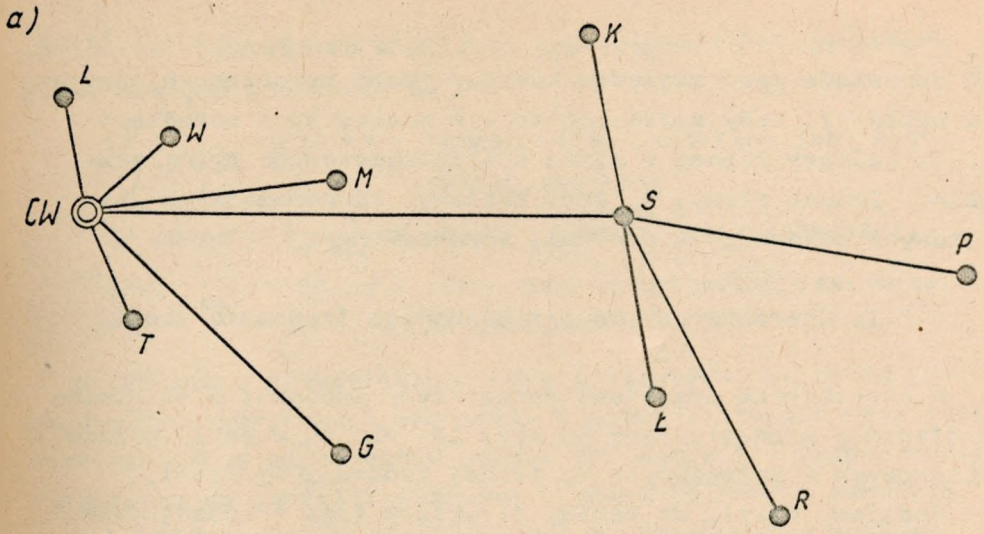
lub

$$l_o \geq \frac{z_{w1} \cdot l_{w1} \cdot C_s}{z_1 - C_s} \quad [\text{km}] \quad /43/$$

stąd

$$l_{o,\min} = \frac{z_{w1} \cdot l_{w1} \cdot C_s}{z_1 - C_s} \quad [\text{km}] \quad /44/$$

gdzie C_s określone jest zależnością /9/.



○ centrala

● multiplexer

Rys. 13. Przykładowo analizowany fragment sieci telegraficznej

a/ optymalny układ dla r. 1990, b/ optymalny układ dla r. 2000.

Zależność /44/ określa ile /co najmniej/ kilometrom łącza TW odpowiada /pod względem kosztu/ jedno zakończenie centrali węzłowej, żeby zastosowanie - w konkretnych warunkach sieci telegraficznej - węzła multiplekserowego było opłacalne. Innymi słowy, l_0 jest łączowym równoważnikiem /kosztowym/ zakończenia centrali komutacyjnej.

7.2. Charakterystyka przykładowego fragmentu sieci

W charakterze przykładu rozpatrzmy fragment sieci telegraficznej przedstawiony na rys. 13. Obejmuje on 10 węzłów zbiorczych - dołączonych do jednej centrali węzłowej.

Będziemy dążyli do takiej struktury tego fragmentu sieci, która zapewni możliwie najniższy sumaryczny koszt urządzeń komutacyjnych i transmisyjnych.

Analizę objęte są dwa okresy: rok 1990 i rok 2000, różniące się gęstością telegraficzną. Dane wyjściowe przedstawiono w kolumnach odpowiednio 2 + 4 i 9 tablicy 1.

Przyjęto, że średni ruch generowany przez jednego abonenta wynosi 0,1 Erl. Liczby łączy pomiędzy WZ i CW obliczono przy następujących założeniach:

- a/ węzeł zbiorczy połączony jest z centralą węzłową dwiema wiązkami łączy jednokierunkowych,
- b/ nie ma zamykania ruchu lokalnego w WZ,
- c/ współczynnik start $B \leq 0,01$.

Obliczone liczby łączy przedstawiono w kolumnach odpowiednio 5 i 10.

