

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
BIBLIOTEKA NAUKOWA

Nr .....

PRACE  
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK XV

ZESZYT 3(51)

WARSZAWA 1968

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

SPIS TREŚCI

*Kazimierz Kassenberg* — Metoda określania liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu w automatycznym ruchu telefonicznym . . . . . 3

СОДЕРЖАНИЕ

*К. Кассэнберг* — Метод определения числа цепей в пучках цепей высокого использования в автоматическом телефонном сообщении . . . . . 3

CONTENTS

*K. Kassenberg* — Procedure for dimensioning the high usage groups of circuits in the automatic telephone traffic . . . . . 3

SOMMAIRE

*K. Kassenberg* — Méthode pour déterminer le nombre de circuits des faisceaux à utilisation élevée en service téléphonique automatique . . . . . 3

INHALTSVERZEICHNIS

*K. Kassenberg* — Verfahren zur Bestimmung der Leitungsanzahl in den hochausgenützten Bündeln im automatischen Fernsprechverkehr . . . . . 3

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE  
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK XV

ZESZYT 3(51)

WARSZAWA 1968

---

WYDAWNICTWA NAUKOWO - TECHNICZNE

K o m i t e t   R e d a k c y j n y

Redaktor Naczelny — *prof. mgr inż. Sylwester Jarkowski*

R e d a k t o r z y   d z i a ł ó w :

*adj. inż. Aleksy Brodowski, prof. mgr inż. Lesław Kędziński,*  
Sekretarz Redakcji — *Janina Janicka*

A d r e s   R e d a k c j i :

Instytut Łączności, Warszawa — Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

W S Z E L K I E   P R A W A   Z A S T R Z E Ż O N E

*Printed in Poland*

Opracowano w Dziale Wydawniczym Instytutu Łączności

Redaktor techniczny *Bożenna Radzikowska*

KAZIMIERZ KASSENBERG

621.395.31 :621.395.74

## METODA OKREŚLANIA LICZBY ŁĄCZY W WIĄZKACH O WYSOKIM WYKORZYSTANIU W AUTOMATYCZNYM RUCHU TELEFONICZNYM

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego w dniu 17.X.1968 r.

Stosowanie w automatycznych sieciach telefonicznych wiązek o wysokim wykorzystaniu zmniejsza nakłady inwestycyjne, a przy istniejącej już sieci pozwala przy zachowaniu tych samych strat ruchowych na większe jej obciążenie bez zwiększania pojemności central.

Autor przedstawia własną graficzną metodę najbardziej ekonomicznego określania liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu użyteczną zarówno przy projektowaniu, jak i przy eksploatacji automatycznych sieci telefonicznych.

W pracy przeprowadzono analizę ekonomiczną zagadnienia, umożliwiającą ustalenie optymalnych liczb łączy w poszczególnych wiązkach. Wprowadzenie pojęcia korzystnego pod względem ekonomicznym zakresu wartości ruchu przelewanego z wiązek o wysokim wykorzystaniu na drogi tranzytowe ułatwia wybranie właściwej liczby łączy. Jako podstawowe parametry, umożliwiające za pomocą specjalnie przygotowanych wykresów określania liczby łączy, zostały przejęte: ruch oferowany na wiązkę bezpośrednio drogi połączeniowej oraz współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$ , będący stosunkiem kosztu łączy i urządzeń, biorących udział w jednym połączeniu na drodze tranzytowej, do kosztu łącza i urządzeń na drodze bezpośredniej.

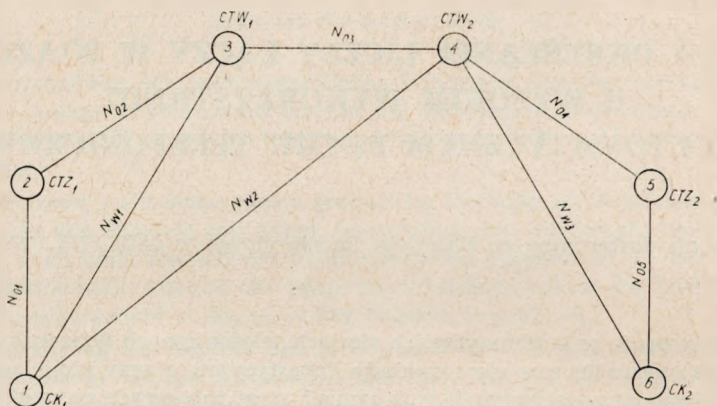
Przedstawiona metoda może być stosowana zarówno w sieci łączy nośnych, jak i w sieci łączy naturalnych. W przypadku łączy nośnych przyjęta przez autora zasada wykorzystywania wszystkich łączy, wchodzących w skład grup dwunastkowych, zapewnia najbardziej ekonomiczne wykorzystanie pojemności urządzeń telefonii nośnej.

### 1. WSTĘP

Dla celów projektowania, a także dla potrzeb eksploatacji automatycznej sieci łączy telefonicznych potrzebna jest szybka i łatwa metoda

określania liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu. Wiązki o wysokim wykorzystaniu mogą być stosowane (rys. 1):

a) w połączeniowej drodze bezpośredniej (między centralą wyjściową a centralą docelową), stanowiącej drogę wyjściową pierwszego wyboru,



Rys. 1. Przykładowy fragment automatycznej sieci telefonicznej.

Uwaga. Pełne zestawienie wszystkich dróg połączeniowych podano w tabl. 2

b) w połączeniowej drodze pośredniej, przy czym droga ta może się składać z odcinków zawierających zarówno wiązki łączy o wysokim wykorzystaniu, jak i z odcinków zawierających wiązki łączy obliczane na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru. W tym przypadku wiązka łączy o wysokim wykorzystaniu w centrali wyjściowej stanowi drogę wyjściową drugiego wyboru, a w dowolnej centrali tranzytowej może stanowić drogę wyjściową pierwszego lub drugiego wyboru, nie może natomiast taka wiązka stanowić drogi wyjściowej ostatniego wyboru.

**Uwagi.** W krańcowym przypadku połączeniowa droga pośrednia może składać się jedynie z odcinków zawierających wiązki łączy o wysokim wykorzystaniu.

Wiązka łączy odcinka połączeniowej drogi pośredniej, zawierającej jedynie wyjściowe drogi ostatniego wyboru, nie wchodząca w skład sieci podstawowej, może być obliczona na prawdopodobieństwo strat przyjęte dla dróg wyjściowych ostatniego wyboru. W tym przypadku dana wiązka łączy, z punktu widzenia obliczeniowego, jest drogą wyjściową ostatniego wyboru, z której nie jest przewidywany przelew ruchu, mimo że urządzenia sterujące danej centrali mogą taki przelew przewidywać.

Dla określenia liczby łączy w wiązkach łączy o wysokim wykorzystaniu opracowano metodę graficzną, polegającą na stosowaniu trzech wykresów. Założeniem wyjściowym w omawianej metodzie jest przyjęcie zasady pełnego wykorzystywania eksploatowanych dwunastkowych grup łączy w urządzeniach telefonii nośnej, tj. bez pozostawiania w tych grupach łączy czasowo nie wykorzystywanych. Zasada ta wiąże się ze stosowaniem odgałęzień od linii telekomunikacyjnych, wyposażonych w urządzenia telefonii nośnej o większej krotności.

W urządzeniach telefonii nośnej podstawowa grupa pierwotna zawiera 12 łączy. Wobec tego, przy założeniu jednakowego natężenia ruchu telefonicznego w obu kierunkach danej relacji, dla jednego kierunku ruchu będą zawsze stosowane wiązki zawierające liczby łączy, stanowiące wielokrotności liczby 6. Analiza ekonomiczna stosowania w automatycznej sieci telefonicznej wiązek o wysokim wykorzystaniu wykazała, że najkorzystniejsze praktycznie pod względem ekonomicznym rozwiązanie uzyskuje się w przypadku, gdy wielkość ruchu przelewowego z drogi wyjściowej pierwszego wyboru na wiązki, stanowiące drogi wyjściowe drugiego (ostatniego) wyboru lub też z drogi wyjściowej drugiego wyboru na drogę wyjściową ostatniego wyboru jest zawarta w pewnych określonych granicach, stosunkowo mało zależnych od wartości ruchu oferowanego na poszczególne wiązki wchodzące w skład połączeniowej drogi bezpośredniej, połączeniowej drogi pośredniej lub połączeniowej drogi ostatecznej<sup>1)</sup>.

Przykładowo można podać, że dolna granica najkorzystniejszego przelewu ruchu z połączeniowej drogi bezpośredniej na wiązki drogi tranzytowej wynosi 0,7 do 3 erlangów — górna granica od 4 do 6 erl.<sup>2)</sup>

Po stwierdzeniu tak stosunkowo wąskich granic najkorzystniejszego przelewu ruchu z jednych dróg wyjściowych na drogi wyjściowe następnego wyboru okazało się możliwe na podstawie jedynie trzech wykresów

---

1) Szczegółowa analiza ekonomiczna omawianego zagadnienia podana jest w dalszych rozdz. niniejszego opracowania.

2) Podane wielkości zostały określone przykładowo dla następujących warunków:

a) stosunek kosztu łączy i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu tranzytowym do kosztu łączy i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu bezpośrednim, wynosi 1,6;

b) wielkość ruchu oferowanego na wiązki tranzytowe zawiera się w granicach od 20 do 60 erl.;

c) wielkość ruchu oferowanego na wiązkę bezpośrednią zawiera się w granicach od 5 do 40 erl.;

d) droga połączeniowa, na którą następuje przelew ruchu, zawiera jedynie wiązki łączy obliczane na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru ( $p = 1\%$ ).

Tablica 1

## Oznaczenia stosowane w tekście

Określenie oznaczenia	Wiązka łączy między								
	$CK_1$ $CTZ_1$	$CTZ_1$ $CTW_1$	$CTW_1$ $CTW_2$	$CTW_2$ $CTZ_2$	$CTZ_2$ $CK_2$	$CK_1$ $CTW_1$	$CK_1$ $CTW_2$	$CTW_2$ $CK_2$	$CK_1$ $CK_2$
Ruch oferowany	$A_{01}$	$A_{02}$	$A_{03}$	$A_{04}$	$A_{05}$	$A_{W1}$	$A_{W2}$	$A_{W3}$	$A_B$
Ruch załatwiany	$Z_{01}$	$Z_{02}$	$Z_{03}$	$Z_{04}$	$Z_{05}$	$Z_{W1}$	$Z_{W2}$	$Z_{W3}$	$Z_B$
Liczba łączy	$N_{01}$	$N_{02}$	$N_{03}$	$N_{04}$	$N_{05}$	$N_{W1}$	$N_{W2}$	$N_{W3}$	$N_B$
Ubytek w liczbie łączy	$\Delta N_{01}$	$\Delta N_{02}$	$\Delta N_{03}$	$\Delta N_{04}$	$\Delta N_{05}$	$\Delta N_{W1}$	$\Delta N_{W2}$	$\Delta N_{W3}$	—
Koszt łącza i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu	$k_{01}$	$k_{02}$	$k_{03}$	$k_{04}$	$k_{05}$	$k_{W1}$	$k_{W2}$	$k_{W3}$	$k_B$
Odcinkowy współczynnik kosztu tranzytowania	$\alpha_{01}$	$\alpha_{02}$	$\alpha_{03}$	$\alpha_{04}$	$\alpha_{05}$	$\alpha_{W1}$	$\alpha_{W2}$	$\alpha_{W3}$	—

## Uwagi

- 1) Ruch przelewowy oznacza się przez  $A_p$
- 2) Prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg wyjściowych ostatniego wyboru, oznaczono przez  $p$
- 3) Indeks „O” oznacza, że dana wiązka łączy jest obliczona na straty  $p$
- 4) Indeks „W” lub „B” oznacza, że dana wiązka łączy może być wysoko wykorzystana
- 5) Odcinkowy współczynnik tranzytowania  $\alpha$  jest to stosunek kosztu łącza i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu tranzytowym w danym odcinku ( $K_0$ ) do kosztu ( $K_B$ ) łącza i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu na drodze bezpośredniej  $CK_1 \rightarrow CK_2$

określanie liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu, będących wyjściowymi drogami pierwszego lub drugiego wyboru.

W dalszym ciągu niniejszego opracowania rozpatrzono następujące przypadki:

a) ruch przelewowy jest załatwiany na drodze połączeniowej zawierającej jedynie wiązki łączy, obliczone na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg wyjściowych ostatniego wyboru,



b) ruch przelewowy jest załatwiany na drodze połączeniowej zawierającej wiązkę łączy o wysokim wykorzystaniu i wiązkę łączy, obliczone na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg wyjściowych ostatniego wyboru,

c) ruch przelewowy jest załatwiany na drodze połączeniowej zawierającej jedynie wiązkę o wysokim wykorzystaniu.

Tablica 2

## Zestawienie dróg połączeniowych we fragmencie sieci podanym na rys. 1

	Liczba odcinków	
	typu O	typu W
<b>a. Połączeniowa droga bezpośrednia</b>		
$CK_1 \rightarrow CK_2$	—	1
<b>b. Połączeniowa droga pośrednia</b>		
$CK_1 \rightarrow CT_2 \rightarrow CK_2$	1	1
$CK_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	2	1
$CK_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CK_2$	—	2
$CK_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	3	1
$CK_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	1	2
$CK_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CK_2$	—	2
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CK_2$	1	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	2	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CK_2$	1	2
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	3	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	3	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CK_2$	3	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CK_2$	2	1
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CK_2$	3	1
<b>c. Połączeniowa droga ostateczna</b>		
$CK_1 \rightarrow CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \rightarrow CTW_2 \rightarrow CTZ_2 \rightarrow CK_2$	5	—

**Uwaga**

O — odcinek, w którym wiązka łączy jest obliczona na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru,

W — odcinek, w którym może być zastosowana wiązka łączy o wysokim wykorzystaniu

Przy rozpatrywaniu zagadnienia przyjęto za podstawę fragment sieci podany na rys. 1; stosowane w tekście oznaczenia poszczególnych parametrów podano w tabl. 1, a w tabl. 2 podano zestawienie wszystkich możliwych dróg połączeniowych. Koszt łącza i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu w danej wiązce łączy, stanowiącej jeden odcinek drogi połączeniowej, obejmuje:

— koszty przyłącza w centrali wyjściowej  $W$ , a więc przypadający na jedno łącze przychodzące lub wychodzące koszt centrali automatycznej wraz z urządzeniami zasilającymi i budynkiem oraz koszt końcowych urządzeń teletransmisyjnych wraz z odpowiednią częścią kosztu urządzeń zasilających i budynku. Dotyczy to łączy, które mogą być wzięte do eksploatacji bez dodatkowych nakładów, tj. w granicach wykorzystywania pełnej pojemności urządzeń;

— koszty liniowe łącza  $L$ , a więc koszt linii teletransmisyjnych (koszt kabli, stacji wzmacniakowych przelotowych itp.) przypadający na jedno łącze, które może być wzięte do eksploatacji bez dodatkowych nakładów, tj. w granicach wykorzystywania pełnej pojemności linii teletransmisyjnej;

— koszty przyłącza w centrali przyjsiowej  $D$ , a więc przypadający na jedno łącze przychodzące lub wychodzące koszt urządzeń centrali automatycznej wraz z urządzeniami i budynkiem oraz koszt końcowych urządzeń teletransmisyjnych wraz z odpowiednią częścią kosztu urządzeń zasilających i budynku. Dotyczy to łączy, które mogą być wzięte do eksploatacji bez dodatkowych nakładów, tj. przy wykorzystywaniu pełnej pojemności istniejących urządzeń.

## **2. PRZYPADEK, GDY DROGA POŁĄCZENIOWA ZAŁATWIAJĄCA RUCH PRZELEWOWY ZAWIERA JEDYNIĘ WIĄZKI ŁĄCZY OBLICZANE NA PRAWDOPODOBIENSTWO STRAT, PRZYJĘTE DLA DRÓG WYJŚCIOWYCH OSTATNIEGO WYBORU**

### **2.1. Równanie różnicy kosztów połączeniowych dróg bezpośredniej i tranzytowej**

Przy rozpatrywaniu zagadnienia brano pod uwagę fragment sieci łączy telefonicznych przedstawiony na rys. 1, z tym że nie ma połączeń między centralami  $CK_1 \div CTW_1$ ,  $CK_1 \div CTW_2$  oraz  $CTW_2 \div CK_2$ . Wobec tego wiązki łączy  $N_{01}$ ;  $N_{02}$ ;  $N_{03}$ ;  $N_{04}$ ;  $N_{05}$ ; obliczone na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru, stanowią połączeniową drogę tranzytową a wiązka łączy  $N_B$  połączeniową drogę bezpośrednią. W tym przypadku mogą znaleźć zastosowanie dwa zasadnicze rozwiązania, a mianowicie:

a. Rozwiązanie „a”, gdy całkowity ruch między centralą wyjściową  $CK_1$  a docelową  $CK_2$  jest załatwiany na drodze tranzytowej poprzez centrale  $CTZ_1$ ,  $CTW_1$ ,  $CTW_2$ ,  $CTZ_2$ .

b. Rozwiązanie „b”, gdy między centralą wyjściową  $CK_1$  a centralą docelową  $CK_2$  istnieje wiązka łączy, stanowiąca połączeniową drogę bezpośrednią. Ruch nie załatwiony na drodze bezpośredniej (ruch przele-

wow) byłyby realizowany jako tranzyt poprowadzony poprzez centrale  $CTZ_1$ ,  $CTW_1$ ,  $CTW_2$ ,  $CTZ_2$ .

**Uwaga.** W krańcowym przypadku tego rozwiązania ruch przelewowy może być równy zero, a wiązka łączy połączeniowej drogi bezpośredniej powinna być wtedy obliczana na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru.

Przy zastosowaniu wyżej wymienionego rozwiązania „a” liczba łączy wyniesie:

— w wiązce drogi bezpośredniej  $N_B = 0$

— w wiązkach poszczególnych odcinków drogi tranzytowej  $N_{01} \div N_{0n}$ , obliczonych wg wzoru *Erlanga* dla ruchu  $(A_{01} \div A_{0n}) + A_B$  przy prawdopodobieństwie strat  $p$ .

