

1 9 6 9
Nr 3 (90)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

PRZEGLĄD
ZAGADNIENI
ŁĄCZNOŚCI





BIBLIOTEKA
Instytut Łączności

PRZEGLĄD ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

wyd. 5, I, 70

ROK 9

WARSZAWA 1969

NR 3(90)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

**mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski**

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

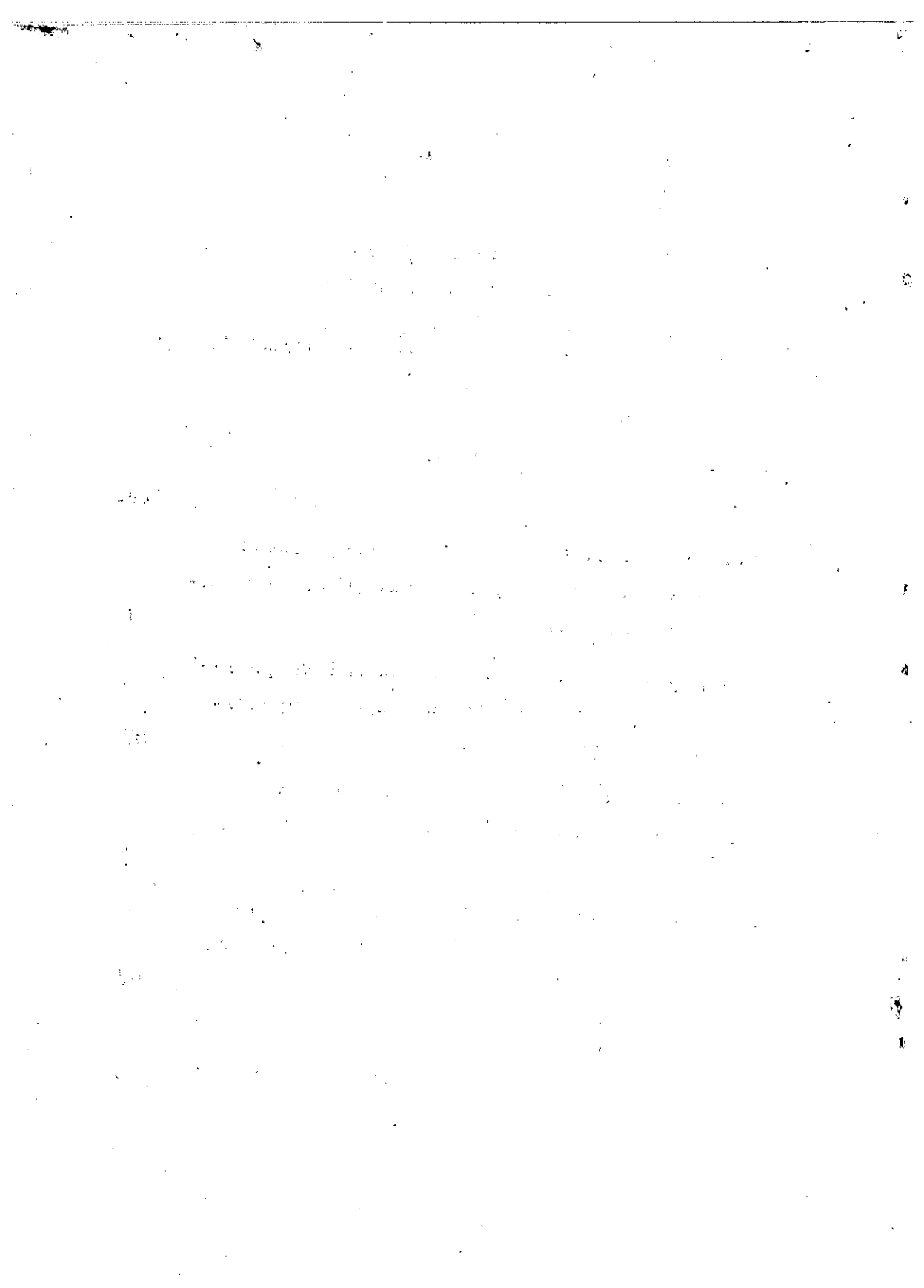
Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 740. Druk ukończono
w listopadzie 1969 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIENÍ ŁĄCZNOŚCI