Względny jednostkowy koszt WZ /kolumny 6 i 11/ odczytano z rys. 11, a względny koszt łącza na odcinku WZ-CW /kolumna 7/ - z rysunku 12. Obliczone według zależności /44/ wartości $l_{0,\min}$ podano w kolumnach odpowiednio 8 i 12 tablicy 1.

Ze względu na to, że obecnie nie jest znana zależność pomiędzy jednostkowym kosztem węzła i kosztem łącza międzycentralowego /telegrafii wielokrotnej/, dla oceny różnych

wariantów rozwiązania analizowanego fragmentu sieci przyjęliśmy następujące kryteria

- 1/ $l_{o,min} \leq 30$ km - bezwarunkowo opłacalny jest węzeł multiplekserowy
- 2/ $30 \text{ km} < l_{o,min} \leq 60$ km - obszar nieokreśloności,
- 3/ $l_{o,min} > 60$ km - bezwarunkowo opłacalny jest węzeł komutacyjny.

W tabelicy 1 przedstawiono wyniki czterech wariantów /układów cząstkowych/. W wariantcie I przeanalizowano wszystkie węzły zbiorcze niezależnie od siebie; wszystkie bezpośrednio w stosunku do centrali węzłowej. Wyniki kolumny 8 pokazują, że w r. 1990 węzły W, L, T, G, M i K powinny być węzłami multiplekserowymi, a węzeł P - węzłem komutacyjnym. Pozostałe węzły znajdują się w obszarze nieokreśloności z tym, że węzły S i Ł bliżej węzła multiplekserowego, a węzeł R bliżej węzła komutacyjnego. W roku 2000 /kolumna 12/ już 4 węzły powinny być zdecydowanie węzłami komutacyjnymi /przy założeniu, że wszystkie WZ są dołączone bezpośrednio do centrali węzłowej/.

Uwzględniając rozmieszczenie poszczególnych węzłów zbiorczych względem siebie oraz w stosunku do centrali węzłowej można:

- węzły położone w pobliżu CW /W, L, T, G, M/ dołączyć bezpośrednio do niej; będą to węzły multiplekserowe;
- węzły położone dalej od CW łączyć między sobą i wspólnie dołączyć do CW; taki sposób podejścia uwzględniony jest w wariantcie II tabelicy 1.

W wariantcie II wprowadzono węzeł komutacyjny S i dołączono do niego węzły K, Ł, P, R. Z tabelicy 1 wynika, że dla okresu 1990 w takim układzie węzły te powinny być węzłami multiplekserowymi. Tylko dla węzła P $l_{o,min}$ przekracza liczbę 30, ale ponieważ liczba 41 "leży" bliżej liczby 30 niż liczby 60, więc można dla tego okresu przyjąć węzeł

Tablica 1

Parametry węzłów zbiorczych analizowanego przykładowo
fragmentu sieci telegraficznej

X	WZ	l_{wi}	okres 1990					okres 2000			
			N_i	C_{wi}	z_i	z_{wi}	$l_{o,min}$	N_i	C_{wi}	z_i	$l_{o,min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	W	22	281	78	1,64	1,85	21,4	315	86	1,57	23,3
	L	24	298	82	1,60	1,8	23,8	335	90	1,53	26,1
	T	27	322	88	1,55	1,65	26,0	367	98	1,47	28,9
	G	62	88	32	2,88	1,30	15,6	201	60	1,90	32,0
	M	42	109	38	2,54	1,45	14,3	266	75	1,68	30,5
	S	92	141	46	2,23	1,20	32,6	368	98	1,47	71,8
	K	105	88	32	2,88	1,18	24,0	200	60	1,90	49,0
	Ł	120	105	36	2,63	1,15	31,5	250	72	1,72	65,4
	P	159	244	70	1,74	1,10	81,7	401	106	1,42	121,4
R	146	191	58	1,93	1,05	58,7	293	81	1,60	84,1	
II	$\sum_0^L S$	92	769	193	1,13	1,20	124,4	1512	378	0,95	189,3
	K	29	88	32	2,88	1,62	9,08	200	60	1,90	18,6
	Ł	28	105	36	2,62	1,63	10,5	250	72	1,72	21,6
	P	67	244	70	1,74	1,31	41,0	401	106	1,42	60,9
	R	54	191	58	1,93	1,38	28,5	293	81	1,62	40,1
III	$\sum_0^L S$	92	334	90	1,53	1,20	66,6	818	205	1,10	132,1
	P	159	435	113	1,38	1,10	129,7	694	174	1,16	186,8
	R	53	191	58	1,94	1,38	27,8	293	81	1,60	40,1
IV	$\sum_0^1 T$	27	410	107	1,41	1,65	31,7	568	142	1,24	41,8
	G	40	88	32	2,88	1,50	11,6	201	60	1,90	23,8