Natomiast przy zastosowaniu rozwiązania „b” liczba łączy wyniesie:

— w wiązce drogi bezpośredniej  $N_B$ , obliczonej dla ruchu  $A_B$  wg wzoru *Erlanga* przy prawdopodobieństwie strat

$$p_B = \frac{A_B - Z_B}{A_B} \cdot 100\% \quad (1)$$

— w wiązkach poszczególnych odcinków drogi tranzytowej  $N'_{01} \div N'_{0n}$ , obliczonych metodą opracowaną przez *G. Bretschneidera* dla ruchu przypadkowego  $A_{01} \div A_{0n}$ , zwiększonego o ruch przelewowy  $A_P$  przy prawdopodobieństwie strat  $p$

gdzie

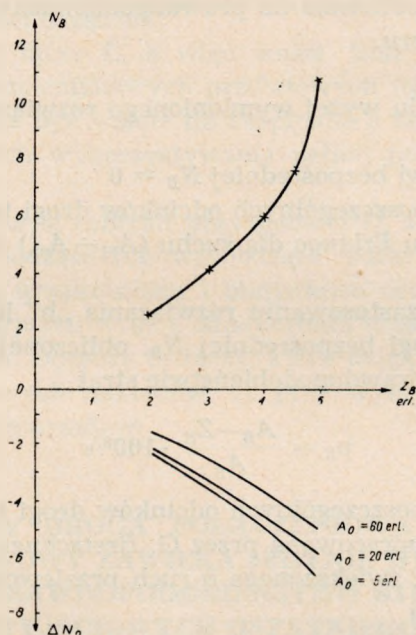
$$A_P = A_B - Z_B \quad (2)$$

W dalszych rozważaniach przyjęto jako punkt odniesienia liczby łączy obliczonych przy zastosowaniu rozwiązania „a”, tj. całkowitego tranzytowania ruchu  $A_B$ . W przypadku zastosowania rozwiązania „b” liczba łączy w wiązce drogi bezpośredniej wyniesie  $N_B$ , obliczonej wg wyżej podanego sposobu, a ubytki w liczbach łączy w wiązkach poszczególnych odcinków drogi tranzytowej będą równe:

$$\begin{aligned} \Delta N_{01} &= N_{01} - N'_{01} \\ \Delta N_{02} &= N_{02} - N'_{02} \\ \Delta N_{0n} &= N_{0n} - N'_{0n} \end{aligned} \quad (3)$$

Obliczenia liczby łączy  $N_B$  w wiązce drogi bezpośredniej oraz ubytków w liczbie łączy  $\Delta N_0$  w wiązkach drogi tranzytowej w zależności od wartości ruchu  $Z_B$ , tj. ruchu załatwianego na drodze bezpośredniej, wykazały, że istnieje możliwość znalezienia takiej wartości ruchu  $Z_B$ , przy której wystąpi minimum kosztów.

Na rysunku 2 podano przykładowo wyniki przeprowadzonych obliczeń liczby łączy  $N_B$  i ubytków w liczbie łączy  $\Delta N_0$  w zależności od ruchu  $Z_B$ , załatwianego na drodze bezpośredniej, wykonanych dla ruchu  $A_B = 5$  erlangów i ruchu  $A_0 = 5, 20, 60$  erlangów.



Rys. 2. Przykładowe wykresy zależności  $N_B = f(Z_B)$  i  $\Delta N_0 = f(Z_B)$  przy  $A_0 = \text{const}$  dla ruchu  $A_B = 5$  erl.

Zgodnie z oznaczeniami podanymi w tabl. 1 koszt wiązki łączy drogi bezpośredniej jest równy

$$K_1 = k_B \cdot N_B \quad (4)$$

Natomiast wartość ubytku łączy w wiązce dowolnego odcinka drogi tranzytowej jest równa

$$k_0 \cdot \Delta N_0 \quad (5)$$

W związku z tym ogólna wartość ubytków łączy w wiązkach wszystkich odcinków drogi tranzytowej wyniesie:

$$K_2 = k_{01} \cdot \Delta N_{01} + k_{02} \cdot \Delta N_{02} + \dots + k_{0n} \cdot \Delta N_{0n} \quad (6)$$

Wobec tego ogólne zwiększenie lub zmniejszenie kosztów w przypadku zastosowania wiązki drogi bezpośredniej, tj. rozwiązania „b” w sto-

sunku do przypadku całkowitego tranzytowania ruchu  $A_B$ , tj. rozwiązania „a” wyniesie

$$K_0 = K_1 - K_2 \quad (7)$$

Należy zwrócić uwagę, że obliczenie kosztu wiązki drogi bezpośrednio, tj. wartości  $K_1$ , nie przedstawia trudności, natomiast obliczenie ogólnej wartości ubytków w liczbach łączy w wiązkach wszystkich odcinków drogi tranzytowej, tj. wartości  $K_2$ , jest znacznie trudniejsze z uwagi na różne ubytki w liczbach łączy  $\Delta N_0$ . Jednak przy założeniu, że na wiązki wszystkich odcinków drogi tranzytowej jest oferowany ten sam ruch  $A_0$ , to odpowiedni ubytek w liczbie łączy we wszystkich wiązkach drogi tranzytowej będzie jednakowy i można będzie napisać zamiast wyrażenia (6) następujące równanie:

$$K_2 = (k_{01} + k_{02} + \dots + k_{0n}) \cdot \Delta N_0 \quad (8)$$

przy  $A_0 = \text{const}$ .

Należy zwrócić uwagę, że ubytek łączy  $\Delta N_0$  w zasadzie zawsze maleje ze wzrostem ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązkę danego odcinka drogi tranzytowej (por. rys. 4). Wobec tego, o ile do dalszych rozważań przyjmiemy, że dla obliczenia ubytków łączy  $\Delta N_{01} \div \Delta N_{0n}$  w poszczególnych wiązkach drogi tranzytowej przyjmiemy nie rzeczywistą wartość ruchu oferowanego na daną wiązkę, ale największą wartość ruchu, jaka jest oferowana w danej drodze tranzytowej, to obliczona w ten sposób ogólna wartość ubytków łączy  $K_2$  będzie zawsze mniejsza od rzeczywistej wartości tych ubytków, przy czym różnica ta, jak wykazały dodatkowe przeliczenia, nie przekracza 10—15% kosztu  $K_2$ .

Należy zwrócić uwagę, że w wyrażeniu (8) w nawiasach podana jest suma kosztów łączy, biorących udział w jednym połączeniu na drodze tranzytowej, czyli

$$k_0 = k_{01} + k_{02} + \dots + k_{0n} \quad (9)$$

Wobec tego wartość ubytków łączy we wszystkich odcinkach drogi tranzytowej można będzie wyrazić

$$K_2 = k_0 \cdot \Delta N_0 \quad (10)$$

gdzie  $\Delta N_0$  jest ubytkiem łączy przy założeniu, że na wiązki wszystkich odcinków drogi tranzytowej jest oferowany ruch  $A_0$ , równy największej wartości, jaka występuje w różnych odcinkach rozpatrywanej drogi tranzytowej.

Podstawiając do wyrażenia (7) uprzednio podane wyrażenia (5) i (10) otrzymamy, że ogólne zmniejszenie lub zwiększenie kosztów w przypad-

ku zastosowania drogi bezpośredniej w stosunku do kosztów przy całkowitym tranzytowaniu ruchu  $A_B$  będzie równe

$$K_0 = k_B \cdot N_B - k_0 \cdot \Delta N_0 \quad (11)$$

W celu uproszczenia dalszych rozważań został wprowadzony współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$ , czyli

$$\alpha = \frac{k_0}{k_B} \quad (12)$$

czyli stosunkowi kosztu łączy i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu na drodze tranzytowej do kosztu łączy i urządzeń biorących udział w jednym połączeniu na drodze bezpośredniej (por. rozdz. 1 niniejszego opracowania). Wobec tego względna różnica kosztów  $R$  przy stosowaniu drogi bezpośredniej, wyrażona w jednostkowych kosztach  $k_0$ , będzie równa (por. wyrażenie 11)

$$R = \frac{N_B}{\alpha} - \Delta N_0 \quad (13)$$

## 2.2. Wyniki obliczeń różnicy kosztów

Na podstawie wyrażenia (13), określającego względną różnicę kosztów  $R$  przy stosowaniu wiązki drogi bezpośredniej, przeprowadzono cały szereg obliczeń dla poniżej podanych zakresów wielkości ruchu:

— wartość ruchu  $A_B$ , oferowanego na drogę bezpośrednią, wynosi od 5 do 40 erlangów,

— wartość ruchu przelewowego  $A_P$  z drogi bezpośredniej na wiązki drogi tranzytowej wynosi od 0,01  $A_B$  do 8 erlangów.

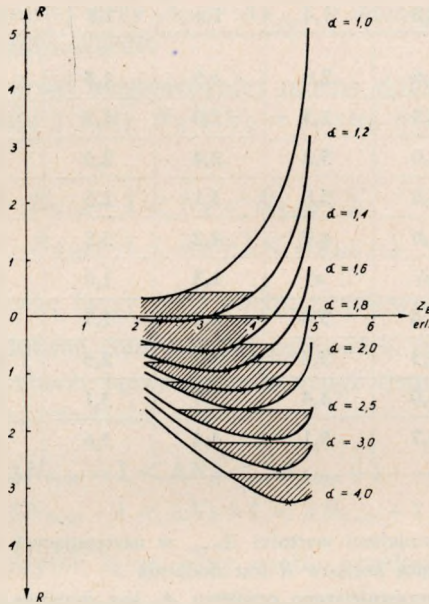
W związku z tym ruch  $Z_B$  załatwiany na drodze bezpośredniej będzie wynosił od  $(A_B - 8)$  do 0,99  $A_B$ ,

— wartość ruchu  $A_0$ , oferowanego na poszczególne wiązki łączy drogi tranzytowej, wynosi od 10 do 80 erl.,

— współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  od 1,0 do 3,5.

Na rysunku 3 podano przykładowo wyniki wyżej omówionych obliczeń względnej różnicy kosztu  $R$  w zależności od ruchu  $Z_B$ , załatwianego na drodze bezpośredniej przy wartości ruchu  $A_B = 5$  erlangów, wartości ruchu  $A_0 = 20$  erlangów i różnych współczynnikach kosztu tranzytowania, zawartych w granicach od 1 do 3. Poza tym dodatkowo podano wyniki obliczeń przy  $\alpha = 4$ . Następnie na wykresach (rys. 3) zaznaczono krzyżykami maksymalną ujemną wartość względnej różnicy

kosztów  $R$ . W ten sposób można było wyznaczyć graficznie najkorzystniejszą wartość ruchu  $Z_B$ , załatwianego na drodze bezpośredniej, a tym samym i wartość najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P = A_B - Z_B$ , załatwianego na drodze tranzytowej.



Rys. 3. Wykresy zależności względnej różnicy kosztów  $R = f(Z_B)$  przy  $A_B = 5$  erl. i  $A_0 = 20$  erl. od wielkości ruchu załatwianego na drodze bezpośredniej

W tabelicy 3 podano przykładowo, uzyskane w wyżej wymieniony sposób, wartości najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_{P\ opt}$  przy wartościach ruchu  $A_0 = 20$  i  $A_0 = 60$  erlangów, ruchu  $A_B$ , zawartego w granicach od 5 do 40 erl. i współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , zawartego w granicach od 1,2 do 3. Na podstawie danych tabl. 3 można stwierdzić, że najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym wartości ruchu przelewowego  $A_P$ , wynoszące do 6 erlangów, w stosunkowo małym stopniu zależą od ruchu  $A_B$ , oferowanego na wiązkę łączy bezpośrednich, i od ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązki poszczególnych odcinków drogi tranzytowej. Natomiast najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym wartości ruchu przelewowego  $A_P$  maleją wydatnie w miarę wzrostu współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , przy czym w zależności od przyjętego prawdopodobieństwa strat na drogach ostatniego wyboru  $p$ , te najkorzystniejsze wartości ruchu przelewowego  $A_P$  mogą być mniejsze od dopuszczalnych w tym przypadku strat. Poza tym przy małym współ-

Tablica 3

Najkorzystniejsze wartości ruchu przelewowego  $A_{P\ opt}$  przy różnych wartościach ruchu  $A_0$ ,  $A_B$  i współczynniku kosztu tranzytowania  $\alpha$

$A_0$ erl.	$A_B$ erl.	Najkorzystniejsze wartości ruchu przelewowego w erlangach $A_{P\ opt}$ przy $\alpha$ wynoszącym:						
		1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
20	5	2,6	2,0	1,5	1,3	1,1	0,8	0,6
	10	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	0,9	0,6
	20	4,0	3,2	2,4	2,0	1,7	1,0	0,6
	30	4,6	3,8	3,1	2,5	2,3	1,6	b)
	40	5,6	4,7	4,2	3,5	3,2	2,5	b)
60	5	a)	a)	1,3	1,0	0,75	0,5	0,4
	10	4,4	3,0	2,4	1,7	1,2	0,65	0,4
	20	4,3	3,8	3,1	2,5	2,0	1,0	0,5
	30	5,0	4,4	3,7	3,1	2,5	1,5	b)
	40	5,7	5,1	4,4	3,6	2,9	1,9	b)

**Uwaga**  
 Nie podano najkorzystniejszej wartości  $A_{P\ opt}$  w następujących przypadkach:  
 a) gdy względna różnica kosztów  $R$  jest dodatnia  
 b) gdy wartość najkorzystniejszego przelewu  $A_P$  jest mniejsza od strat  $p = 1\%$

czynniku kosztu tranzytowania  $\alpha$  względna różnica kosztów  $R$  może mieć wartość dodatnią, co oznacza, że w tym przypadku stosowanie drogi bezpośredniej jest ekonomicznie całkowicie nieopłacalne.

Wartość najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_{P\ opt}$  ma znaczenie raczej teoretyczne. W praktyce nie uda się zrealizować założonego ruchu przelewowego  $A_{P\ opt}$  z uwagi na to, że w wiązkach drogi tranzytowej można zmieniać liczbę łączy skokami po jednym łączu, jak również, że liczba łączy w wiązce drogi bezpośredniej musi być liczbą całkowitą. W związku z powyższym wydaje się słuszne nie poszukiwanie jednej wartości optymalnej, lecz wyznaczenie korzystnego zakresu wartości ruchu przelewowego  $A_P$ . Jako graniczne wartości omawianego zakresu najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  przyjęto takie wartości ruchu przelewowego, przy których względna różnica kosztów  $R$  różni się od swojej optymalnej wartości przy  $A_P = A_{P\ opt}$  o 1/2. Należy zaznaczyć, że ta liczba 1/2 oznacza połowę kosztu łączy i urządzeń, biorących udział w jednym połączeniu na drodze tranzytowej ( $k_0$ ). Omawiane najkorzyst-



niejsze zakresy zmian wartości ruchu przelewowego  $A_P$  zostały przykładowo przedstawione na rys. 3 jako pola zakreskowane.

W celu uzasadnienia, że zawsze można dobrać tak liczbę łączy  $N_B$  w wiązce drogi bezpośredniej oraz liczby ubytków łączy w wiązkach drogi tranzytowej, aby względna różnica kosztów  $R$  nie była większa od swojej wartości optymalnej przy  $A_P = A_{P\ opt}$  o więcej niż o 1/2, podano poniżej następujące rozumowanie:

W każdej wiązce drogi bezpośredniej można dobrać dwie całkowite liczby łączy, różniące się o 1, tj.  $N_R$  i  $N_R + 1$ , aby były spełnione następujące nierówności

$$\begin{aligned} N_{B\ opt} - 1 < N_R < N_{B\ opt} + 1 \\ N_{B\ opt} - 1 < N_R + 1 < N_{B\ opt} + 1 \end{aligned} \quad (14)$$

gdzie  $N_{B\ opt}$  oznacza liczbę łączy przy ruchu przelewowym  $A_{P\ opt}$ .

Podobnie można dobrać dwa ubytki całkowite różniące się o 1, tj.  $\Delta N_R$  i  $\Delta N_R + 1$ , w liczbach łączy wiązek drogi tranzytowej, aby były spełnione następujące nierówności

$$\begin{aligned} \Delta N_{0\ opt} - 1 < \Delta N_R < \Delta N_{0\ opt} + 1 \\ \Delta N_{0\ opt} - 1 < \Delta N_R + 1 < \Delta N_{0\ opt} + 1 \end{aligned} \quad (15)$$

gdzie  $\Delta N_{0\ opt}$  oznacza ubytek łączy przy ruchu przelewowym  $A_{P\ opt}$ .

Następnie rzeczywista wartość względnej różnicy kosztów  $R_R$  przy przyjęciu całkowitej liczby łączy w wiązce drogi bezpośredniej i całkowitym ubytku w liczbach łączy wiązek drogi tranzytowej zgodnie z wyrażeniem (13) będzie równa

$$R_R = \frac{1}{\alpha} \cdot N_R - \Delta N_R \quad (16)$$

Poza tym względne różnice kosztów  $R_R$  i  $R_{opt}$  różnią się o wartość  $\Delta R$ , która jest równa

$$\Delta R = R_R - R_{opt} \quad (17)$$

Podstawiając do wyrażenia (17) zgodnie ze wzorami (13) i (16) wartości względnej różnicy  $R_R$  i  $R_{opt}$  otrzymamy

$$\Delta R = (N_R - N_{B\ opt}) \frac{1}{\alpha} - \Delta N_R - \Delta N_{0\ opt} \quad (18)$$

Uwzględniając nierówności (14) i (15) można otrzymać cztery graniczne maksymalne wartości różnicy  $\Delta R$  z uwagi na to, że liczba łączy w wiązce drogi bezpośredniej może mieć dwie wartości  $N_R$  i  $N_R + 1$  oraz

ubytek w liczbach łączy w wiązkach drogi tranzytowej może być również  $\Delta N_R$  i  $\Delta N_R + 1$ , a mianowicie:

$$\begin{aligned}\Delta R_1 &= -\frac{1}{\alpha} - 1 \quad (\text{dla } N_R \text{ i } \Delta N_R) \\ \Delta R_2 &= -\frac{1}{\alpha} + 1 \quad (\text{dla } N_R \text{ i } \Delta N_R + 1) \\ \Delta R_3 &= +\frac{1}{\alpha} - 1 \quad (\text{dla } N_R + 1 \text{ i } \Delta N_R) \\ \Delta R_4 &= +\frac{1}{\alpha} + 1 \quad (\text{dla } N_R + 1 \text{ i } \Delta N_R + 1)\end{aligned}\tag{19}$$

Z uwagi na to, że względna różnica kosztów  $R_R$  i  $R_{opt}$  mają wartości ujemne, różnica między nimi, oznaczona  $\Delta R$ , musi być dodatnią i posiadać minimalną wartość. Tym warunkom odpowiada tylko przypadek  $\Delta R_2$  (współczynnik  $\alpha > 1$ ), czyli zawsze należy wybierać mniejszą liczbę całkowitą łączy w wiązce drogi bezpośredniej ( $N_R$ ) i większe całkowite ubytki łączy w wiązkach drogi tranzytowej ( $N_R + 1$ ). Należy zwrócić uwagę, że graniczna wartość  $\Delta R_2$  dopiero przy  $\alpha > 2$  może osiągnąć wartość większą od 1/2. Współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  w niewielu przypadkach będzie przekraczał 2, a  $\Delta R_2$  jest wartością graniczną, a nie rzeczywistą. Wobec tego można przyjąć, że praktycznie w bardzo wielu przypadkach będzie możliwe dobranie liczby łączy w wiązce drogi bezpośredniej  $N_B$  i ubytków  $\Delta N_0$  w liczbach łączy w wiązkach drogi tranzytowej, tak aby względna różnica kosztów  $R_R$  różniła się nie więcej niż o 1/2 od względnej różnicy kosztów  $R_{opt}$  przy ruchu przelewowym  $A_P$   $opt$ .

W związku z powyższym rozumowaniem przyjęto, że graniczne wartości ruchu przelewowego  $A_P$ , przy których względna różnica kosztów  $R_R$  różni się o 1/2 od względnej różnicy kosztów  $R_{opt}$  (gdy  $A_P = A_P$   $opt$ ), określają zakres najkorzystniejszego pod względem ekonomicznym rozwiązania danego fragmentu sieci.