Pomiary ruchu telefonicznego międzymiastowego

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Oehme Fr.: Godzina największego ruchu w ujęciu statystyki matematycznej - Opracował A. Stankiewicz	1
2. Hochmuth H.: Pomiary ruchu metodą pobierania próbek stanów ruchowych - Opracował A. Stankiewicz	29
3. Naef A.: Uproszczenie pomiarów ruchu w centralach telefonicznych - Opracował A. Stankiewicz	47
4. Amsler E.: Scentralizowane urządzenia do pomiarów ruchu telefonicznego - Opracował A. Stankiewicz	67



GODZINA NAJWIĘKSZEGO RUCHU W UJĘCIU STATYSTYKI MATEMATYCZNEJ

Opracował A. Stankiewicz na podstawie artykułu Oehme Fr.: Über die Bedeutung der Hauptverkehrsstunde im Fernsprechverkehr. Nachrichtentechnische Zeitschrift 1966 t. 19 nr 12, s. 705-712.

1. WPROWADZENIE

Obciążenie ruchowe urządzeń telefonicznych waha się znacznie na przestrzeni całej doby. Szczyt obciążenia przypada zwykle między godz. 9.00 a 11.00 przed południem. W pozostałych godzinach ilość jednocześnie trwających połączeń poważnie maleje. Znane to zjawisko obrazuje wykres pokazany na rys. 1^{x)}.

Z owymi - najbardziej obfitymi pod względem ruchowym - przedpołudniowymi godzinami wiążą się następujące pojęcia: okres największego ruchu (Hauptverkehrszeit) oraz okres szczytu (Spitzenzeit). Dla uniknięcia nieporozumień pierwsze z tych pojęć nie będzie dalej używane, natomiast drugie zostaje zdefiniowane w następujący sposób:

Okres szczytu jest to taki dwugodzinny okres czasu w ciągu doby, w którym ładunek ruchu ma wartość większą

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

niż w którymkolwiek innym dwugodzinnym odcinku tej doby.

Pod nazwą ładunek ruchu należy rozumieć całkę funkcji chwilowych zmian natężenia ruchu telefonicznego w całym zakresie obserwacji:

$$Y = \int_{t_0}^{t_0+T} n(t) dt$$

gdzie: Y - ładunek ruchu,
 T - długość okresu obserwacji,
 $n(t)$ - funkcja charakteryzująca przebieg zmian ilości jednocześnie trwających połączeń telefonicznych w czasie t .

Jednostką ładunku ruchu jest 1 Erlh (1 Erl . 1 godz).

W okresie szczytu wyróżnić można tzw. godzinę szczytu, przy czym poszczególne kolejne jednogodzinne odcinki czasu brane pod uwagę przy ustalaniu godziny szczytu są przesunięte względem poprzednich o 15 minut. Godzina szczytu dla tej samej wiązki nie rozpoczyna się o tej samej porze w różnych dniach, lecz waha się w obrębie obszaru obejmującego okres szczytu. Przy porównywaniu wyników pomiarów wielu różnych wiązek przeprowadzonych tego samego dnia stwierdza się również rozrzut godzin szczytu dla poszczególnych wiązek.

W ujęciu klasycznej teorii pomiarów ruchu godzinę szczytu określa się jako Godzinę Największego Ruchu (GNR). Odpowiednio do średniego natężenia ruchu w ciągu Godzi-

ny Największego Ruchu ustala się wielkość wyposażenia poszczególnych wiązek łączy.

Pomiary potrzebne do ustalenia średniego natężenia ruchu w klasycznej Godzinie Największego Ruchu są pracochłonne i długotrwałe, ponieważ trzeba je wykonywać w ciągu całego okresu szczytu - to znaczy przez czas co najmniej dwukrotnie dłuższy aniżeli byłoby to rzeczywiście niezbędne.

W przypadku spływu wielu strumieni ruchu - ze względu na niejednoczesność godzin szczytu w poszczególnych wiązkach łączy - wielkość całkowitego strumienia ruchu w "godzinie szczytu" ustala się nie przez proste sumowanie częściowych strumieni ruchu, lecz przy stosowaniu zasady tzw. ubytków spływowych. Podobnie przy podziale dużego strumienia ruchu na kilka strumieni mniejszych należy uwzględniać zasadę przyrostów podziałowych. Operacje te utrudniają korzystanie w praktyce eksploatacyjnej z pomiarów ruchu przeprowadzanych metodą klasyczną.