X - Nr wariantu

multiplekserowy również dla węzła P. Wariant ten przedstawia rys. 13a.

Dla okresu 2000 rozważono inny wariant /wariant III/, a mianowicie taki, że oprócz S wprowadzono węzeł komutacyjny w P. Do węzła S dołączono węzły K i Ł a do węzła P węzeł R /leżący w województwie P/. Z tablicy 1 wynika, że węzły K i Ł powinny być bezwarunkowo węzłami multiplekserowymi /kolumna 12, wariant II/. Natomiast węzeł R "leży" również bliżej węzła multiplekserowego niż komutacyjnego. Układ według wariantu III przedstawiony jest na rys. 13b. Przyjmujemy, że jest on optymalny dla okresu 2000.

W tablicy 1 podano wyniki jeszcze jednego wariantu /wariant IV/ obejmującego węzły T i G. W wariantcie tym do T wprowadzono węzeł komutacyjny i węzeł G dołączono do węzła T. Wyniki pokazują, że wariant ten nie ma zdecydowanej przewagi nad wariantem I /w odniesieniu do węzłów T i G/, nawet dla okresu 2000.

8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawiono metodę projektowania optymalnej struktury niższej płaszczyzny sieci telograficzno-teleinformatycznej arytmicznej. Metoda ta pozwala nie tylko na określenie obszarów "ekonomiczności" zastosowania różnych rodzajów węzła /centrala, koncentrator, multiplekser/, ale również na badanie zmian kosztów sieci w zależności od zmian różnych jej parametrów /pojemność węzła, odległość WZ od centrali węzłowej, wielkość generowanego ruchu/. Metoda dostarcza więc miary optymalności rozwiązania sieci /struktury jej niższej płaszczyzny/.

Pierwszy ważny wniosek, jaki nasuwa się z przeprowadzonej analizy jest taki, że tworzenie dwustopniowej struktury NPS nie jest celowe, z wyjątkiem oczywistych przypadków, w których w drugim stopniu /WK - rys. 2/ zastosowany jest węzeł bezkomutacyjny /multiplekser/. Wniosek taki można wyprowadzić chociażby z porównania rysunku 6 z rysunkiem 7. Miano-

wicie, z rysunku 6 wynika, że układ 2-stopniowy NPS jest tym bardziej opłacalny, im większą wartość ma parametr C_t ; przy czym praktycznie zachodzi to dla $C_t \geq 0,3 + 0,4$. Z drugiej strony, z rys. 7 wynika, że taka wartość C_t występuje dla węzłów bardzo małych, dla których właściwym rozwiązaniem jest multiplekser. Wykonane dla przykładowego fragmentu sieci /rys. 13/ obliczenia potwierdzają taki wniosek. Rozpatrzono układ, w którym węzeł P dołączony jest do CW poprzez węzeł S. Wartości C_t dla tego układu wynoszą dla okresów 1990 i 2000, odpowiednio, 0,047 i 0,083, a iloczyn $C_t \cdot k$ w najlepszym przypadku / $l_0 = 30$ km, okres 2000/ wynosi 0,35, a więc jest znacznie mniejszy od jedności. Te wyniki potwierdzają więc optymalność układu z rys. 13b.