Przy przyjęciu wyżej wymienionego założenia przeprowadzono cały szereg obliczeń metodą graficzną (por. rys. 3) dla otrzymania granicznych wartości najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  dla zakresu poniżej podanych warunków, a mianowicie:

- gdy wartości ruchu  $A_B$  oferowanego na drogę bezpośrednią wynoszą od 5 do 40 erl.,
- gdy wartości ruchu  $A_0$  oferowanego na wiązki drogi tranzytowej wynoszą od 10 do 80 erl.,
- gdy współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  wynosi od 1,0 do 3,5.

W tabelicy 4 przykładowo podano otrzymane graniczne wartości najkorzystniejszego ruchu  $A_P$  przy wartościach ruchu  $A_0 = 20$  i  $A_0 = 60$  erl.,

Tablica 4

Graniczne wartości najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_p$ , przy których względna różnica kosztu  $R$  różni się od swojej optymalnej wartości o 1/2

$A_0$	$A_B$	Graniczne wartości ruchu przelewowego $A_p$ w erlan-gach przy współczynniku kosztu tranzytowania $\alpha$ wynoszącym:							
		1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5		
20	5	od	1,1	0,75	0,5	0,35	0,25	0,1	
		do	5	5	4	3	2,6	2,1	
	10	od	1,7	1,1	0,7	0,5	0,35	0,15	
		do	6,3	5,4	4,1	3,6	3,2	2,6	
	20	od	2,5	1,6	1,0	0,75	0,55	0,25	
		do	7,1	5,9	4,5	3,8	3,5	2,7	
	30	od	3,3	2,2	1,4	1,0	0,7	0,4	
		do	8,2	6,3	4,8	3,9	3,2	2,8	
	40	od	4,2	2,8	1,7	1,2	0,9	0,5	
		do	9,2	6,5	5	4	3	3	
	60	5	od	a)	a)	0,5	0,35	0,25	0,1
			do	a)	a)	5	5	2,6	2
10		od	a)	1,2	0,8	0,5	0,35	0,15	
		do	a)	5,3	4,7	4	3,3	2,6	
20		od	2,7	1,9	1,1	0,8	0,65	0,2	
		do	5,9	5,6	5,1	4,8	4,5	3,9	
30		od	3,8	2,7	1,9	1,3	0,85	b)	
		do	7	6,5	5,8	5,4	4,9	3,8	
40		od	4,8	3,4	2,4	1,5	0,9	b)	
		do	7,8	7	6,4	5,8	4,9	3	

a) przypadek nieopłacalności stosowania wiązki bezpośredniej, kiedy względne różnice kosztów  $R$  mają wartości dodatnie,

b) przypadek, kiedy dolna granica najkorzystniejszego przelewu jest mniejsza od strat  $p = 1\%$ .

ruchu  $A_B$ , zawartego w granicach od 5 do 40 erlangów i współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , zawartego w granicach od 1,2 do 2,5. Na podstawie danych tabl. 4 można stwierdzić, że graniczne wartości praktycznie najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  stosunkowo mało zależą od ruchu  $A_B$ , oferowanego na wiązkę łączy drogi bezpośredniej, i od ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązki łączy drogi tranzytowej. Większy natomiast wpływ ma współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$ , przy wzroście którego graniczne wartości najkorzystniejszego ruchu przelewowego wydatnie maleją. W niektórych przypadkach dolna granica najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  jest mniejsza od strat przy prawdopodobieństwie  $p = 1\%$ . W tym przypadku poprowadzenie wiązki drogi bezpośredniej, obliczonej na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru, tj.  $p = 1\%$ , stanowi w danych warunkach najkorzystniejsze rozwiązanie pod względem ekonomicznym.

### 2.3. Graniczne wartości współczynnika kosztu tranzytowania

Przy małych współczynnikach kosztu tranzytowania  $\alpha$  wartości względnej różnicy kosztów  $R$ , odpowiadające granicznym wartościom najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$ , mogą być równe 0 lub też mieć wartości dodatnie (por. podaną na rys. 3 krzywą przy  $\alpha = 1,2$ ). W przypadku kiedy względna różnica kosztów  $R = 0$ , występuje praktycznie równość kosztów rozwiązania fragmentów sieci przy zastosowaniu wiązki drogi bezpośredniej z kosztami załatwienia całego ruchu  $A_B$  przy pomocy wiązek drogi tranzytowej. W związku z tym przy współczynniku  $\alpha$  mniejszym od wartości, przy której omówiona względna różnica kosztów  $R$  jest równa zero, najkorzystniejszym rozwiązaniem pod względem ekonomicznym jest załatwienie całego ruchu  $A_B$  poprzez drogę tranzytową. Przeprowadzono obliczenia wyżej omówionych granicznych współczynników  $\alpha$  dla wartości ruchu  $A_B$  (od 5 do 40 erl.) i wartości ruchu  $A_0$  od 10 do 80 erl. W tabelicy 5 podano przykładowo graniczne współczynniki  $\alpha$  dla ruchu  $A_0 = 20$  i  $A_0 = 60$  erl. i wartości ruchu  $A_B$ , w granicach jego zmienności od 5 do 40 erl.

Tabela 5

Graniczne współczynniki kosztu tranzytowania  $\alpha$ 

$A_0$ erl.	Graniczne współczynniki kosztu tranzytowania $\alpha$ przy $A_B$ wynoszącym:				
	5	10	20	30	40
20	1,39	1,23	1,10	1,05	1,03
60	1,85	1,38	1,15	1,10	1,07

## 2.4. Krzywe obliczeniowe

Zgodnie z wyjaśnieniami podanymi w rozdz. 1 niniejszego opracowania, w wiązce drogi bezpośredniej może być  $N_B = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42$  łączy. W związku z tym na podstawie wzoru *Erlanga* wykonano wykresy zależności ruchu przelewowego  $A_P$  od wartości ruchu  $A_B$ , oferowanego na wiązkę drogi bezpośredniej przy  $N_B = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42$  łączy. Następnie na podstawie uprzednio obliczonych w rozdz. 2.2 niniejszego opracowania (por. tabl. 3) granicznych wartości najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  na wyżej wymienione wykresy  $A_P = f(A_B)$ , przy  $N_B = \text{const}$  naniesiono krzywe odpowiadające dolnym granicom najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$ , tj. krzywe  $A_P = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$ .

Przykładowo na rys. 4 podano krzywe  $A_P = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  oraz krzywe  $A_P = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$  dla wartości ruchu oferowanego na wiązkę wchodzące w skład drogi tranzytowej  $A_0 = 20$  erlangów. Punkty przecięcia krzywych  $A_P = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  z krzywymi  $A_P = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$  określają dolne granice najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  dla wiązki drogi bezpośredniej, zawierającej  $N_B = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42$  łączy.

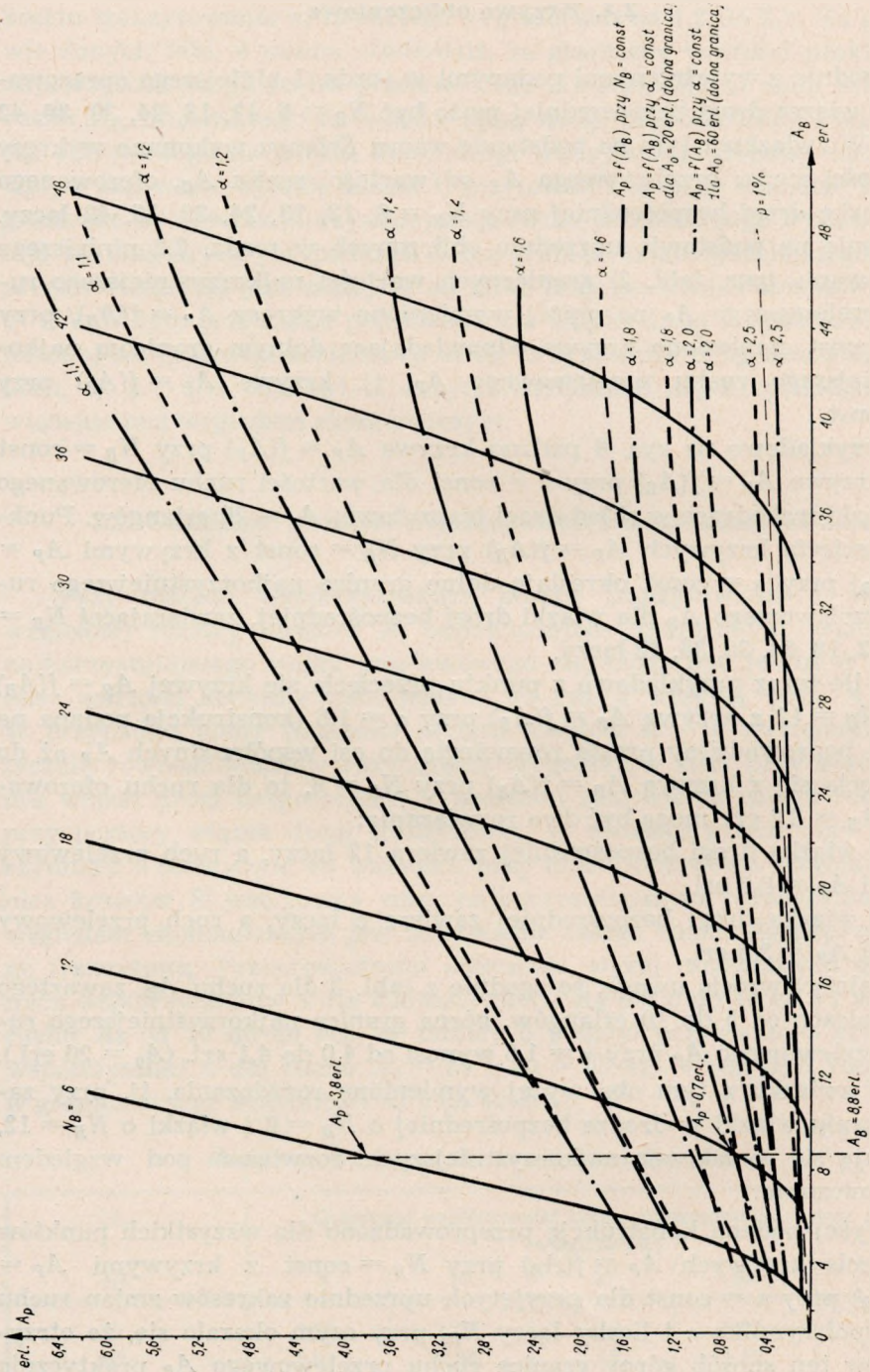
O ile teraz przykładowo z punktu przecięcia się krzywej  $A_P = f(A_B)$  przy  $N_B = 12$  z krzywą  $A_P = f(A_B)$  przy  $\alpha = 1,6$  (konstrukcja podana na rys. 4) poprowadzimy prostą równoległą do osi współrzędnych  $A_P$  aż do przecięcia się z krzywą  $A_P = f(A_B)$  przy  $N_B = 6$ , to dla ruchu oferowanego  $A_B = 8,8$  erl. mogą być dwa rozwiązania:

- wiązka drogi bezpośredniej zawiera 12 łączy, a ruch przelewowy wynosi  $A_P = 0,7$  erl.
- wiązka drogi bezpośredniej zawiera 6 łączy, a ruch przelewowy wynosi  $A_P = 3,8$  erl.

Należy zwrócić uwagę, że zgodnie z tabl. 3 dla ruchu  $A_B$ , zawartego w granicach od 5 do 10 erlangów, górna granica najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_P$  przy  $\alpha = 1,6$  wynosi od 4,0 do 4,1 erl. ( $A_0 = 20$  erl.).

W związku z tym oba wyżej wymienione rozwiązania, tj. przy zastosowaniu wiązki w drodze bezpośredniej o  $N_B = 6$  i wiązki o  $N_B = 12$ , znajdują się w zakresie najkorzystniejszych rozwiązań pod względem ekonomicznym.

Wyżej podaną konstrukcję przeprowadzono dla wszystkich punktów przecięcia krzywych  $A_P = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  z krzywymi  $A_P = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$  dla przyjętych uprzednio zakresów zmian ruchu  $A_0$ , współczynnika  $\alpha$  i liczby łączy  $N_B$ , przy czym okazało się, że otrzymane w ten sposób górne granice ruchu przelewowego  $A_P$  praktycznie

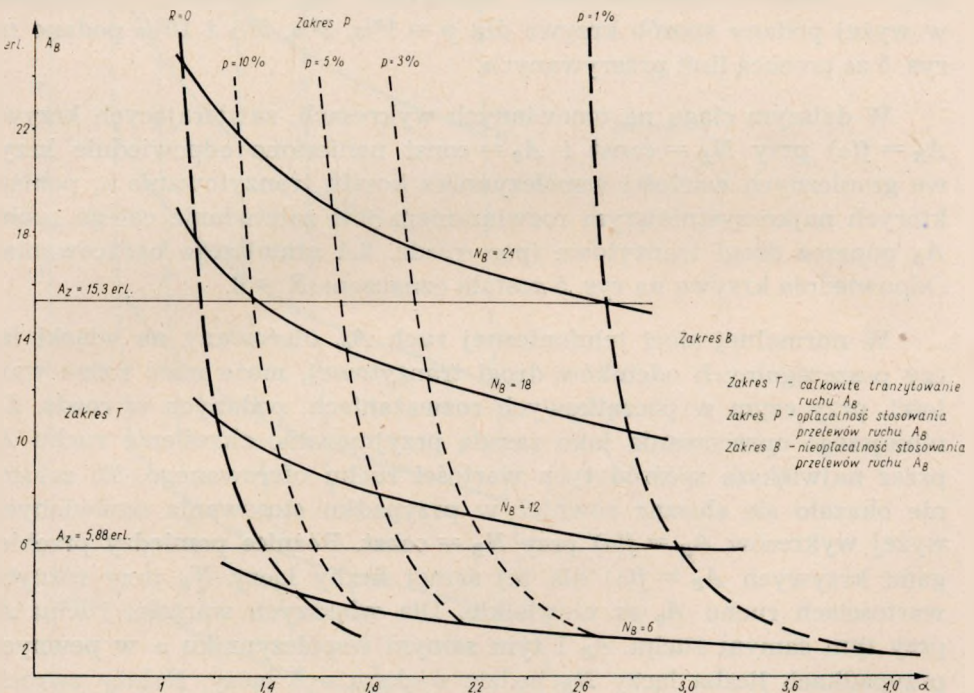


Rys. 4. Wykresy zależności  $A_p = f(A_B)$

nie przekraczają górnych granic najkorzystniejszego ruchu przelewowego  $A_p$ , określonych w rozdz. 2.2 niniejszego opracowania.

Wobec tego przy stałym wzroście ruchu  $A_B$ , oferowanego na drogę bezpośrednią, przez kolejne dodawanie grupy 6 łączy można będzie utrzymywać zawsze najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym rozwiązanie danego fragmentu sieci, przy czym moment dodawania poszczególnej grupy 6 łączy będzie zależał od ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązki drogi tranzytowej, współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$  i od chwilowej wartości wzrastającego ruchu  $A_B$ .

Należy zwrócić uwagę, że punkty przecięcia krzywych  $A_p = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  z krzywymi  $A_p = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$  (por. rys. 4) charakteryzują się odpowiednim współczynnikiem  $\alpha$ , odpowiednią wartością ruchu  $A_B$ , odpowiednią wartością ruchu  $A_0$  i liczbą łączy  $N_B$ .



Rys. 5. Wykresy zależności  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$ ,  $A_0 = 20$  erl. (konstrukcja krzywych  $p = 10\%$ ,  $3\%$ ,  $5\%$  i  $10\%$ )

Wobec tego na podstawie tych danych można było wykonać krzywe  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  i  $A_0 = \text{const}$ . Na rys. 5 podano przykładowo taki wykres dla  $A_0 = 20$  erl.

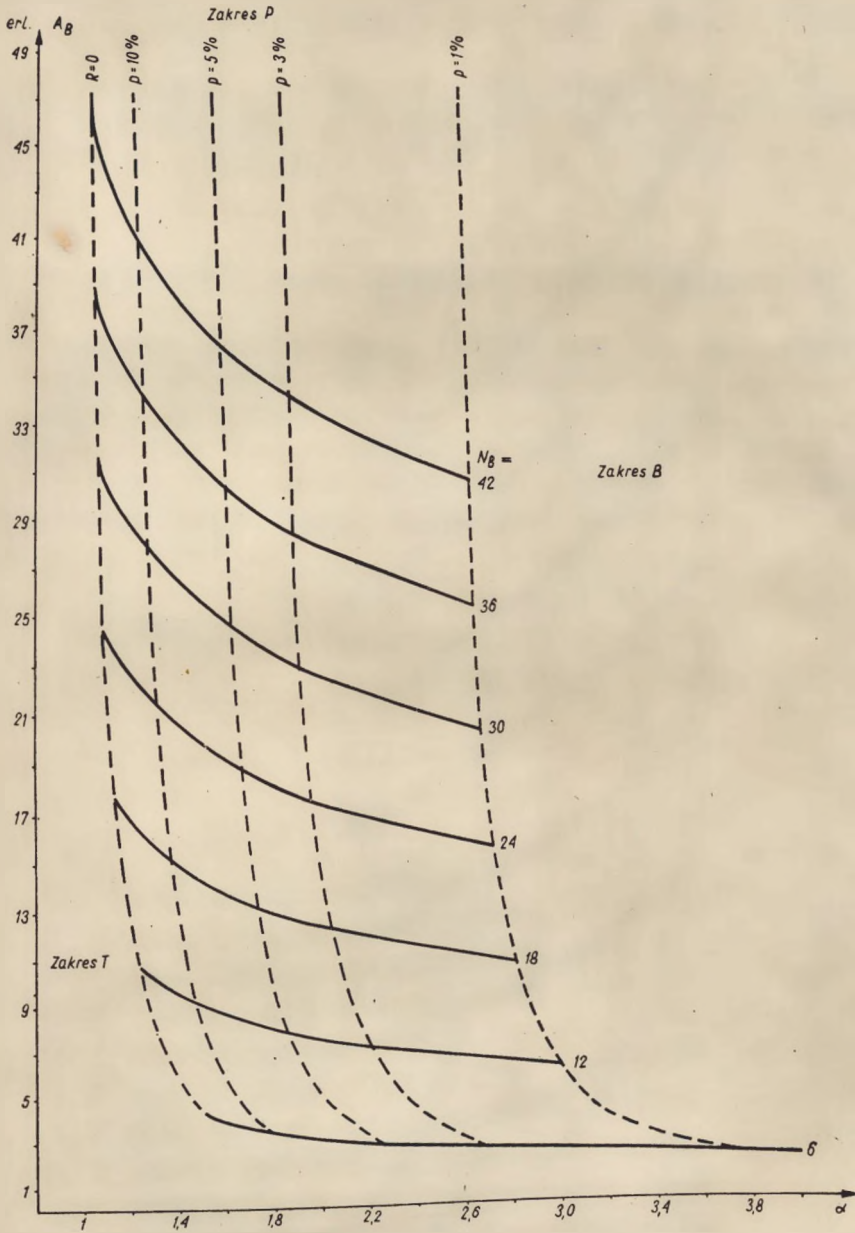
Następnie na omówionych wykresach, zawierających krzywe  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  i  $A_0 = \text{const}$  naniesiono proste równoległe do

osi współrzędnych  $\alpha$ , odpowiadające wartości ruchu  $A_B$ , jaką trzeba byłoby oferować na wiązki o  $N_B = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42$  łączy, aby prawdopodobieństwo strat  $p$  wynosiło 1%, 3%, 5% i 10%. Przykładowo na rys. 5 podano omawiane proste przy  $p = 1\%$  dla  $N_B = 12$  ( $A_B = 5,88$  erlanga) i  $N_B = 24$  ( $A_B = 15,3$  erl.). Punkty przecięcia tych prostych  $A_B = \text{const}$  z odpowiednimi krzywymi  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  określają współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$ , powyżej którego nie należy stosować przelewu ruchu  $A_B$  z drogi bezpośredniej o danej liczbie łączy  $N_B$  na wiązki łączy drogi tranzytowej. Przeprowadzając odpowiednie krzywe dla poszczególnych wartości  $p$  przez wyżej omawiane punkty przecięcia prostych  $A_B = \text{const}$  z krzywymi  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  otrzymamy krzywe graniczne, oddzielające obszar opłacalności stosowania przelewów ruchu z drogi bezpośredniej na wiązki łączy drogi tranzytowej od obszaru nieopłacalności stosowania tego przelewu. Otrzymane w wyżej podany sposób krzywe dla  $p = 1\%, 3\%, 5\%$  i  $10\%$  podano na rys. 5 za pomocą linii przerywanych.