Nową definicję Godziny Największego Ruchu, zaproponowaną przez CCITT [3], spotkać można po raz pierwszy w pracy Wendta [6]. Okres obserwacji zostaje podzielony na piętnastominutowe odcinki czasu. Godzina Największego Ruchu jest to okres obejmujący takie cztery kolejne piętnastominutowe odcinki czasu, w czasie których ładunek ruchu przybiera największą wartość.

Powyższa definicja - w przeciwieństwie do zinterpretowanego uprzednio okresu szczytu - opiera się na założeniu, że położenie tej tzw. oczekiwanej godziny szczytu w czasie jest stałe. Przyjęcie tego założenia, a z nim

nowej definicji Godziny Największego Ruchu, pozwala uniknąć tych wszystkich trudności, które były związane z klasycznym ujęciem GNR.

Jednak wprowadzenie pojęcia oczekiwanej godziny szczytu spowodowało powstanie pewnych kłopotów związanych z trudnościami uzyskania jednoznacznych informacji dotyczących położenia oczekiwanej godziny szczytu w "okresie szczytu", które wynikają z sezonowych wahań natężenia ruchu telefonicznego. Wyniki badań związanych z tym zagadnieniem podaje w swej pracy R. Büttger [10].

2. PRZEGLĄD KONCEPCJI PRZYROSTÓW PODZIAŁOWYCH

2.1. Przyrosty podziałowe wg Langerera

Koncepcja przyrostów podziałowych pochodzi od Langerera [4]. W wyniku rozległych badań ustalił on procentowo wartości przyrostów podziałowych, związane ze zjawiskiem rozplywu strumieni ruchu telefonicznego. Uwzględnienie zasady przyrostów podziałowych umożliwiło dostosowanie liczby łączy w wiązce do wartości wyliczonego uprzednio średniego natężenia ruchu telefonicznego tak, aby straty ruchu nie przekroczyły dopuszczalnej wielkości. Przyrosty te zostały prawdopodobnie ustalone z pewnym współczynnikiem zapasu, zabezpieczającym przed zbyt ubogim wyposażeniem wiązki wskutek uzyskania przypadkowego niższego wyniku pomiaru ruchu. Oznaczałoby to, że przyrosty podziałowe wg Langerera nie ujmują dokładnie i bezpośrednio stosunku pomiędzy wielkością głównego strumie-

nia ruchu telefonicznego w "okresie szczytu" a wielkością strumieni cząstkowych.

Ze względu na stosunkowo małą stabilność ruchową niewielkich wiązek łączy przyrosty podziałowe, ustalone empirycznie przez Langerę, odbiegają od rzeczywistej sytuacji ruchowej tym więcej, im mniejsze są cząstkowe strumienie ruchu. Rozpływ ruchu na kilku kolejnych stopniach łączenia komplikuje zagadnienie i wyraźnie zmniejsza przydatność omawianej metody.

Nieco później Langer opracował uproszczony system przyrostów podziałowych, eliminując ową "ukrytą rezerwę" i wykluczając "szeregowę" użycie współczynników przyrostu. Na podstawie kompleksowej analizy sytuacji ruchowej w centrali opracował tzw. krzywą przyrostów podziałowych (rys. 3), która pozwala we właściwy sposób ująć stosunek pomiędzy wielkością głównego strumienia ruchu a wielkością strumieni cząstkowych i stanowi cenny materiał porównawczy do dalszych rozważań przedstawionych w niniejszym artykule.

2.2. Przyrosty podziałowe wg Lubbergera

Lubberger [5] oparł swój system przyrostów podziałowych na teoretycznej analizie uproszczonego modelu sytuacji ruchowej w centrali. Przyjmując w głównym strumieniu ruchu stałą ilość oferowanych połączeń C w ciągu godziny oraz zakładając jednakowy czas ich trwania - prawdopodobieństwo, że dane połączenie zostanie skierowane do jednej z U wiązek częściowych o jednakowej wielkości jest równe $1/U$.