Drugim ważnym wnioskiem, jaki można wstępnie sformułować, jest nieatrakcyjność stosowania koncentratorów. Jest to wniosek wstępny dlatego, że nie jest znany dotychczas rzeczywisty koszt koncentratora w stosunku do odpowiedniej /przede wszystkim co do pojemności/ centrali komutacyjnej. Jednakże już na podstawie pobieżnej analizy można stwierdzić, że jednostkowy koszt koncentratora nie będzie dużo niższy od jednostkowego kosztu centrali, jeśli uwzględni się dodatkowo wyposażenie potrzebne w centrali nadrzędnej do obsługi abonentów dołączonych do koncentratora. Podstawowy zysk w przypadku rozwiązania koncentratorowego, to oszczędności na niektórych programach /dla celów taryfikacyjnych, ruchowych, statystycznych i ewentualnie testujących i diagnostycznych/, w które koncentrator nie będzie wyposażony. Natomiast na "pamięci" potrzebnej na zapisywanie informacji o abonentach /stan i kategoria abonenta, zakres usług .../ oszczędności w zasadzie nie będzie, gdyż pamięć ta zostanie przeniesiona do centrali nadrzędnej.

Mała atrakcyjność koncentratora wynika również z rys. 9. Jeśli założyć, że jednostkowy koszt koncentratora wynosi około 80% jednostkowego kosztu centrali oraz że ruch lokalny węzła jest rzędu 5% ruchu generowanego / $w=0,95$ /, to koncentrator może być rozwiązaniem tańszym tylko dla $k < 3$. Wyko-

nane dla układu z rys. 13 obliczenia potwierdzają taki wniosek. Rozpatrzono opłacalność zastosowania koncentratora w węzłach S i P w obu rozpatrywanych okresach. We wszystkich, z wyjątkiem jednego, przypadkach zastosowanie koncentratora jest nieopłacalne. W jednym przypadku /węzeł P, okres 1990, $l_{o,min} = 60$ km/ zastosowanie koncentratora może być wzięte pod uwagę, jednakże jest to rozwiązanie na granicy opłacalności.

WYKAZ LITERATURY

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-9180

1. Flisek T., Kuleszo Z.: Elementy optymalizacji struktury niższej płaszczyzny krajowej sieci telegraficznej. Referaty Problemowe Ił., z. 50, 1982.

KOMUNIKAT

Oprac. mgr inż. Zbigniew Kupisz

IMPLEMENTACJA JEZYKA PASCAL
NA MASZYNI R-32

Zawiadamiamy wszystkich zainteresowanych, że w Ośrodku EPD zaimplementowany został, działający na maszynie R-32 pod systemem OS, translator języka PASCAL. [1], [2].

Dodatkowo w systemie zakatalogowane zostały następujące procedury systemowe:

- PASCC - procedura kompilacji programu,
- PASCCL - procedura kompilacji i łączenia programu,
- PASCCLG - procedura kompilacji łączenia i wykonania programu,
- PASCCG - procedura kompilacji i wykonania programu,
- PASCLG - procedura łączenia i wykonania programu.

Poniżej został podany prosty przykład kompilacji i uruchamiania programu:

```
// TEST          JOB ...
//                EXEC PASCCLG
// PASC.INPUT    DD *
PROGRAM XYZ (INPUT, OUTPUT);
.
.
.   Tekst programu pascalowego
.
.
END.
/*
// GO.INPUT      DD *
.
.   Dane do programu
.
.
/*
//
```

Szczegółowe informacje dotyczące implementacji języka PASCAL na maszynie R-32 można znaleźć w publikacjach [3] i [4]. Pozycja [4] dostępna jest w bibliotece w Ośrodku EPD.

WYKAZ LITERATURY

1. Jensen K., Wirth N.: Pascal - user manual and report. Lecture notes in computer science, vol. 18, Springer - Verlag, 1974.
2. Iglewski M., Madey J., Matwin S.: Pascal. WNT, Warszawa 1979.
3. Anacki K., Iglewski M., Krępski A., Missala M.: Pascal 360 - User guide. Prace IPI, PAN, nr 351, Warszawa 1979.
4. Anacki K., Iglewski M., Krępski A., Missala M.: Pascal 360. Opis dla użytkownika. Opis programu użytkowego do wydrukowania z taśmy dystrybucyjnej systemu PASCAL 360.

W sprawach wątpliwych dotyczących języka lub systemu, jak również w razie wykrycia niesprawności w działaniu translatora, proszę zwracać się do autora Komunikatu.

Biblioteka

IZ

S-9180