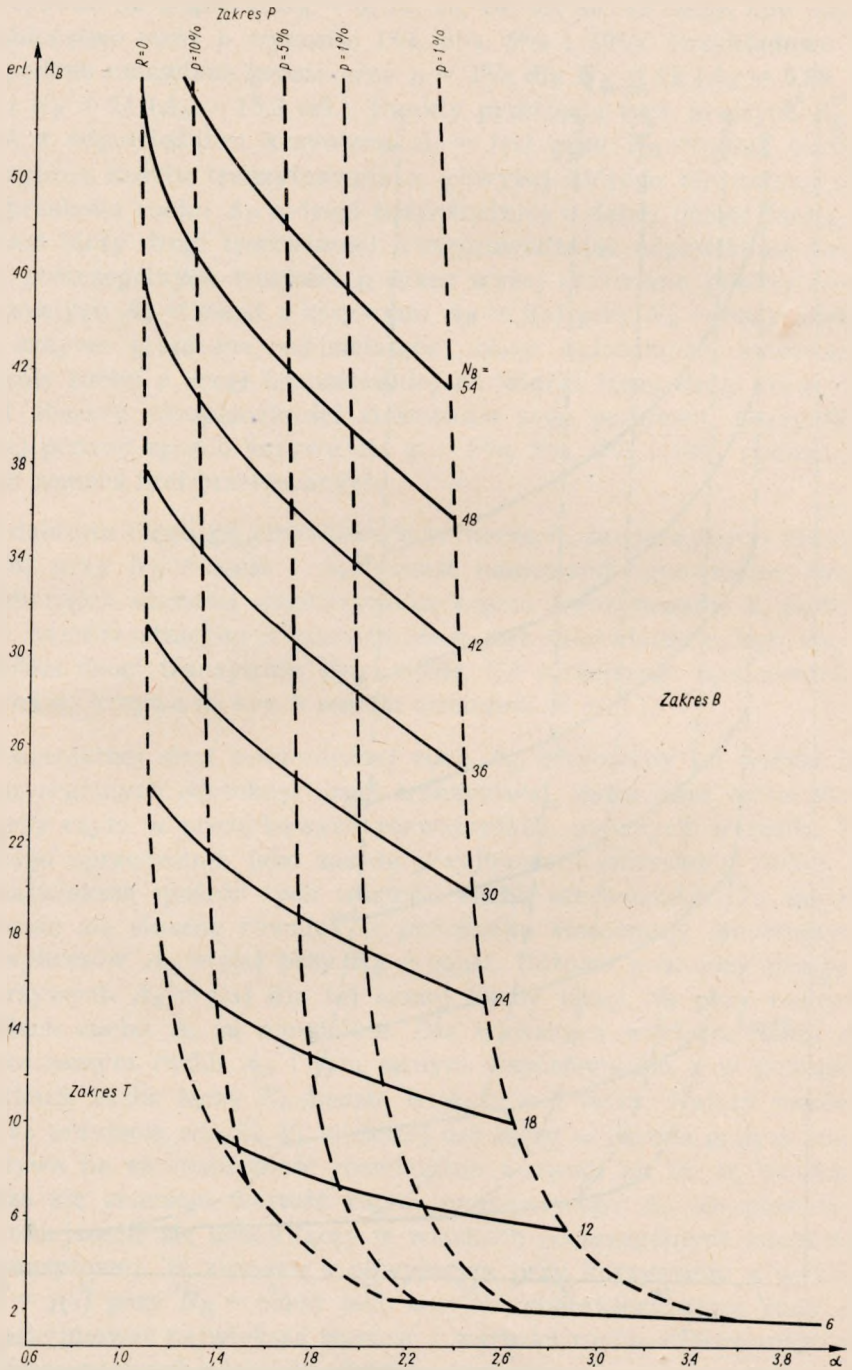
W dalszym ciągu na omawianych wykresach, zawierających krzywe  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  i  $A_0 = \text{const}$  naniesiono odpowiednie krzywe granicznych wartości współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , poniżej których najkorzystniejszym rozwiązaniem jest załatwianie całego ruchu  $A_B$  poprzez drogi tranzytowe (por. rozdz. 2.4 niniejszego opracowania). Odpowiednia krzywa na rys. 5 została oznaczona  $R = 0$ .

W normalnej sieci telefonicznej ruch  $A_0$ , oferowany na wiązki łączy poszczególnych odcinków drogi tranzytowej, może mieć różne wartości, przy czym w początkowych rozważaniach, podanych w rozdz. 2.2 niniejszego opracowania jako zasadę przyjmowano określenie ruchu  $A_0$  przez największą spośród tych wartości ruchu oferowanego. To założenie okazało się słuszne również w przypadku stosowania omawianych wyżej wykresów  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$ . Różnice pomiędzy przebiegami krzywych  $A_B = f(\alpha)$  dla tej samej liczby łączy  $N_B$  przy różnych wartościach ruchu  $A_0$  są niewielkie. Dla większych wartości ruchu  $A_0$  przy tym samym ruchu  $A_B$  i tym samym współczynniku  $\alpha$  w pewnych przypadkach liczba łączy  $N_B$  będzie większa o 6 łączy. Należy zwrócić uwagę, że przyjęcie wiązki  $N_B$  większej o 6 łączy w bardzo małym stopniu wpływa na ekonomiczność rozwiązania z uwagi na to, że wówczas zmniejsza się znacznie wartość ruchu przelewowego  $A_p$ , co powoduje znów zmniejszenie się liczby łączy w wiązkach poszczególnych odcinków drogi tranzytowej. W związku z powyższym przy korzystaniu z wykresów  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  jako wartość charakteryzującą ruch  $A_0$  należy przyjmować największą wartość z wartości ruchu, oferowanego na wiązki poszczególnych odcinków drogi tranzytowej.





Rys. 6. Zależności  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $A_0$  zawartego w granicach od 10 do 30 erl.



Rys. 7. Zależność  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $A_0 > 30$  erl.

Następnie, wobec stwierdzenia małych różnic między przebiegami krzywych  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  przy różnych wartościach ruchu  $A_0$ , omawiane wykresy można było podzielić na dwie grupy i wybrać dla każdej z tych grup jeden wykres, reprezentujący praktycznie daną grupę.

Na rysunkach 6 i 7 podano do praktycznego stosowania dwa wykresy, a mianowicie jeden dla wartości ruchu  $A_0$ , zawartych w granicach od 10 do 30 erl. oraz drugi dla wartości ruchu  $A_0$ , większej od 30 erlan-gów.

## 2.5. Szczegółowa analiza współczynnika kosztu tranzytowania

W uprzednio przedstawionych rozważaniach stosowano współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  bez praktycznego określania jego wartości.

Zgodnie z omawianym w końcu 1 rozdz. niniejszego opracowania określeniem kosztu łączy i urządzeń, biorących udział w jednym połączeniu korzystającym z danej wiązki łączy w jednym z odcinków drogi połączeniowej, można napisać następujące wyrażenia: (por. rys. 1 i tabl. 1)

$$k_B = W + L_B + D \quad (20)$$

$$k_{01} = W + L_{01} + T_1 \quad (21)$$

$$k_{02} = T_1 + L_{02} + T_2 \quad (22)$$

$$k_{03} = T_2 + L_{03} + T_3 \quad (23)$$

$$k_{04} = T_3 + L_{04} + T_4 \quad (24)$$

$$k_{05} = T_4 + L_{05} + D \quad (25)$$

gdzie

$W$  — koszt przyłącza w centrali  $CK_1$

$T_1$  — koszt przyłącza w centrali  $CTZ_1$

$T_2$  — koszt przyłącza w centrali  $CTW_1$

$T_3$  — koszt przyłącza w centrali  $CTW_2$

$T_4$  — koszt przyłącza w centrali  $CTZ_2$

$D$  — koszt przyłącza w centrali  $CK_2$

$L_B$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CK_1 \rightarrow CK_2$

$L_{01}$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CK_1 \rightarrow CTZ_1$

$L_{02}$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CTZ_1 \rightarrow CTW_1$

$L_{03}$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CTW_1 \rightarrow CTW_2$

$L_{04}$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CTW_2 \rightarrow CTZ_2$

$L_{05}$  — koszt liniowy łączy na odcinku  $CTZ_2 \rightarrow CK_2$ .

Następnie współczynniki kosztu tranzytowania dla poszczególnych odcinków drogi tranzytowej będą równe:

$$\text{dla odcinka } CK_1 \rightarrow CTZ_1 \quad \alpha_{01} = \frac{W + L_{01} + T_1}{W + L_B + D} \quad (26)$$

$$\text{dla odcinka } CTZ_1 \rightarrow CTW_1 \quad \alpha_{02} = \frac{T_1 + L_{02} + T_2}{W + L_B + D} \quad (27)$$

$$\text{dla odcinka } CTW_1 \rightarrow CTW_2 \quad \alpha_{03} = \frac{T_2 + L_{03} + T_3}{W + L_B + D} \quad (28)$$

$$\text{dla odcinka } CTW_2 \rightarrow CTZ_2 \quad \alpha_{04} = \frac{T_3 + L_{04} + T_4}{W + L_B + D} \quad (29)$$

$$\text{dla odcinka } CTZ_2 \rightarrow CK_2 \quad \alpha_{05} = \frac{T_4 + L_{05} + D}{W + L_B + D} \quad (30)$$

W związku z powyższym ogólny współczynnik kosztu tranzytowania w rozpatrywanym przypadku będzie równy

$$\alpha = \alpha_{01} + \alpha_{02} + \alpha_{03} + \alpha_{04} + \alpha_{05} \quad (31)$$

Biorąc pod uwagę koszty scalone stosowane w projektach Biura Studiów i Projektów Łączności ustalono szacunkowo, że koszt przyłącza w centrali tranzytowej  $T$  może się zawierać w granicach <sup>1)</sup>

$$80.000 \text{ zł} < T < 200.000 \text{ zł}$$

Poza tym przyjęto, że stosunek kosztu przyłącza w centrali wyjściowej  $W$  lub docelowej  $D$  do kosztu przyłącza w centrali tranzytowej może być zawarty w granicach

$$1 < \frac{W}{T} < 3 \quad (32)$$

$$1 < \frac{D}{T} < 3$$

Następnie ustalono, że koszt liniowy łącza  $L$  między centralami przy uwzględnieniu odległości między centralami, rodzajów systemów nośnych może się zawierać w granicach

$$30.000 \text{ zł} < L < 240.000 \text{ zł}$$

przy czym stosunek liniowy kosztu łącza w wiązce odcinka drogi tran-

<sup>1)</sup> Z uwagi na odmienne określanie kosztów w niniejszym referacie można było przyjąć jedynie wartości szacunkowe.

zytowej do kosztu łączy w wiązce drogi bezpośredniej może być zawarty w granicach

$$0,05 < \frac{L_O}{L_B} < 1,5 \quad (33)$$

Poza tym biorąc pod uwagę wyżej podane koszty przyłącza w centrali tranzytowej i koszty liniowe łączy, stosunek kosztu liniowego łączy do kosztu przyłącza w centrali tranzytowej będzie zawierał się w granicach

$$0,15 < \frac{L_B}{T} < 3 \quad (34)$$

Tablica 6

Wartości współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$  dla poszczególnych odcinków drogi tranzytowej

$\frac{W}{T}$	$\frac{D}{T}$	Granica zmian współczynnika tranzytowania dla			
		pierwszego odcinka	ostatniego odcinka	środkowego odcinka dołączonego do central tranzytowych	
1	1	od	0,43	0,43	0,43
		do	1,30	1,30	1,30
	2	od	0,36	0,52	0,36
		do	1,08	1,25	1,08
	3	od	0,31	0,59	0,31
		do	0,93	1,21	0,93
2	1	od	0,52	0,36	0,36
		do	1,25	1,08	1,08
	2	od	0,45	0,45	0,31
		do	1,07	1,07	0,93
	3	od	0,38	0,52	0,26
		do	0,94	1,06	0,81
3	1	od	0,59	0,31	0,31
		do	1,21	0,93	0,93
	2	od	0,52	0,38	0,26
		do	1,06	0,94	0,81
	3	od	0,47	0,47	0,24
		do	0,94	0,94	0,72

Na podstawie wymienionych w wyrażeniach (31), (32), (33), (34) granic zmian stosunków kosztów poszczególnych elementów przeprowadzono obliczenia granicznych wartości odcinkowych współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$  i podano je w tabl. 6.

Poszczególne dane tablicy 6 były obliczane w następujący sposób:

a) pierwszy odcinek (por. wzór 26) wg wzoru

$$\alpha = \frac{\frac{W}{T} + \frac{L_O}{L_B} \cdot \frac{L_B}{T} + 1}{\frac{W}{T} + \frac{L_B}{T} + \frac{D}{T}} \quad (35)$$

b) ostatni odcinek (por. wzór 30) wg wzoru

$$\alpha = \frac{1 + \frac{L_O}{L_B} \cdot \frac{L_B}{T} + \frac{D}{T}}{\frac{W}{T} + \frac{L_B}{T} + \frac{D}{T}} \quad (36)$$

c) środkowy odcinek (por. wzory 27, 28, 29) wg wzoru

$$\alpha = \frac{1 + \frac{L_O}{L_B} \cdot \frac{L_B}{T} + 1}{\frac{W}{T} + \frac{L_B}{T} + \frac{D}{T}} \quad (37)$$

d) na stosunki  $\frac{W}{T}$  i  $\frac{D}{T}$  podstawiono kolejno wartości 1, 2, 3 (por. wzór 32)

e) na stosunek  $\frac{L_O}{L_B}$  wartość 0,05 i 1,5 (por. wzór 33)

f) na stosunek  $\frac{L_B}{T}$  wartość 0,15 i 3 (por. wzór 34)

g) w tablicy wpisywano wartości krańcowe.

## 2.6. Określanie liczby łączy w wiązce drogi bezpośredniej

Przy obliczaniu fragmentu sieci, składającego się z drogi bezpośredniej i drogi tranzytowej, zawierającej jedynie wiązki łączy obliczanych na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru, znane są następujące wielkości:

- przyjęte dla dróg ostatniego wyboru prawdopodobieństwo strat  $p$ ,
- wartość ruchu  $A_B$ , oferowanego na drogę bezpośrednią,

c) wartości ruchu  $A_0$ , oferowane na poszczególne odcinki drogi tranzytowej,

d) odcinkowe współczynniki kosztu tranzytowania, równe stosunkom kosztu łączy i urządzeń, biorących udział w jednym połączeniu na danym odcinku drogi tranzytowej do kosztu łączy i urządzeń, biorących udział w jednym połączeniu na drodze bezpośredniej.

Początkowo należy obliczyć ogólny współczynnik kosztu tranzytowania dla całej drogi tranzytowej (por. wyrażenie 31)

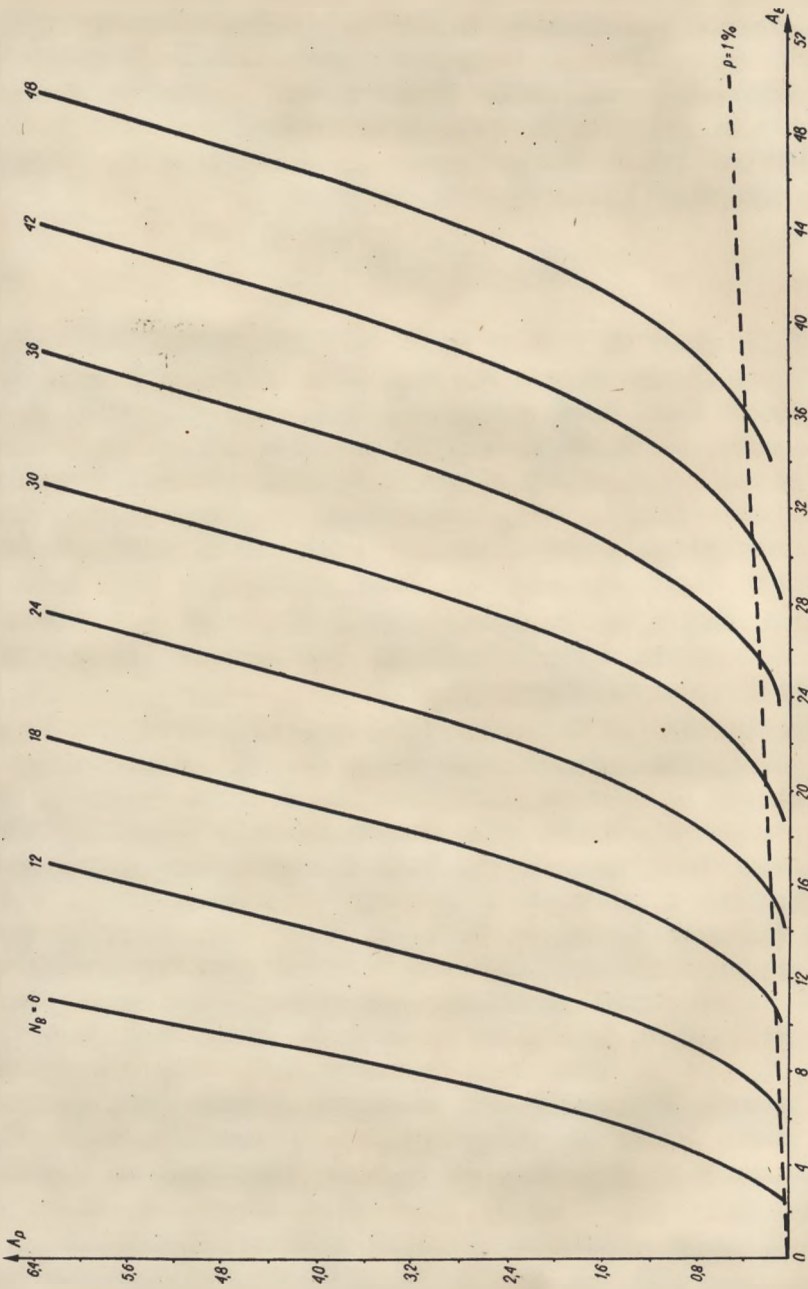
$$\alpha_0 = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_{0i} \quad (38)$$