Ilość połączeń w ciągu godziny w wiązce częściowej staje się tu wielkością wyjściową, na podstawie której po uwzględnieniu średniego czasu trwania połączenia t_m uzyskuje się dane dotyczące wielkości strumienia ruchu telefonicznego, a stąd wylicza się przyrosty podziałowe, uwzględniając określone prawdopodobieństwo przekroczenia wyliczonych wartości. Krzywe obrazujące system przyrostów podziałowych Lubbergera zostały pokazane na rysunku 2.

Do zastosowania w praktyce wybrano te krzywe, które wykazują największą zbieżność z doświadczalnymi krzywymi Langera, tak więc owe teoretyczne krzywe Lubbergera opierają się w pewnym sensie na wynikach badań Langera.

2.3. Przyrosty podziałowe wg Wendta

Wendt [4] formułuje dwie definicje dotyczące wielkości charakteryzujących strumień ruchu telefonicznego: wprowadza pojęcie wielkości przewidywanej (które odpowiada wspomnianej uprzednio wielkości średniego natężenia ruchu w czasie oczekiwanej godziny szczytu) oraz pojęcie średniej arytmetycznej natężenia, która to wielkość - wg zalecanej później przez CCITT definicji - jest po prostu średnim natężeniem ruchu telefonicznego w GNR.

Przejście ze średniej arytmetycznej natężenia do wielkości przewidywanej natężenia ruchu następuje u Wendta przez zastosowanie systemu przyrostów podziałowych, obliczonych podobnie jak u Lubbergera i podobnie odniesionych do wyników badań Langera. Wielkość wyposa-

żenia wiązki jest obliczana odpowiednio do ustalonej w ten sposób wielkości przewidywanej natężenia ruchu.

Znamienną cechą systemu Wendta jest jego definicja Godziny Największego Ruchu, uważana za podstawę definicji opracowanej później i zalecanej przez CCITT. Wyróżnienie i zdefiniowanie przez niego dwu wspomnianych uprzednio wielkości ruchowych stanowi istotny krok na drodze, jaka prowadzi od czysto empirycznych badań Langera do nowoczesnego ujęcia zagadnień ruchowych za pomocą rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej.

2.4. System przyrostów podziałowych wg Poczty NRF

Metoda przyrostów podziałowych zalecana przez Pocz-
tę NRF [2] jest zgodna z metodą zaproponowaną przez
Wendta. W oparciu o zmierzone średnie natężenia ruchu
telefonicznego w klasycznej Godzinie Największego Ruchu
oblicza się przez zastosowanie zasady ubytków spływ-
owych wielkość częściowych strumieni ruchu telefoniczne-
go (która w istocie rzeczy odpowiada pojęciu średniej
arytmetycznej natężenia). W ten sposób przelicza się
wszystkie miejsca rozgałęzień strumieni ruchu. Wykorzy-
stanie zasady przyrostów podziałowych następuje dopiero
na etapie ustalania wielkości wyposażenia.

Na rysunku 3 zostały porównawczo pokazane: krzywa
Langera i krzywa przyrostów podziałowych wg Poczty NRF.
Widoczne znaczne różnice ilościowe są obrazem istnieją-
cych niejasności, dotyczących wzajemnego stosunku oma-

wianej dalej szczegółowo wartości oczekiwanej ładunku ruchu w godzinie szczytu i analogicznej wielkości w okresie szczytu.

2.5. Metoda sumowania niezależnych strumieni ruchu o jednakowej wielkości

Molnar [8] przeprowadził badania zjawiska rozplywu głównego strumienia ruchu na szereg strumieni cząstkowych o jednakowej wielkości oraz spływu takich strumieni. W wyniku badań zostały ustalone przyrosty podziałowe umożliwiające określenie natężenia cząstkowych strumieni ruchu w czasie godziny szczytu na podstawie znajomości natężenia głównego strumienia ruchu w godzinie szczytu. Podobnie ustalono wielkość ubytków spływowych umożliwiających dokonanie obliczeń w przypadku spływu ruchu.

Omawiana metoda opiera się na założeniu określonego przebiegu zmian średniego natężenia ruchu telefonicznego w czasie (rys. 4), zwanego dalej krzywą schodkową, przy czym przyjmuje się, że przebieg tego rodzaju charakteryzuje w sposób jednolity wszystkie wiązki, zaś przebieg zmian położenia w czasie poszczególnych krzywych schodkowych dla niezbyt małych strumieni cząstkowych ma charakter rozkładu normalnego.

Przy tych założeniach ładunek ruchu telefonicznego cząstkowego strumienia ruchu w czasie godziny szczytu zostaje obliczony w funkcji wielkości y , y' i y'' (oznaczenia z rys. 4).

Stosunek wielkości y/y' i y'/y'' oraz wariancja σ^2 , charakteryzująca rozrzut położenia w czasie krzywych schodkowych związanych ze strumieniami cząstkowymi w stosunku do położenia krzywej schodkowej strumienia głównego, zostają określone następująco.

Odchylenie położenia w czasie określonej krzywej schodkowej strumienia cząstkowego przyjmuje się równe średniej arytmetycznej odchyień n elementarnych krzywych schodkowych, z których powstała. Wobec tego wariancja odchylenia tej krzywej σ_n^2 pozostaje w następującym stosunku do wariancji σ_*^2 krzywych elementarnych:

$$\sigma_n^2 = \frac{\sigma_*^2}{n} \quad (1)$$

Molnar zmierzył wielkość σ_n^2 i na podstawie wyżej podanego wzoru (1) ustalił zależność

$$\frac{\sigma_m^2}{\sigma_n^2} = \frac{n}{m}$$

która wiąże doświadczalnie uzyskaną wielkość σ_n^2 i wielkość szukaną σ_m^2 za pomocą stosunku n/m wielkości charakteryzujących strumienie ruchu. Stosunek y'/y'' został założony, natomiast dla określenia stosunku y/y' zostały przeprowadzone pomiary pewnej dużej wiązki głównej, w wyniku których ustalona została wielkość Y/Y' , a stąd metodą iteracyjną właściwą danemu modelowi statystycznemu wylicza się stosunek y/y' dla wiązki cząstkowej o dowolnej wielkości y .

Krzywa przyrostów podziałowych Molnara została pokazana na rys. 3.

Trzeba jednak stwierdzić, że przyjęcie zasady jednolitości krzywych schodkowych dla wszystkich strumieni ruchu, jak również założenie rozkładu normalnego odchyłek położenia krzywych schodkowych strumieni cząstkowych budzi poważne zastrzeżenia co do praktycznej przydatności zastosowania uzyskanych tą drogą ubytków spływowych i przyrostów podziałowych do obliczania rzeczywistych rozgałęzień strumieni ruchu.

Na przykład założenie wspomnianego rozkładu normalnego implikuje silną koncentrację godzin szczytu strumieni cząstkowych wokół godziny szczytu strumienia głównego, zaś koncentracja taka prowadzi do ustalenia względnie małych przyrostów podziałowych, co widać wyraźnie z rys. 3, gdzie zestawiono porównawczo krzywe Molnara i Langerera.

Wyniki Molnara nadają się dobrze do ujęcia specyficznej sytuacji ruchowej powstającej przy spływie strumieni ruchu pochodzących ze źródeł ruchu, jakimi są łącza abonenckie.

3. GODZINA SZCZYTU W STATYSTYCZNYM MODELU RUCHU

Statystyczny charakter przebiegów ruchowych podczas przedpołudniowych godzin dużego ruchu skłania do analizy teoretycznej całokształtu spotykanych tu zjawisk.

Bretschneider [9] przeprowadził badania związane z przypadkowością zmian wielkości ładunku ruchu telefo-

nicznego w obrębie określonych godzin. Badano przy tym zgodność rozrzutu obserwowanych wielkości ruchowych z wariancją wyliczoną teoretycznie wg wzoru

$$\sigma^2 = 2 A \cdot t_m$$

gdzie: A - wartość oczekiwana ładunku ruchu,

t_m - średni czas trwania połączenia,

przy założeniu, że przebieg zmian ilości jednocześnie trwających połączeń ma charakter rozkładu Poissona, zaś przebieg zmian czasów trwania połączeń - charakter rozkładu, którego prawdopodobieństwo $P\{ > t \}$, że połączenie trwa dłużej niż przez czas t wynosi $P\{ > t \} = \exp(-t/t_m)$.