Następnie ustala się wartość ruchu  $A_0$ , równą maksymalnej wartości ruchu oferowanego spośród wartości, jakie występują w poszczególnych odcinkach danej drogi tranzytowej, przy czym przy ruchu  $A_0$  zawartym w granicach 10÷30 erl. korzysta się z wykresów na rys. 6, a przy  $A_0 \geq 30$  erlangów z wykresów na rys. 7. Na podstawie danych wartości ruchu  $A_B$ , oferowanego na drogę bezpośrednią, i ogólnego współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , należy na rys. 6 lub rys. 7 wyznaczyć odpowiedni punkt. Punkt ten może być różnie usytuowany, przy czym:

a) jeżeli znajdzie się on poniżej krzywej  $R = 0$  lub  $N_B = 6$  (w tzw. zakresie  $T$ ), wówczas najkorzystniejszym rozwiązaniem jest całkowite tranzytowanie ruchu oferowanego  $A_B$ ,

b) jeżeli znajdzie się on z lewej strony krzywej  $p = 1\%$ ,  $p = 3\%$  lub  $p = 5\%$ , ale z prawej strony krzywej  $R = 0$  lub powyżej krzywej  $N_B = 6$  (w tzw. zakresie  $P$ ), wówczas najkorzystniejszym rozwiązaniem jest stosowanie przelewów z wiązki drogi bezpośredniej na wiązki wchodzące w skład drogi tranzytowej. Liczba łączy w wiązce drogi bezpośredniej zostaje określona w zależności od położenia omawianego punktu w stosunku do krzywych  $N_B = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42$ . O ile omawiany punkt znajduje się między dwiema krzywymi, to liczba łączy, którą trzeba zapewnić w rozpatrywanym przypadku, jest równa liczbie  $N_B$  dla dolnej krzywej. Na przykład, jeżeli punkt znajduje się między krzywą  $N_B = 24$  i krzywą  $N_B = 30$ , to liczba łączy w wiązce łączy drogi bezpośredniej powinna wynosić 24 łączy. W tym przypadku wartość ruchu przelewowego  $A_P$  można określić dla danego ruchu  $A_B$  za pomocą wykresu — podanego na rys. 8 —  $A_P = f(A_B)$  dla  $N_B = 24$ , obliczonego na podstawie wzoru Erlanga.

c) jeżeli punkt znajdzie się z prawej strony krzywej  $p = 1\%$ ,  $p = 3\%$  lub  $p = 5\%$  (w tzw. zakresie  $B$ ), wówczas najkorzystniejsze rozwiązanie stanowi wiązka łączy drogi bezpośredniej, obliczanej na straty  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru.



Rys. 8. Wykresy zależności  $A_p = f(A_t)$  przy  $N_B = \text{const}$  oraz  $A_p = f(A_t)$  przy  $p = \text{const} = 1\%$



## 2.7. Obliczanie liczby łączy w wiązkach wchodzących w skład połączeniowej drogi załatwiającej ruch przelewowy

Mając określony ruch przelewowy z dowolnej wiązki drogi bezpośrednio na wiązkę łączy, wchodzącą w skład drogi tranzytowej, można w zależności od wymaganej dokładności obliczać liczbę łączy następującymi sposobami:

a. Przez dodanie do ruchu oferowanego  $A_0$  na tę wiązkę uprzednio obliczonego ruchu przelewowego  $A_p$  zwiększonego o 30% ( $1,3 A_p$ ) i określenie liczby łączy na podstawie wykresów  $A_p = f(A_B)$  podanych na rys. 8 przez poprowadzenie prostej równoległej do osi współrzędnych  $A_p$  w odległości  $A_0 + 1,3 A_p$ . Liczba łączy określająca krzywą  $A_p = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  przeciętą przez wyżej wymienioną prostą równoległą do osi  $A_p$ , najbliżej i poniżej prostej  $A_p = f(A_B)$  przy  $p = \text{const}$ , da szukaną liczbę łączy  $N_0$ .

**Uwaga.** Według danych tabl. 4 wartość ruchu przelewowego  $A_p$  nie przekracza 8 erlangów. W związku z tym przy zastosowaniu wyżej wymienionego współczynnika 1,3 maksymalne zwiększenie sumy ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązkę tranzytową i ruchu przelewowego  $A_p$  nie przekroczy 2,4 erl., a dodatkowa liczba łączy odpowiadająca temu ruchowi 2,4 erl. będzie wynosiła do 3 łączy. Obliczenia przeprowadzone metodą „rozsiewności”, opracowaną przez *Bretschneidera*, przy wartościach ruchu  $A_0$ , oferowanego na wiązki tranzytowe, zawartych w granicach od 10 do 80 erl. i „rozsiewności”  $D$  ruchu przelewowego  $A_p$  mniejszej od 20 wykazały również, że liczba dodatkowych łączy nie przekracza 3.

b. Przez dodanie przy pomocy znanych metod ruchu przelewowego o charakterze szczytowym do ruchu  $A_0$  o charakterze przypadkowym, oferowanego na daną wiązkę i określenie odpowiedniej liczby łączy  $N_0$ .

c. Przez przyjęcie, że wartość każdego ruchu przelewowego może być potraktowana jako ruch o charakterze przypadkowym rzędu 3—4 erl. Należy wtedy zastosować odpowiednie dodanie tych ruchów do ruchu  $A_0$ , oferowanego na daną wiązkę łączy. Do określenia liczby łączy wykorzystuje się wykresy  $A_p = f(A_B)$  podane na rys. 8 przez poprowadzenie prostej równoległej do osi współrzędnych  $A_p$  w odległości  $A_0 + (3 \div 4)$ . Liczba łączy określająca krzywą  $A_p = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$  przeciętą przez wyżej wymienioną prostą równoległą do osi  $A_p$ , najbliżej i poniżej prostej  $A_p = f(A_B)$  przy  $p = \text{const}$ , da szukaną liczbę łączy  $N_0$ .

Należy zwrócić uwagę, że sposoby wymienione w wyżej podanych punktach a i c są całkowicie uzasadnione przy przyjęciu zasady eksploataowania wszystkich łączy, stanowiących jedną grupę podstawową urzą-

dzeń telefonii nośnej. W tym przypadku liczebność łączy w wiązkach, wchodzących do dróg tranzytowych, byłaby również wielokrotnością liczby 6. Należy zaznaczyć, że w razie wzrostu ruchu powyżej przewidywań i przeciążenia wiązek, wchodzących do dróg tranzytowych, można je odciążać przez dodawanie grup łączy w tych wiązkach dróg bezpośrednich, w których wartość ruchu przelewowego na drogę tranzytową zbliżyła się już do górnej granicy najkorzystniejszego przelewu.

### 3. PRZYPADEK, GDY DROGA POŁĄCZENIOWA, ZAŁATWIAJĄCA RUCH PRZELEWOWY ZAWIERA WIĄZKI ŁĄCZY O WYSOKIM WYKORZYSTANIU

Za podstawę wzięto fragment sieci łączy telefonicznych przedstawiony na rys. 1, z tym że brak jest tu połączeń między centralami  $CK_1$  i  $CTW_2$  oraz połączeń między centralami  $CTW_2$  i  $CK_2$ . Wobec tego wiązka  $N_{W_1}$  o wysokim wykorzystaniu oraz wiązki  $N_{03}$ ,  $N_{04}$ ,  $N_{05}$ , obliczone na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru, stanowią połączeniową drogę tranzytową, a wiązka łączy  $N_B$  stanowi połączeniową drogę bezpośrednią. W tym przypadku mogą być dwa rozwiązania, a mianowicie:

a) Rozwiązanie „a”, gdy całkowity ruch między centralą wyjściową  $CK_1$  a docelową  $CK_2$  jest załatwiany poprzez drogę tranzytową przechodzącą przez centrale  $CTW_1$ ,  $CTW_2$ ,  $CTZ_2$ ,

b) Rozwiązanie „b”, gdy między centralą wyjściową  $CK_1$  a centralą docelową  $CK_2$  zapewnia się wiązkę łączy, stanowiącą połączeniową drogę bezpośrednią. Ruch nie załatwiony na drodze bezpośredniej (ruch przelewowy) byłby załatwiany drogą tranzytową poprzez centrale  $CTW_1$ ,  $CTW_2$ ,  $CTZ_2$ .

**Uwaga.** W krańcowym przypadku tego rozwiązania ruch przelewowy może być równy zeru, a wiązka łączy połączeniowej drogi bezpośredniej jest wtedy obliczona na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatniego wyboru.

Przy zastosowaniu rozwiązania „a” liczba łączy wyniesie:

— w wiązce drogi bezpośredniej  $N_B = 0$ ,

— w wiązce odcinka drogi tranzytovej  $CK_1 \rightarrow CTW_1$ ,  $N_{W_1}$ , obliczanej wg zasad podanych w rozdz. 2.6 niniejszego opracowania dla fragmentu sieci, składającej się z central  $CK_1$ ,  $CTZ_1$ ,  $CTW_1$ , z tym że jako ruch  $A_B$  należy przyjąć sumę ruchu  $A_{W_1}$ , oferowanego na tę wiązkę  $CK_1 \rightarrow CTW_1$  oraz ruchu  $A_B$ , oferowanego na wiązkę  $CK_1 \rightarrow CK_2$ ,

— w wiązkach odcinków drogi tranzytowej  $CTW_1 \rightarrow CTW_2$ ,  $CTW_2 \rightarrow CTZ_2$ ,  $CTZ_2 \rightarrow CK_2$  ( $N_{03} \div N_{05}$ ), obliczonych wg wzoru Erlanga dla ruchu ( $A_{03} \div A_{05}$ ) +  $A_B$  przy prawdopodobieństwie strat  $p$ .

Natomiast przy zastosowaniu rozwiązania „b” liczba łączy wyniesie:

— w wiązce drogi bezpośredniej  $N_B$  wg wzoru Erlanga dla ruchu  $A_B$  przy prawdopodobieństwie strat:

$$p_B = \frac{A_B - Z_B}{A_B} \cdot 100\% \quad (39)$$

— w wiązce odcinka drogi tranzytowej  $CK_1 \rightarrow CTW_1$ , ( $N'_{W1}$ ), obliczanej wg zasad podanych w rozdz. 2.6 niniejszego opracowania dla fragmentu sieci, składającej się z central  $CK_1$ ,  $CTZ_1$ ,  $CTW_1$ , z tym że jako ruch  $A'_B$  należy przyjmować sumę ruchu  $A_{W1}$ , oferowanego na tę wiązkę  $CK_1 \rightarrow CTW_1$  i ruchu przelewowego  $A_P = A_B - Z_B$ . Ponieważ ruch  $A_{W1}$  jest ruchem o charakterze przypadkowym, a ruch  $A_P$  ruchem szczytowym, powstaje konieczność określenia ekwiwalentnego ruchu przypadkowego, odpowiadającego w obliczeniach sumie ruchu  $A_{W1}$  i ruchu  $A_P$ .

— w wiązkach odcinków drogi tranzytowej  $CTW_1 \rightarrow CTW_2$ ,  $CTW_2 \rightarrow CTZ_2$ ,  $CTZ_2 \rightarrow CK_2$ ,  $N'_{03} \div N'_{05}$ , obliczanych metodą opracowaną przez G. Bretschneidera dla ruchu przypadkowego  $A_{03} \div A_{05}$ , zwiększonego o ruch przelewowy  $A_P$  przy prawdopodobieństwie strat  $p$ .

W dalszych rozważaniach przyjęto jako punkt odniesienia liczby łączy, obliczanych przy zastosowaniu rozwiązania „a”, tj. całkowitego tranzytowania ruchu  $A_B$ . Wobec tego w przypadku zastosowania rozwiązania „b” liczba łączy w wiązce drogi bezpośredniej obliczona na podstawie wyżej podanego sposobu obliczania, wyniesie  $N_B$ , a ubytki w liczbach łączy w wiązkach poszczególnych odcinków drogi tranzytowej będą równe:

$$\begin{aligned} \Delta N_{W1} &= N_{W1} - N'_{W1} \\ \Delta N_{03} &= N_{03} - N'_{03} \\ \Delta N_{04} &= N_{04} - N'_{04} \\ \Delta N_{05} &= N_{05} - N'_{05} \end{aligned} \quad (40)$$

Podobnie, jak już to omówiono w rozdz. 2.1 niniejszego opracowania, dokonane obliczenia wykazały, że istnieje możliwość wyznaczenia takiej wartości ruchu  $Z_B$ , załatwianego przy pomocy wiązki  $CK_1 \rightarrow CK_2$ , przy której wystąpi minimum kosztów.

Zgodnie z oznaczeniami, podanymi w tabl. 1, koszt wiązki łączy drogi bezpośredniej jest równy

$$K_1 = k_B \cdot N_B \quad (41)$$

Natomiast wartość ubytku łączy w wiązce  $CK_1 \rightarrow CTW_1$ , wchodzącej w skład drogi tranzytowej jest równa

$$k_{W1} \cdot \Delta N_{W1} \quad (42)$$

Poza tym wartość ubytku łączy

$$\text{— w wiązce } CTW_1 \rightarrow CTW_2 \text{ będzie równa } k_{03} \cdot \Delta N_{03} \quad (43)$$

$$\text{— w wiązce } CTW_2 \rightarrow CTZ_2 \text{ będzie równa } k_{04} \cdot \Delta N_{04} \quad (44)$$

$$\text{— w wiązce } CTZ_2 \rightarrow CK_2 \text{ będzie równa } k_{05} \cdot \Delta N_{05} \quad (45)$$

W związku z tym ogólna wartość ubytków łączy w wiązkach wszystkich odcinków drogi tranzytowej wyniesie

$$K_2 = k_{W1} \cdot \Delta N_{W1} + k_{03} \cdot \Delta N_{03} + k_{04} \cdot \Delta N_{04} + k_{05} \cdot \Delta N_{05} \quad (46)$$

Wobec tego ogólne zwiększenie lub zmniejszenie kosztów w przypadku zastosowania wiązki drogi bezpośredniej, tj. rozwiązania „b” w stosunku do przypadku całkowitego tranzytowania ruchu  $A_B$ , tj. rozwiązania „a” wyniesie

$$K_0 = K_1 - K_2$$

Należy zwrócić uwagę, że obliczenie kosztu wiązki drogi bezpośred-

Tablica 7

Liczba łączy w wiązce w zależności od oferowanego ruchu  $A$  i różnych wartości ruchu  $A_p$ , przelewanych z danej wiązki na inne wiązki

A erl.	Liczba łączy $N$ przy ruchu przelewowym $A_p$ (erl.) równym:								
	0 <sup>a)</sup>	1	2	3	4	5	6	8	10
3	7,9	3,1	1,4	—	—	—	—	—	—
6	12,2	7,3	5,3	3,7	2,4	—	—	—	—
10	17,5	12,5	10,3	8,6	7,1	5,8	4,6	2,2	—
20	29,7	25,0	22,3	20,3	18,7	17,2	15,8	13,2	10,9
40	52,4	48,8	45,5	43,1	41,1	39,4	37,9	36,0	32,4
60	74,2	71,9	68,0	65,4	63,2	61,3	59,6	56,6	53,8
80	95,7	94,5	90,3	87,4	85,1	83,1	81,2	78,0	75,1

**Uwaga**

a) liczba łączy dla  $A_p = 0$  została obliczona przy prawdopodobieństwie strat  $p = 1\%$ .

Tablica 8

Różnice w liczbie łączy  $N_2 - N_1$  w zależności od różnicy dwóch wartości ruchu, tj.  $A_2 - A_1$  i różnych wartości ruchu przelewowego  $A_p$

Poz.	Ruch w erlangach		Różnica liczby łączy $N_2 - N_1$ przy ruchu przelewowym $A_p$ (erl.) równym:								
	$A_2$	$A_1$	0 <sup>a)</sup>	1	2	3	4	5	6	8	10
1	6	3	4,3	4,2	3,9	—	—	—	—	—	—
2	10	6	5,3	5,2	5,0	4,9	4,7	—	—	—	—
3	20	10	12,2	12,5	12,0	11,7	11,6	11,4	11,2	11,0	—
4	40	20	22,7	23,8	23,2	22,8	22,4	22,2	22,1	21,8	21,5
5	60	40	21,8	23,1	22,3	22,5	22,1	21,9	21,7	21,6	21,4
6	80	60	21,5	22,6	22,3	22,0	21,9	21,8	21,6	21,4	21,3

**Uwaga**  
a) liczba łączy dla  $A_p = 0$  była obliczona przy prawdopodobieństwie strat  $p = 1\%$ , grubymi liniami zaznaczono zakresy najkorzystniejszego ruchu przelewowego przy wartości ruchu  $A_1$ .

niej, tj. wartości  $K_1$ , nie przedstawia trudności. Natomiast obliczenie ogólnego kosztu ubytku w liczbie łączy w wiązkach wszystkich odcinków drogi tranzytowej, tj. wartości  $K_2$ , jest znacznie trudniejsze z uwagi na różne ubytki w liczbach łączy  $\Delta N$ . Poza tym dodatkową trudność stwarza to, że wiązka łączy między  $CK_1 \rightarrow CTW_1$  jest wiązką o wysokim wykorzystaniu.

W celu przekonania się o wielkości ubytków łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu przeprowadzono w tabl. 7 i 8 obliczenia ubytków łączy w wiązkach, z których część ruchu jest przelewana na inne drogi połączeniowe. W tablicy 7 podano liczby łączy w wiązce w zależności od oferowanego na nią ruchu  $A$  i różnych wartości przelewu  $A_p$ , zawartego w uprzednio ustalonych granicach najkorzystniejszego przelewu (por. tabl. 4). Następnie w tabl. 8 na podstawie danych z tabl. 7 podano różnice między liczbą łączy  $N_2$  (dla ruchu  $A_2$ ) i liczbą łączy  $N_1$  (dla ruchu  $A_1$ ) w zależności od wielkości przelewowego ruchu  $A_p$ . Porównując różnice  $N_2 - N_1$ , a więc ubytki w liczbie łączy  $\Delta N$  dla ruchu przelewowego  $A_p = 0$  i ruchu  $A_p$ , zawartego w granicach najkorzystniejszego przelewu, można stwierdzić, że praktycznie są one jednakowe (różnice  $\leq 8\%$ ). Powyższe stwierdzenie można wytłumaczyć tym, że przy zmniejszaniu ruchu oferowanego o określoną wartość odejmujemy z wiązek łączy o największym wykorzystaniu, które to wykorzystanie dla łączy wiązek obliczonych na  $p\%$  i dla łączy wiązek o wysokim wykorzystaniu jest prak-

tycznie jednakowe. W związku z tym można przyjąć, że w rozpatrywanej drodze tranzytowej ubytek w liczbie łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu jest praktycznie równy ubytkom w liczbach łączy w wiązkach obliczanych na prawdopodobieństwo strat  $p$ , czyli

$$\Delta N_{W1} = \Delta N_{03} = \Delta N_{04} = \Delta N_{05} \quad (47)$$

**Uwaga.** Przyjęto to samo założenie co w rozdz. 2.1 niniejszego opracowania, tzn., że ubytki w liczbach łączy w wiązkach obliczanych na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru są jednakowe.

Zgodnie z powyższym rozumowaniem można napisać, że różnica kosztów  $K_0$  jest równa

$$K_0 = k_B \cdot N_B - (k_{W1} + k_{03} + k_{04} + k_{05}) \cdot \Delta N_0 \quad (48)$$

Wprowadzając podobnie jak w rozdz. 2.1 niniejszego opracowania współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  równy

$$\alpha = \frac{k_{W1} + k_{03} + k_{04} + k_{05}}{k_B} \quad (49)$$

otrzymamy, że względna różnica kosztów  $R$  przy stosowaniu drogi bezpośredniej, wyrażona w jednostkowych kosztach łączy i organów komutacyjnych, biorących udział w jednym połączeniu poprzez drogę tranzytową, jest równa

$$R = \frac{N_B}{\alpha} - \Delta N_0 \quad (50)$$

Otrzymano ten sam wzór, co w przypadku drogi tranzytowej, składającej się z wiązek obliczanych na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru. Poza tym można napisać, że współczynnik kosztu tranzytowania określonej drogi tranzytowej jest równy

$$\alpha = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_{0i} + \sum_{i=1}^{i=m} \alpha_{wi} \quad (51)$$

gdzie:

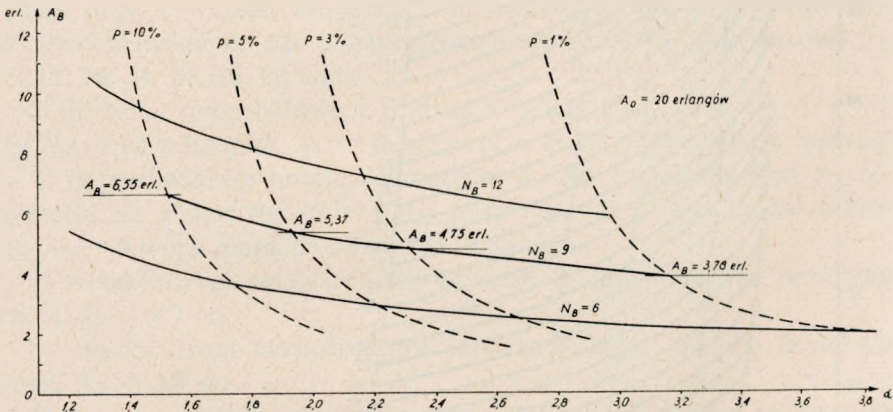
$\alpha_{0i}$  — odcinkowy współczynnik kosztu tranzytowania dowolnego odcinka, zawierającego wiązkę obliczoną na prawdopodobieństwo strat  $p$ , przyjęte dla dróg ostatniego wyboru,

$\alpha_{wi}$  — odcinkowy współczynnik kosztu tranzytowania dowolnego odcinka, zawierającego wiązkę łączy o wysokim wykorzystaniu.

Ostatecznie można stwierdzić, że sposób określania liczby łączy w wiązkach bezpośrednich nie zależy od stopnia wykorzystania wiązek tworzących odpowiednie drogi tranzytowe, z tym zastrzeżeniem, że liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu, wchodzących w skład drogi tranzytowej zostały określone wg metody podanej w rozdz. 2.6 niniejszego opracowania, tzn. ruch przelewowy z nich zawiera się w granicach, dających rozwiązanie najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym.

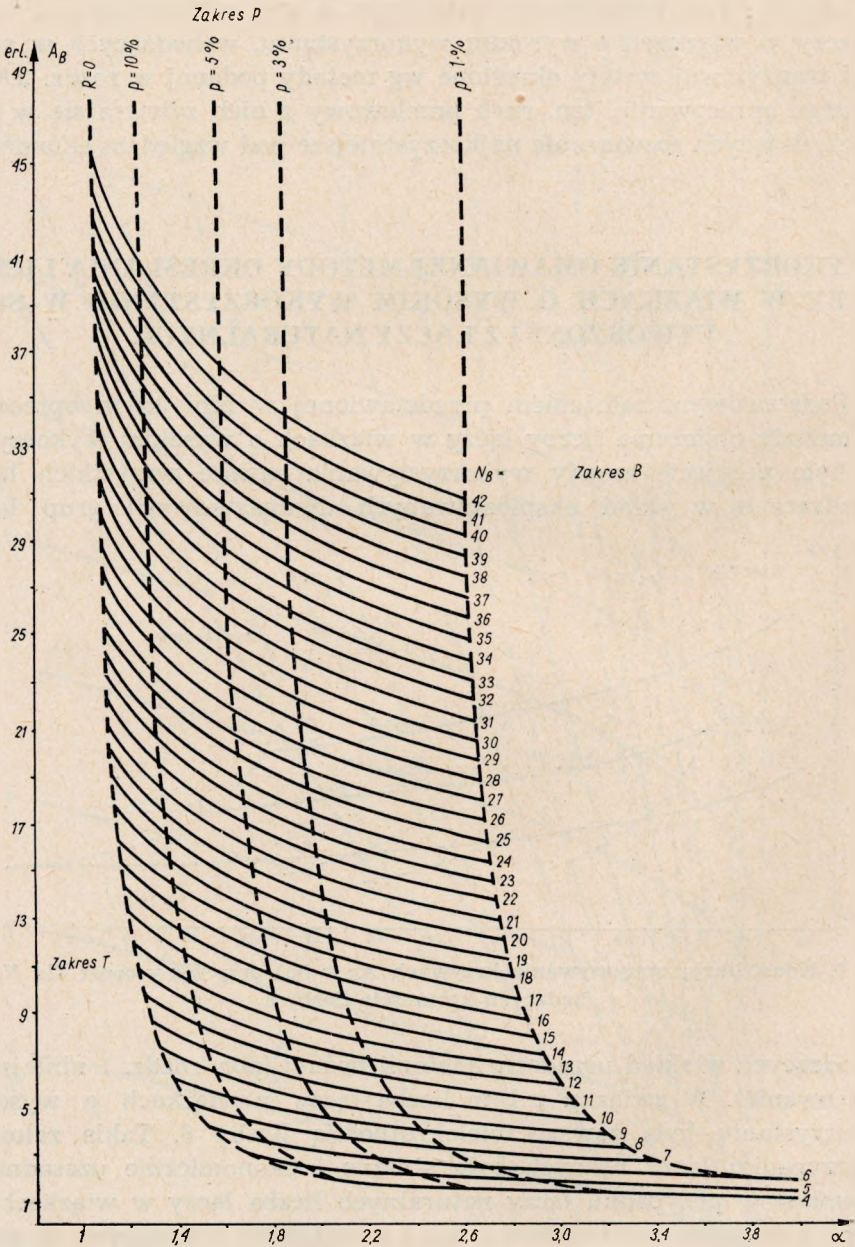
#### 4. WYKORZYSTANIE OMAWIANEJ METODY OKREŚLANIA LICZBY ŁĄCZY W WIĄZKACH O WYSOKIM WYKORZYSTANIU W SIECI UTWORZONEJ Z ŁĄCZY NATURALNYCH

Podstawowym założeniem przedstawionej w niniejszym opracowaniu metody obliczania liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu było przyjęcie zasady wykorzystywania zawsze wszystkich łączy, wchodzących w skład eksploatowanych dwunastkowych grup łączy,



Rys. 9. Konstrukcja otrzymywania krzywych  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $N_B$  nie będących krotnością liczby 6

wchodzących w skład urządzeń telefonii nośnej (por. rozdz. 1 niniejszego opracowania). W związku z tym liczba łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu była zawsze wielokrotnością liczby 6. Takie założenie w przypadku łączy nośnych było słuszne i ekonomicznie uzasadnione. Natomiast w przypadku łączy naturalnych liczba łączy w wiązkach zarówno o wysokim wykorzystaniu jak i w wiązkach obliczanych na prawdopodobieństwo strat, przyjęte dla dróg ostatecznego wyboru, może się zmieniać co jedność. Rozważania przeprowadzone w rozdz. 2 wykazały, że zmiany liczby łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu, zawierające



Rys. 10. Zależność  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $A_0$  zawartego w granicach od 10 do 30 erl.



się w granicach 6 łączy, mogą spowodować, że względna różnica kosztów  $R$  może się maksymalnie różnić od swojej optymalnej wartości  $R_{opt}$  o 1/2, przy czym ta liczba 1/2 oznaczała połowę kosztu łączy i organów komutacyjnych, biorących udział w jednym połączeniu poprzez drogę tranzytową. Można uznać, że różnica ta jest stosunkowo niewielka i można ją będzie dopuścić również przy określaniu liczby łączy naturalnych w wiązkach o wysokim wykorzystaniu.

Punkty leżące na krzywych  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$ , podanych na rys. 6 i 7, odnoszą się do przypadków, kiedy ruch przelewowy  $A_p$  posiada wartości równe granicom zakresu najkorzystniejszego pod względem ekonomicznym przelewu. O ile punkt, wyznaczony zgodnie ze sposobem podanym w rozdz. 2.6 niniejszego opracowania, o współrzędnych  $A_B$  i  $\alpha$  (przy danej wartości  $A_0$ ) znajdzie się na jednej z krzywych  $A_B = f(\alpha)$  dla określonej wartości  $N_B$ , to ruch przelewowy  $A_p$  może mieć dwie wartości, a mianowicie:

— wartość najmniejszą równą dolnej granicy zakresu najkorzystniejszego przelewu przy liczbie łączy w wiązce równej  $N_B$ ,

— wartość największą, równą górnej granicy zakresu najkorzystniejszego przelewu przy liczbie łączy w wiązce równej  $N_B' = N_B - 6$ .

Ze względu na to, że przy stosowaniu łączy naturalnych liczba ich może zmieniać się nawet o jedność, dodano do krzywych podanych na rys. 6 i 7 krzywe  $A_B = f(\alpha)$  dla  $N_B = 4, 5, 7, 8, 9, 10, \dots$  otrzymując odpowiednio rys. 10 i 11. Sposób otrzymywania tych nowych krzywych przykładowo podano na rys. 9 dla krzywej  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = 9$  łączy. Na wykresach rys. 6 i 7 liniami przerywanymi zaznaczono krzywe graniczne, określające procent prawdopodobieństwa strat  $p = 1\%, 3\%, 5\%, 10\%$ , otrzymane w sposób podany w rozdz. 2.4 niniejszego opracowania (por. rys. 5). Zgodnie ze wzorem Erlanga na wiązkę  $N_B = 9$  łączy należy oferować:

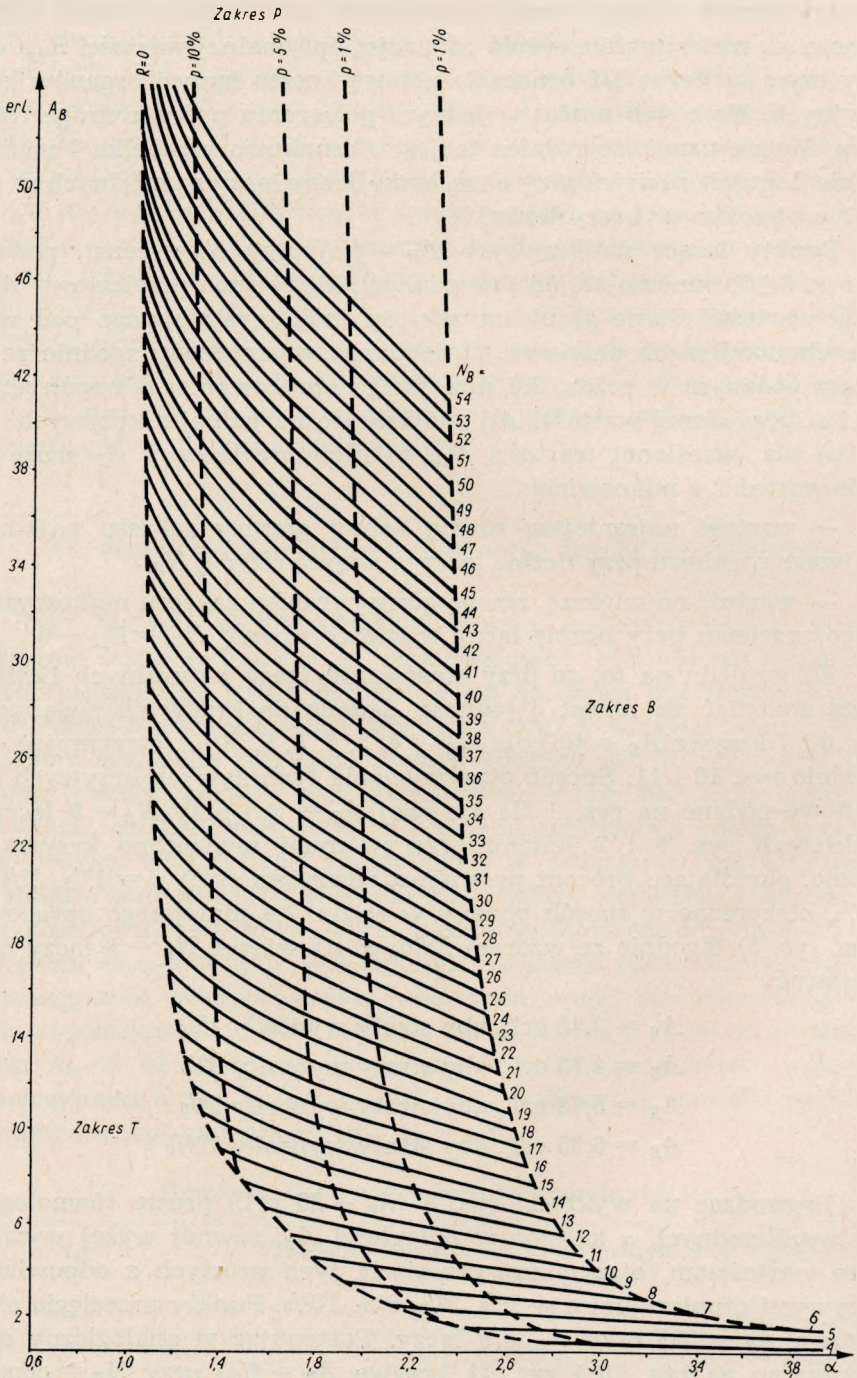
$$A_B = 3,78 \text{ erl.}, \text{ aby straty wynosiły } 1\%$$

$$A_B = 4,75 \text{ erl.}, \text{ aby straty wynosiły } 3\%$$

$$A_B = 5,73 \text{ erl.}, \text{ aby straty wynosiły } 5\%$$

$$A_B = 6,55 \text{ erl.}, \text{ aby straty wynosiły } 10\%$$

Prowadząc na wykresie rys. 9 ( $A_0 = 20$  erl.) proste równoległe do osi współrzędnych  $\alpha$  kolejno w odległości  $A_B$ , równej wyżej wymienionym wartościom, otrzymamy przecięcia tych prostych z odpowiednimi krzywymi granicznymi  $p = 1\%, 3\%, 5\%, 10\%$ . Punkty przecięcia określają krzywą  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = 9$  łączy. Postępując w analogiczny sposób otrzymano na rys. 10 i rys. 11 krzywe  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $N_B = 4, 5, 6, 7, 8, 9 \dots$



Rys. 11. Zależność  $A_B = f(\alpha)$  przy  $N_B = \text{const}$  dla  $A_0 > 30$  erl.

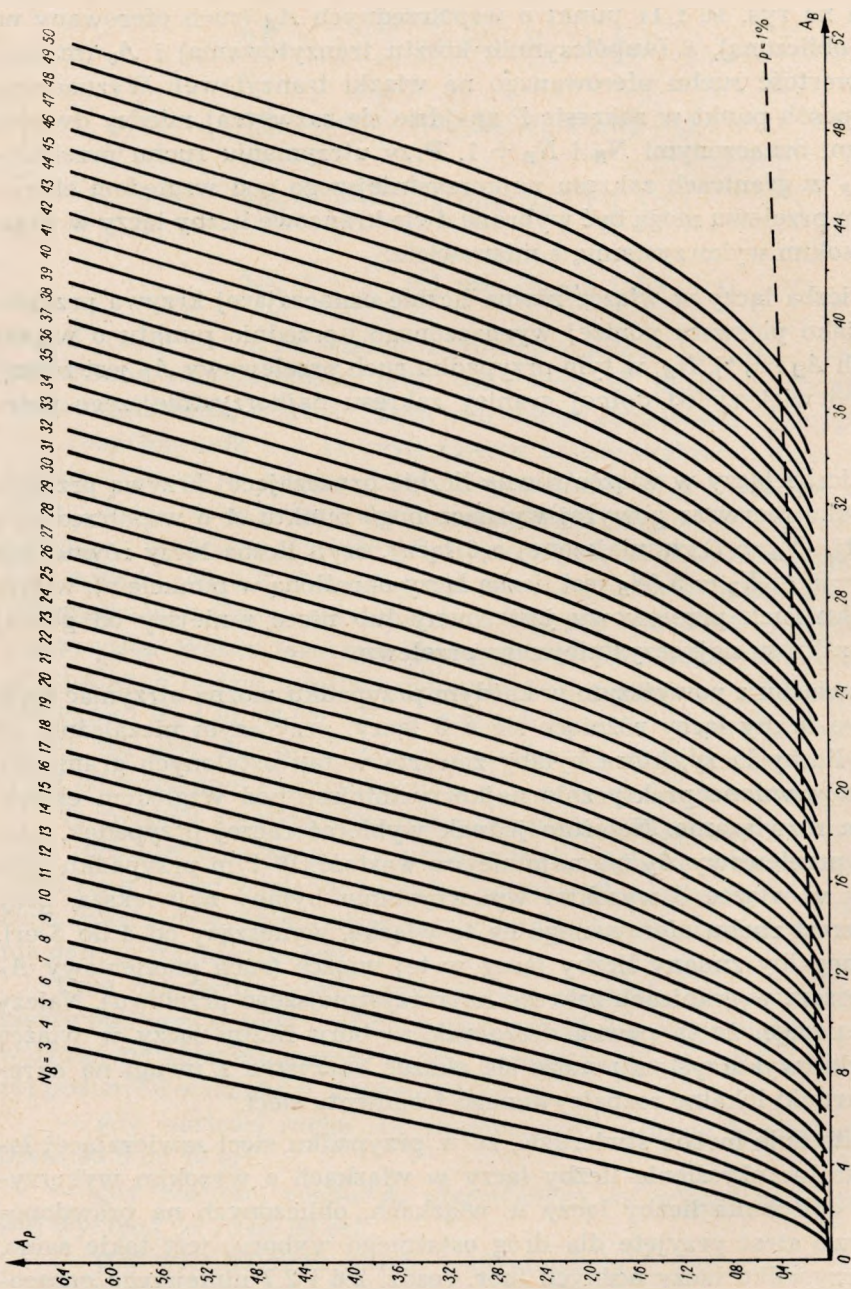
Przy określaniu liczby łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu wyznaczamy zgodnie ze sposobem podanym w rozdz. 2.6 niniejszego opracowania na rys. 10 i 11 punkt o współrzędnych  $A_{\bar{B}}$  (ruch oferowany na wiązkę obliczoną),  $\alpha$  (współczynnik kosztu tranzytowania) i  $A_0$  (maksymalna wartość ruchu oferowanego na wiązki tranzytowe). Wyznaczony w ten sposób punkt w zakresie  $P$  znajdzie się zazwyczaj między dwiema krzywymi oznaczonymi  $N_B$  i  $N_B + 1$ . Przy utrzymaniu ruchu przelewowego  $A_P$  w granicach zakresu najkorzystniejszego pod względem ekonomicznym przelewu mogą być wybrane dwie krańcowe liczby łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu, a mianowicie:

a) liczba łączy w wiązce równa liczbie oznaczającej krzywą przebiegającą jako pierwsza poniżej wyznaczonego uprzednio punktu o współrzędnych  $A_{\bar{B}}$  i  $\alpha$ , tj.  $N_B$ ; w tym przypadku ruch przelewowy  $A_P$  jest równy lub nieco większy od dolnej granicy zakresu najkorzystniejszego przelewu;

b) liczba łączy w wiązce równa liczbie oznaczającej krzywą przebiegającą jako pierwsza powyżej wyznaczonego punktu  $A$  o współrzędnych  $A_B$  i  $\alpha$ , tj.  $(N_B + 1)$ , zmniejszonej o 6 łączy, czyli liczba łączy równa jest  $N_{\bar{B}} + 1 - 6 = N_B - 5$  ( $N_B$  jest liczbą łączy określoną w punkcie a); w tym przypadku ruch przelewowy jest równy lub nieco mniejszy od górnej granicy zakresu najkorzystniejszego przelewu.

W związku z powyższym w każdym przypadku można otrzymać dwie krańcowe liczby łączy różniące się o 5 łączy, przy czym niezależnie od wyboru liczby łączy, która byłaby zawarta w tak ustalonych granicach, będzie zapewnione praktycznie najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym rozwiązanie. Należało jednak wybierać raczej przypadek, kiedy ruch przelewowy  $A_P$  ma najmniejszą wartość. W tym przypadku liczba łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu byłaby największa, przy czym wzrost ruchu oferowanego na tę wiązkę, wynoszący od 4 do 5 erl. nie wymagałby zmiany liczby łączy w tej wiązce (ruch przelewowy  $A_P$  byłby jeszcze w granicach zakresu najkorzystniejszego przelewu). Należy zwrócić uwagę, że ta pewna dowolność wyboru liczby łączy w wiązce o wysokim wykorzystaniu może się okazać korzystna z uwagi na określone warunki lokalne rozpatrywanego fragmentu sieci.

Ostatecznie można stwierdzić, że w przypadku sieci zawierającej łączy naturalne określenie liczby łączy w wiązkach o wysokim wykorzystaniu i obliczenie liczby łączy w wiązkach, obliczonych na prawdopodobieństwo strat przyjęte dla dróg ostatniego wyboru, jest takie samo, jak w przypadku łączy nośnych (por. rozdz. 2.6 i 2.7 niniejszego opracowania), przy czym zamiast rys. 6 należy stosować rys. 10, zamiast rys. 7 należy stosować rys. 11 oraz zamiast rys. 8 należy stosować rys. 12.



Rys. 12. Zależność ruchu przelewowego  $A_p = f(A_B)$  przy  $N_B = \text{const}$

## 5. WYKORZYSTANIE OMAWIANEJ METODY PRZY EKSPLOATACJI PRACUJĄCEJ SIECI TELEFONICZNEJ

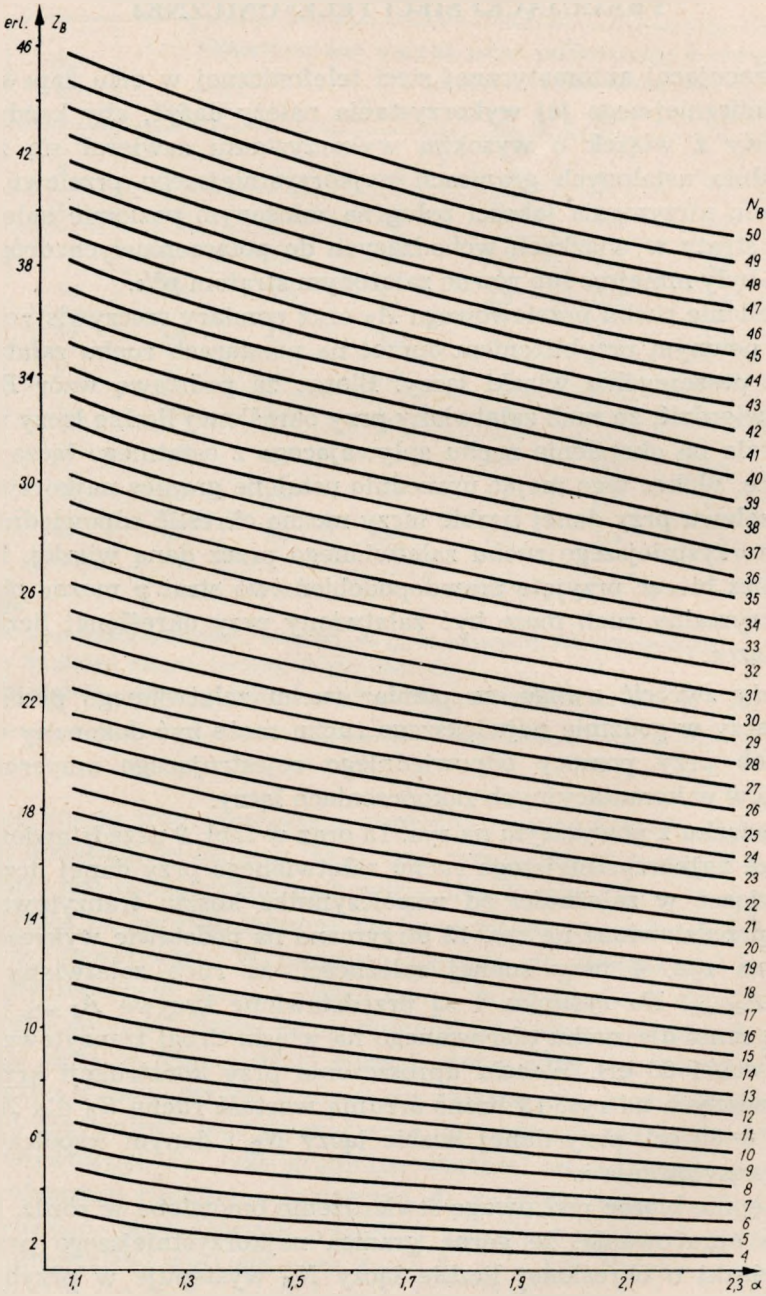
W pracującej automatycznej sieci telefonicznej w celu zapewnienia najekonomiczniejszego jej wykorzystania należy dążyć, aby każdy ruch przelewowy z wiązek o wysokim wykorzystaniu zawierał się zawsze w uprzednio ustalonych granicach najkorzystniejszego przelewu. Poza tym w celu utrzymania jakości usług na założonym poziomie należy dążyć, aby straty w wiązkach wchodzących do połączeniowych dróg ostatecznych były mniejsze lub równe założonym stratom  $p^0\%$ .

Określenie ruchu przelewowego  $A_p$  oraz pomiaru rzeczywistych strat można z pewnym przybliżeniem oprzeć na pomiarach ruchu załatwianego przez poszczególne wiązki łączy. Biorąc za podstawę wzór Erlanga można stwierdzić, że ruch załatwiany przy określonej liczbie łączy w wiązce pozwala na określenie ruchu spływającego z ostatniego łącza w danej wiązce. Wobec tego mając uprzednio ustalone granice najkorzystniejszego przelewu przy danej liczbie łączy można określić odpowiednie granice najkorzystniejszego ruchu załatwianego przez daną wiązkę. Podobnie również biorąc przyjęte prawdopodobieństwo strat  $p$  można określić, jaki maksymalny ruch może być załatwiony przy określonej liczbie łączy w wiązce.

Należy zwrócić uwagę, że pomiar ruchu załatwianego przez daną wiązkę łączy w godzinie największego ruchu może być dokonany w prosty sposób przy pomocy odpowiedniego rejestrującego amperomierza i oporników w komutacyjnych zakończeniach łączy.

W związku z powyższym na rys. 13 oraz w tabl. 9 przedstawiono dolne granice najkorzystniejszego ruchu załatwianego przy danej liczbie łączy w wiązce w zależności od współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ . Krzywe przedstawione na rys. 13 otrzymano na podstawie wykresów podanych na rys. 4 przy znanej zależności, że ruch załatwiany  $Z_B = A_B - A_{p \min}$ . Na rysunku 4 są przedstawione krzywe  $A_{p \min} = f(A_B)$  przy  $\alpha = \text{const}$  dla ruchu oferowanego na wiązki drogi tranzytowej równego 20 erl. i 60 erl. W celu uproszczenia przy konstrukcji krzywych przedstawionych na rys. 13 brano średnią wartość ruchu  $Z_B$  dla  $A_0 = 20$  erl. i  $A_0 = 60$  erl. przy danej liczbie łączy  $N_B$  i danym współczynnikiem kosztu tranzytowania  $\alpha$ .

Następnie biorąc pod uwagę stwierdzenie omówione w rozdz. 2.4 niniejszego opracowania, że górna granica najkorzystniejszego przelewu  $A_{p \max}$  wiązki o określonej liczbie łączy  $N_B$  występuje w przybliżeniu przy tym samym ruchu oferowanym  $A_B$  co dolna granica najkorzystniejszego przelewu z wiązki o liczbie łączy  $N'_B = N_B + 6$  (por. konstrukcję



Rys. 13. Dolne granice najkorzystniejszej wartości ruchu załatwanego  $Z_B$

Tablica 9

**Graniczne wartości ruchu w erlangach załatwanego przez wiązkę o wysokim wykorzystaniu**

Liczba łączy w wiązce $N_B$		Współczynnik kosztu tranzytowania $\alpha$ wynosi:									
		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
4	od	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6
	do	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
5	od	3,9	3,6	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3
	do	4,6	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0
6	od	4,6	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0
	do	5,5	5,4	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8
7	od	5,4	5,0	4,8	4,6	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9	3,7
	do	6,4	6,2	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7
8	od	6,3	5,9	5,6	5,4	5,3	5,1	5,0	4,8	4,7	4,5
	do	7,3	7,1	7,0	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,6	6,5
9	od	7,1	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2
	do	8,2	8,0	7,9	7,8	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3
10	od	7,9	7,5	7,2	7,0	6,7	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9
	do	9,1	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,5	8,4	8,3	8,2
11	od	8,8	8,4	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6
	do	10,0	9,9	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1	9,0
12	od	9,6	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,9	7,7	7,5	7,3
	do	11,0	10,8	10,7	10,6	10,4	10,2	10,1	10,0	9,9	9,8
13	od	10,5	10,1	9,7	9,4	9,2	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1
	do	11,9	11,7	11,6	11,4	11,3	11,1	11,0	10,9	10,7	10,6
14	od	11,4	11,0	10,6	10,3	10,1	9,8	9,5	9,3	9,0	8,8
	do	12,8	12,6	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,6	11,4
15	od	12,4	11,9	11,6	11,2	10,9	10,7	10,4	10,1	9,8	9,6
	do	13,7	13,5	13,3	13,2	13,0	12,9	12,7	12,6	12,4	12,3
16	od	13,3	12,8	12,4	12,1	11,8	11,5	11,2	10,9	10,7	10,4
	do	14,7	14,4	14,2	14,1	13,9	13,8	13,6	13,4	13,3	13,1
17	od	14,2	13,7	13,3	13,0	12,7	12,3	12,0	11,7	11,4	11,1
	do	15,6	15,3	15,1	15,0	14,8	14,6	14,5	14,3	14,1	14,0
18	od	15,1	14,7	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,5	12,2	12,0
	do	16,5	16,3	16,0	15,8	15,7	15,5	15,3	15,2	15,0	14,9

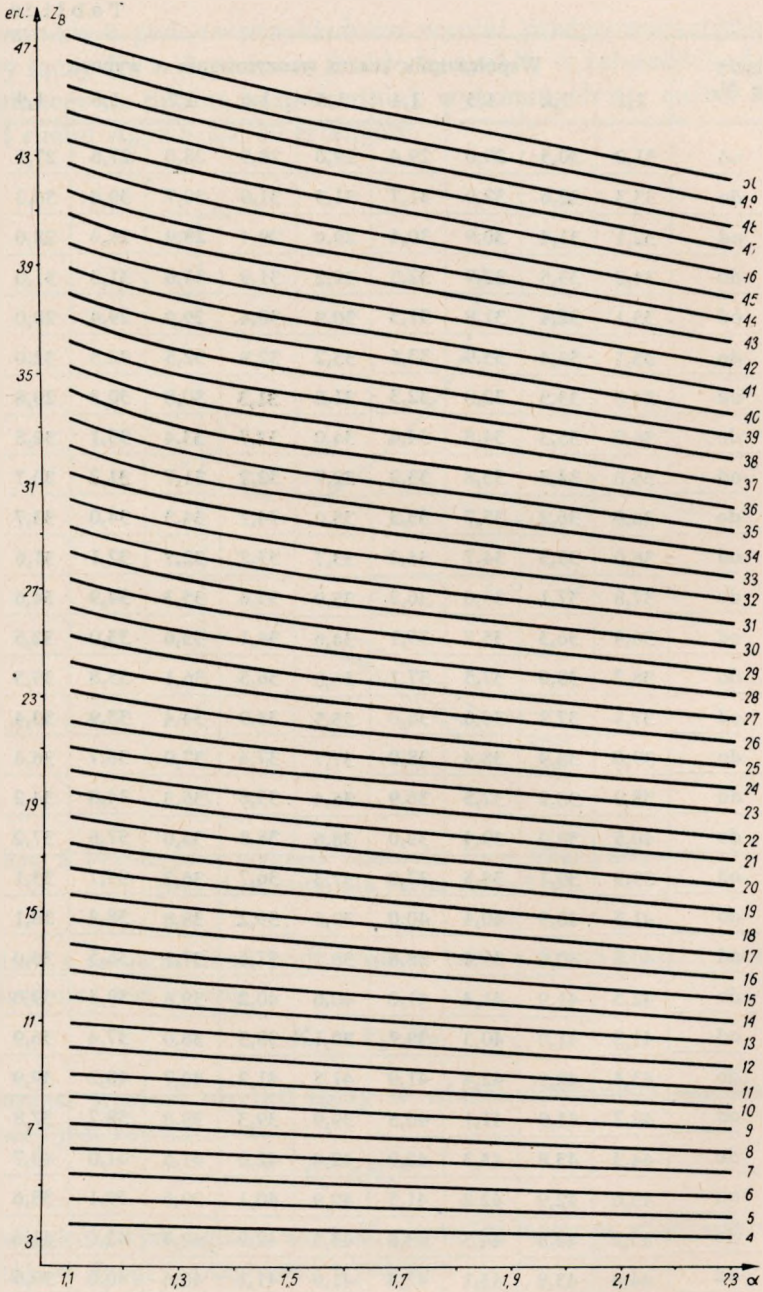
Tablica 9 (cd.)

Liczba łączy w wiązce $N_B$		Współczynnik kosztu tranzytowania $\alpha$ wynosi:									
		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
19	od	16,1	15,6	15,2	14,8	14,5	14,1	13,8	13,4	13,0	12,8
	do	17,5	17,1	16,9	16,7	16,5	16,4	16,2	16,0	15,9	15,7
20	od	17,0	16,5	16,1	15,7	15,3	14,9	14,6	14,2	13,9	13,6
	do	18,4	18,1	17,8	17,6	17,4	17,3	17,1	16,9	16,8	16,6
21	od	17,9	17,4	17,0	16,6	16,2	15,9	15,5	15,2	14,8	14,5
	do	19,4	19,0	18,7	18,5	18,3	18,2	18,0	17,8	17,6	17,5
22	od	18,9	18,4	17,9	17,5	17,1	16,7	16,4	16,0	15,6	15,3
	do	20,3	19,9	19,6	19,4	19,2	19,0	18,8	18,6	18,5	18,3
23	od	19,7	19,2	18,8	18,4	18,0	17,6	17,2	16,9	16,4	16,2
	do	21,2	20,8	20,5	20,3	20,1	19,9	19,7	19,5	19,4	19,2
24	od	20,6	20,1	19,7	19,3	18,9	18,5	18,1	17,8	17,4	17,0
	do	22,2	21,7	21,4	21,3	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3	20,1
25	od	21,5	21,0	20,6	20,2	19,8	19,4	17,0	18,6	18,2	17,9
	do	23,2	22,7	22,4	22,1	21,3	21,7	21,5	21,3	21,1	21,0
26	od	22,4	21,9	21,5	21,1	20,7	20,3	19,9	19,5	19,1	18,7
	do	24,2	23,7	23,4	23,1	22,8	22,6	22,4	22,2	22,1	21,9
27	od	23,4	22,9	22,4	22,0	21,6	21,2	20,7	20,3	19,9	19,6
	do	25,3	24,8	24,4	24,1	23,8	23,5	23,4	23,2	23,0	22,8
28	od	24,3	23,8	23,3	22,9	23,5	22,1	21,6	21,2	20,8	20,5
	do	26,3	25,7	25,3	25,0	24,7	24,5	24,3	24,1	23,9	23,7
29	od	25,3	24,8	24,3	23,8	23,4	22,9	22,5	22,1	20,7	21,4
	do	27,3	26,7	26,3	26,0	25,6	25,4	25,2	25,0	24,8	24,6
30	od	26,4	25,8	25,1	24,7	24,2	23,8	23,4	23,0	22,6	22,2
	do	28,3	27,7	27,3	26,9	26,6	26,3	26,1	25,9	25,7	25,5
31	od	27,3	26,6	26,1	25,6	25,2	24,8	24,4	23,9	23,5	23,1
	do	29,3	28,6	28,2	27,8	27,5	27,2	27,0	26,8	26,5	26,3
32	od	28,3	27,6	27,0	26,6	26,1	25,7	25,3	24,8	24,4	24,0
	do	30,3	29,6	29,2	28,8	28,5	28,2	27,9	27,7	27,4	27,2
33	do	29,3	28,6	28,0	27,5	27,1	26,6	26,2	25,8	25,3	24,9
	do	31,3	30,6	30,1	29,7	29,4	29,1	28,9	28,6	28,4	28,1
34	od	30,2	29,5	29,0	28,5	28,0	27,6	27,1	26,6	26,2	25,8
	do	32,3	31,6	31,1	30,7	30,4	30,0	29,8	29,5	29,3	29,0



Tablica 9 (cd.)

Liczba łączy w wiązce $N_B$		Współczynnik kosztu tranzytowania $\alpha$ wynosi:									
		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
35	od	31,2	30,5	29,9	29,4	29,0	28,5	28,0	27,6	27,1	26,7
	do	33,3	32,6	32,0	31,7	31,3	31,0	30,7	30,4	30,2	29,9
36	od	32,1	31,4	30,9	30,4	29,9	29,4	28,9	28,4	28,0	27,6
	do	34,2	33,5	32,9	32,5	32,2	31,9	31,6	31,3	31,0	30,7
37	od	33,1	32,4	31,8	31,3	30,9	30,4	29,9	29,4	28,0	28,5
	do	35,1	34,4	33,9	33,5	33,2	32,9	32,5	32,3	32,0	31,6
38	od	34,0	33,3	32,8	32,3	31,8	31,3	30,8	30,3	29,8	29,3
	do	36,0	35,3	34,8	34,4	34,0	33,7	33,4	33,1	32,8	32,5
39	od	35,0	34,3	33,8	33,2	32,7	32,2	31,7	31,2	30,7	30,3
	do	36,9	36,2	35,7	35,3	35,0	34,7	34,3	34,0	33,7	33,4
40	od	36,0	35,3	34,7	34,2	33,7	33,2	32,7	32,1	31,6	31,1
	do	37,8	37,1	36,6	36,2	35,9	35,6	35,3	34,9	34,6	34,3
41	od	36,9	36,3	35,7	35,1	34,6	34,1	33,6	33,0	32,5	32,0
	do	38,7	38,0	37,5	37,1	36,8	36,5	36,1	35,8	35,5	35,2
42	od	37,9	37,2	36,6	36,0	35,5	34,9	34,4	33,9	33,4	32,9
	do	39,6	38,9	38,4	38,0	37,7	37,4	37,0	36,7	36,4	36,0
43	od	38,9	38,2	37,5	36,9	36,4	35,8	35,3	34,8	34,2	33,8
	do	40,5	39,9	39,4	39,0	38,6	38,3	38,0	37,6	37,2	36,9
44	od	39,9	39,1	38,5	37,8	37,3	36,7	36,2	35,7	35,1	34,7
	do	41,5	40,9	40,4	40,0	39,6	39,2	38,8	38,4	38,1	37,7
45	od	40,8	40,0	39,4	38,8	38,2	37,6	37,1	36,5	36,0	35,5
	do	42,5	41,9	41,4	41,0	40,6	40,2	39,8	39,3	39,0	38,6
46	od	41,8	41,0	40,3	39,7	39,1	38,5	38,0	37,4	36,9	36,4
	do	43,4	42,9	42,4	41,9	41,5	41,2	40,7	40,2	39,9	39,5
47	od	42,7	41,9	41,1	40,5	39,9	39,3	38,8	38,2	37,8	37,3
	do	44,3	43,8	43,3	42,9	42,4	42,0	41,5	41,0	40,7	40,3
48	od	43,6	42,9	42,2	41,5	40,9	40,1	39,6	39,1	38,6	38,1
	do	45,2	44,8	44,3	43,8	43,3	42,9	42,4	42,0	41,6	41,2
49	od	44,6	43,8	43,1	42,4	41,8	41,1	40,6	40,0	39,5	39,0
	do	46,1	45,6	45,1	44,7	44,2	43,7	43,3	42,8	42,5	42,1
50	od	45,6	44,8	44,0	43,3	42,7	42,0	41,5	40,9	40,4	39,9
	do	47,0	46,5	46,0	45,5	45,0	44,5	44,1	43,7	43,3	42,9



Rys. 14. Górne granice najkorzystniejszej wartości ruchu załatwianego  $Z_B$

podaną na rys. 4 dla  $\alpha = 1,6$  i  $A_B = 8,8$  erl.) określono górne granice najkorzystniejszego ruchu załatwianego ( $Z_B = A_B - A_{p_{max}}$ ) przez wiązkę o określonej liczbie łączy  $N_B$ . Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 14 oraz w tabl. 9. Następnie na rys. 15 podano maksymalne wartości ruchu załatwianego przez wiązkę, wchodzącą w skład drogi ostatecznej, przy prawdopodobieństwie strat  $p = 1\%$  i  $3\%$ .

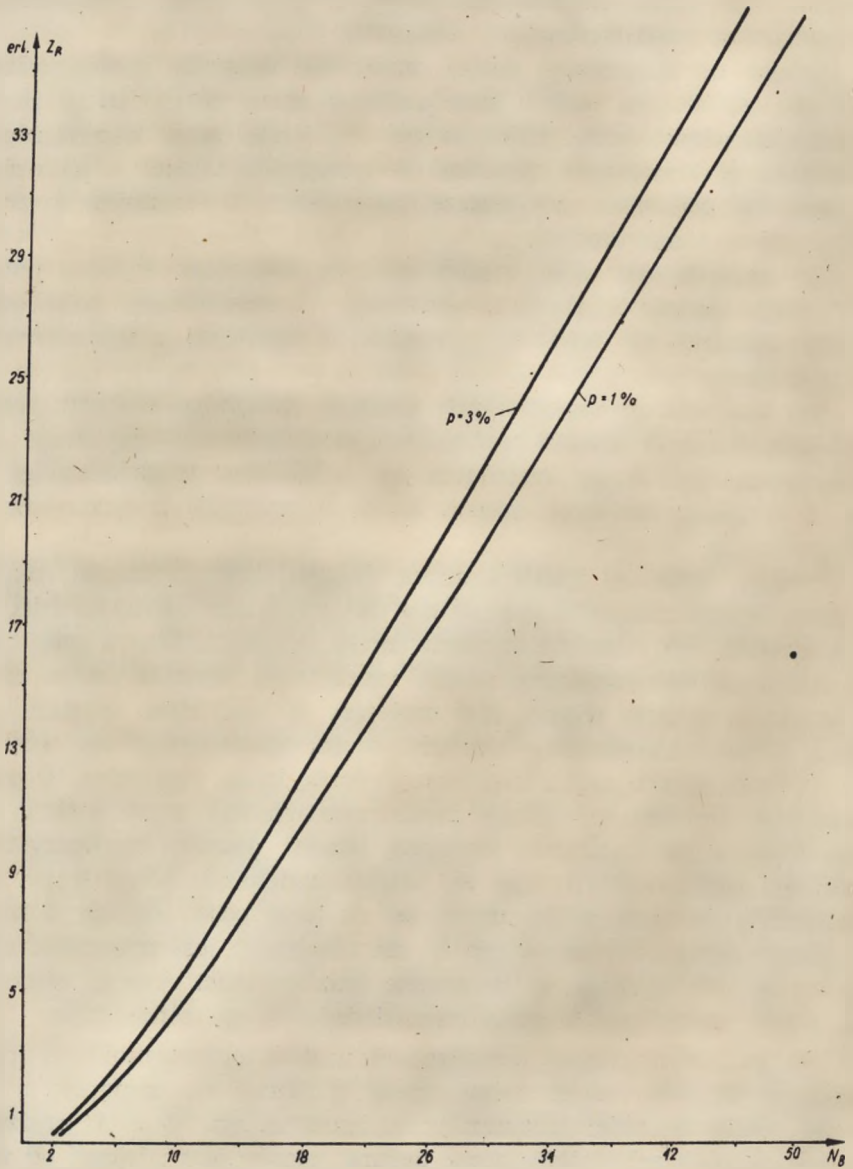
Mając do dyspozycji wyżej omówione wykresy przedstawione na rys. 13, 14, 15 oraz tabl. 9 oraz pomiary ruchu załatwianego przez poszczególne wiązki łączy można ocenić, czy liczby łączy w poszczególnych wiązkach są prawidłowo ustalone. W przypadku wiązek o wysokim wykorzystaniu potrzebna jest jeszcze znajomość współczynnika kosztu tranzytowania  $\alpha$ , a mianowicie:

— przy dwóch wyjściowych drogach kolejnego wyboru potrzebny jest współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  połączeniowej drogi ostatecznej w stosunku do danej wiązki łączy, stanowiącej połączeniową drogę bezpośrednią,

— przy trzech wyjściowych drogach kolejnego wyboru potrzebny jest współczynnik kosztu tranzytowania  $\alpha$  połączeniowej drogi pośredniej, której pierwszym odcinkiem jest wyjściowa droga drugiego wyboru, w stosunku do danej wiązki łączy, stanowiącej połączeniową drogę bezpośrednią.

Mając wartość współczynnika kosztu tranzytowania, określamy z wykresów przedstawionych na rys. 13 i 14 dolną i górną granicę najkorzystniejszej wartości ruchu załatwianego  $Z_B$  przez daną wiązkę o znanej liczbie łączy. W przypadku, kiedy rzeczywista wartość ruchu załatwianego przez badaną wiązkę jest mniejsza od uprzednio ustalonej dolnej granicy najkorzystniejszej wartości ruchu załatwianego  $Z_B$ , oznacza to, że w danej wiązce należy zmniejszyć liczbę łączy. Natomiast w przypadku, kiedy rzeczywista wartość ruchu załatwianego przez badaną wiązkę jest większa od uprzednio ustalonej górnej granicy najkorzystniejszej wartości ruchu załatwianego  $Z_B$ , należy zwiększyć liczbę łączy. W celu określenia, ile łączy należy dodać lub ile łączy odjąć, można wykorzystać wykresy podane na rys. 10 lub 11, ale niezbędna jest znajomość wartości ruchu  $A_B$  oferowanego na tę wiązkę oraz wartości ruchów oferowanych na wiązki wchodzące w skład odpowiedniej drogi tranzytowej.

W przypadku wiązek wchodzących w skład połączeniowych dróg ostatecznych wartości ruchu załatwianego powinny być mniejsze, a co najmniej równe wartości odczytanej z wykresu na rys. 15. O ile zajdzie przypadek, że ruch załatwiany przez badaną wiązkę jest większy od wartości odczytanej z wykresów na rys. 15, należy w tej wiązce zwiększyć liczbę łączy względnie sprawdzić, czy w wiązkach pośrednich, z których ruch jest przelewany na badaną wiązkę, nie opłaca się zwiększyć liczbę



Rys. 15. Zależność ruchu załatwianego  $Z_B$  od liczby łączy  $N_B$  przy  $p = \text{const}$

łączy, np. gdy ruch załatwiany w tych wiązkach jest blisko granicy najkorzystniejszej wartości  $Z_B$ , powodując tym zmniejszenie ruchu oferowanego na badaną wiązkę wchodzącą w skład połączeniowych dróg ostatecznych.

## 6. ZAKOŃCZENIE

Rozważania przeprowadzone w rozdz. 2 i 5 pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

a) stosowanie przelewów ruchu, przechodzących przez jedną centralę tranzytową, może być w prawie wszystkich przypadkach ekonomicznie uzasadnione,

b) stosowanie przelewów ruchu, przechodzących przez dwie centrale tranzytowe, może być w pewnej liczbie przypadków ekonomicznie nieuzasadnione,

c) stosowanie przelewów ruchu, przechodzących przez trzy lub cztery centrale tranzytowe, może być tylko w bardzo niewielkiej liczbie przypadków ekonomicznie uzasadnione,

d) stosowanie przelewów ruchu, w sieciach telefonicznych, dla których na drogach ostatecznego wyboru przyjęto prawdopodobieństwo strat znacznie większe od 1%, jest ograniczone i raczej nie będzie miało w tych przypadkach zasadniczego znaczenia ekonomicznego,

e) możliwość stosowania trzech wyjściowych dróg kolejnego wyboru będzie w stosunkowo niewielu przypadkach wykorzystywana. W związku z tym, o ile przez przyjęcie tylko dwóch wyjściowych dróg kolejnego wyboru nastąpiło uproszczenie urządzeń komutacyjnych, to należałoby się ograniczyć do stosowania tylko dwóch dróg kolejnego wyboru.

## WYKAZ LITERATURY

1. Kuhn S.: Zagadnienia ruchowe w telefonii automatycznej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1957 r.
2. Wilkinson R. J.: Theories for Toll Traffic Engineering in the USA. The Bell System Technical Journal 1956 nr 2.
3. Bretschneider G.: Die Berechnung von Leitungsgruppen für überfließenden Verkehr in Fernsprechwählanlagen. Nachrichtentechnische Zeitschrift 1956 t. 9, nr 11.
4. Szpigler Z.: Nowoczesne sieci telekomunikacyjne. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1962 r.
5. Kuhn S.: Obliczanie wyposażenia central telefonicznych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1965 r.

К. Кассэнбэрг

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ЦЕПЕЙ В ПУЧКАХ ЦЕПЕЙ ВЫСОКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ТЕЛЕФОННОМ СООБЩЕНИИ

### Резюме

Применение пучков цепей высокого использования в автоматических телефонных сетях уменьшает инвестиционные издержки, а при эксплуатируемой уже сети позволяет, сохраняя такие же самые потери трафика, нагружать ее сильнее без увеличения емкости АТС.

Автором представлен собственный графический метод наиболее экономичного определения числа цепей в пучках высокого использования пригоден так при проектировании, как и при эксплуатации автоматических телефонных сетей.

Произведен экономический анализ вопроса, дающий возможность установить оптимальные числа цепей в отдельных пучках. Введение понятия полезного по экономическим соображениям диапазона значений избыточного трафика, передаваемого из пучков цепей высокого использования на транзитные пути связи, облегчает выбор правильного числа цепей. Основными параметрами, дающими возможность при помощи специально подготовленных графиков определить число цепей, приняты: предлагаемый трафик на пучок цепей прямого соединительного пути и коэффициент стоимости транзита  $\alpha$ , являющийся отношением стоимости цепей связи и устройств, принимающих участие в одном соединении на транзитном пути к стоимости цепи связи и устройств на прямом пути.

Представленный метод может применяться так в сети высокочастотных каналов, как и в сети каналов тональной частоты. В случае высокочастотных цепей, принятый автором принцип использования всех цепей, входящих в состав 12-канальных групп, обеспечивает наиболее экономическое использование емкости устройств высокочастотного телефонирования.

K. Kassenberg

## PROCEDURE FOR DIMENSIONING THE HIGH USAGE GROUPS OF CIRCUITS IN THE AUTOMATIC TELEPHONE TRAFFIC

### Summary

Applying the high usage groups of circuits in the automatic telephone networks diminishes the investment outlay and for the already existing networks allows to increase the load by the same traffic loss with no necessity of enlarging the capacity of exchanges.

The author presents his own procedure for dimensioning the high usage groups of circuits on the most economic basis, applicable while the designing and by the

operation of automatic telephone networks. In the paper the problem has been analysed from economic point of view, in this way enabling to determine the optimal numbers of circuits in the particular groups.

The introduction of a notion of the economically profitable range of the traffic overflowing from the high usage groups to the transit routes facilitates the choice of the right number of circuits. The traffic offered to the direct route group and the cost ratio  $\alpha$  (i. e. the ratio between the cost of the circuits including the equipment taking part in one transit connection and the cost of the direct route circuit including equipment) have been assumed as fundamental parameters allowing by special graphs the right dimensioning the groups of circuits.

The presented procedure may be applied in the case of carrier telephony circuits as well as in the case of acoustic telephone circuits. With the purpose of the most economic utilising the capacity of carrier telephony systems the principle of utilising the entire groups of 12 carrier circuits has been assumed by the author.

*K. Kassenberg*

#### MÉTHODE POUR DÉTERMINER LE NOMBRE DE CIRCUITS DES FAISCEAUX À UTILISATION ÉLEVÉE EN SERVICE TÉLÉPHONIQUE AUTOMATIQUE

##### Résumé

L'application des faisceaux à utilisation élevée aux réseaux téléphoniques en service automatique diminue les dépenses d'investissement et en cas du réseau déjà existant permet d'augmenter le trafic, en gardant les mêmes pertes et sans causer l'accroissement des centraux.

La méthode graphique de l'auteur permet de déterminer de la façon la plus économique le nombre de circuits dans les faisceaux à utilisation élevée; la méthode est applicable dans la planification ainsi que dans l'exploitation des réseaux téléphoniques en service automatique. L'analyse économique du problème posé permet de déterminer le nombre optimal de circuits dans les faisceaux particuliers.

L'introduction de la notion de l'étendue des valeurs du trafic acheminé en débordement à partir du faisceau à utilisation élevée sur les faisceaux des voies de transit, utile du point de vue économique, facilite le choix du nombre convenable de circuits. Le trafic offert sur le faisceau direct et le coefficient de prix de transit  $\alpha$  sont posés comme les paramètres fondamentaux, permettant de déterminer les nombres de circuits à l'aide des diagrammes élaborés spécialement dans ce but. Le paramètre  $\alpha$  est égal au rapport entre le prix des circuits et des équipements correspondant à une connexion sur les voies de transit d'un part et le prix du circuit et de l'équipement correspondant à une connexion directe d'autre part.

La méthode présentée peut être utilisée dans le réseau des circuits à courants porteurs ainsi que dans le réseau des circuits à fréquence vocale.

En cas des circuits à courants porteurs le principe posé par l'auteur, consistant en utilisation de tous les circuits faisant partie d'un groupe de douze voies (d'un groupe primaire), permet de mettre à profit la capacité des équipements à courants porteurs de la façon la plus économique.

K. Kassenberg

VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER LEITUNGSANZAHL IN DEN  
HOCHAUSGENÜTZTEN BÜNDELN IM AUTOMATISCHEN  
FERNSPRECHVERKEHR

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Verwendung der hochausgenützten Bündel in den Fernsprechnetzen vermindert die Anlageaufwände und erlaubt bei dem schon vorhandenen Netz seine grössere Belastung bei denselben Verkehrsverlusten ohne Vergrößerung der Kapazität der Ämter.

Der Verfasser stellt seine eigene graphische Methode zur Bestimmung der Leitungsanzahl in den Bündeln mit hoher Ausnutzung dar, die sowohl bei der Projektierung, als auch beim Betrieb der Fernsprechnetze nützlich ist. In der Arbeit hat man eine ökonomische Analyse der Frage durchgeführt, welche die Bestimmung der optimalen Leitungsanzahl in den einzelnen Bündeln ermöglicht.

Die Einführung des Begriffs des ökonomisch vorteilhaften Bereiches des Überflussverkehrswerstes von den hochausgenützten Bündeln auf die Transitwege erleichtert die Wahl der richtigen Leitungsanzahl. Als Grundparameter, welche die Bestimmung der Leitungsanzahl von der für diesen Zweck speziell vorbereiteten Kurvenschaar ermöglichen, werden angenommen: der Wert des auf den Bündel des direkten Verbindungsweges angebotenen Verkehrs und das Transitkostenkoeffizient  $\alpha$ , der ein Quotient der Kosten der Leitungen und der Einrichtungen, die in einer Verbindung auf dem Transitweg teilnahmen, und der Kosten der Leitungen und der Einrichtungen auf dem direkten Weg darstellt.

Die vorgestellte Methode kann sowohl in den Netzen mit TF-Leitungen als auch in den Netzen mit den NF-Leitungen angewandt werden. Im Falle der TF-Leitungen das vom Verfasser angenommene Prinzip der Ausnutzung aller in den 12-Kanalgruppen eingehenden Kanäle gewährleistet die ökonomisch beste Ausnutzung der Kapazität der Fernsprechträgerfrequenzeinrichtungen.



WNT Warszawa 1969 Wydanie I. Nakład 600 egz. Ark. wyd. 4,1. Ark. druk. 2,5 (4,66/A). Format B5. Papier ilustr. kl. V, 70 g. Oddano do składania 4. VI. 69. Podpisano do druku we wrześniu 1969 r. Druk ukończono we wrześniu 1969 r. Symbol 80426/JNB. Cena 15,— zł.

Pozn. Zakł. Graf. im. M. K. — Poznań. Zam. 1378/69 — G-1/847

Cena zł 15,—