Wynik badania wskazuje, że przebieg zmian ładunku ruchu w określonych godzinach przedpołudniowych może być uważany za zjawisko całkowicie przypadkowe o stałej wartości oczekiwanej i wariancji zgodnej z wyżej podaną.

Wprowadzone tu wyrażenia wartość oczekiwana i wariancja są pojęciami z zakresu rachunku prawdopodobieństwa. Zgodnie z przyjętą nomenklaturą wartością oczekiwaną zmiennej losowej jest tzw. moment zerowy rzędu pierwszego, który dla zmiennej losowej typu ciągłego wyraża się wzorem:

$$m_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$

Pojęciowo wartość oczekiwana zmiennej losowej odpowiada wartości średniej w populacji. Wariancja (moment

centralny rzędu drugiego) jest jedną z miar rozrzutu w rozkładzie zmiennej losowej.

Ahlstedt [11] przeprowadził pomiary wiązki łączącej ułatwiającej ruch generowany w przeważającym stopniu przez abonentów urzędowych i centralkowych (oznacza to $t_m \approx 2$ min). W wyniku badań stwierdził on w przybliżeniu wykładniczy charakter rozkładu czasów trwania połączenia oraz normalny charakter rozkładu zmian wielkości ładunku ruchu w 15-minutowych odcinkach czasu, zawartych w określonej przedpołudniowej godzinie obserwacji. Zawężenie zagadnienia związane z urzędowym charakterem ruchu nie jest istotne, ponieważ w dużych sieciach miejskich w godzinach przedpołudniowych ruch telefoniczny ma właśnie podobny charakter.

Le Gall [12] na podstawie rozległych pomiarów stwierdził, że okres największego nasilenia ruchu telefonicznego jest 2-godzinnym odcinkiem czasu, w którym wartość oczekiwana natężenia ruchu oferowanego jest, praktycznie biorąc, stała.

Böttger [10] posługując się pojęciami i aparatem matematycznym rachunku prawdopodobieństwa dokonał analizy wyników pomiarów ruchu przeprowadzanych w obrębie jednogodzinnych przesuniętych co 15 minut odcinków czasu (9.00 - 10.00, 9.15 - 10.15 itd.), zmierzając do ustalenia obszaru, w którym zawierałaby się zdefiniowana przez CCITT oczekiwana godzina szczytu.

Na podstawie tych badań stwierdził istnienie takiego praktycznie stałego obszaru, wynoszącego około 2 godzin.

Porównanie krzywych uzyskanych doświadczalnie przez Langerę [4] z krzywymi rozkładu normalnego zmian wielkości średniego natężenia ruchu telefonicznego opracowanymi przez C. Palma [7] wykazuje również zgodność wyników uzyskanych na drodze empirycznej i teoretycznej (rys. 5).

Rezultaty wszystkich tych badań sugerują określony statystyczny model ruchu o następujących właściwościach:

1. Istnieje pewien - w przybliżeniu dwugodzinny - okres ustabilizowanego ruchu, w czasie którego to okresu wartość oczekiwana zmiennej losowej wyrażającej średnią ilość jednocześnie trwających połączeń w danej wiązce jest stała. Okres ten nazywa się okresem szczytu.
2. Położenie okresu szczytu w czasie nie ulega - praktycznie biorąc - żadnym wahaniom.
3. Wielkość ładunku ruchu na godzinę, dająca się mierzyć w okresie szczytu, ma charakter zmiennej losowej o rozkładzie normalnym.

Na podstawie powyższych ustaleń można rozłożyć okres szczytu na 5 przesuniętych względem siebie o 15 minut jednogodzinnych odcinków obserwacji (rys. 6), dla których wartość oczekiwana ładunku ruchu jest jednakowa.

W oparciu o powyższe sformułowania i przedstawiony na rys. 6 wykres można wyciągnąć następujący wniosek: istnieje określone prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że wielkość ładunku ruchu Y w godzinie szczytu jest zawsze mniejsza lub równa określonej wiel-

kości X . Oznacza to jednocześnie, że ładunek ruchu Y_i , najbogatszego ruchowo z pięciu wspomnianych jednogodzinnych odcinków obserwacji, jest mniejszy lub równy X , co jest jednoznaczne ze stwierdzeniem, że wielkość średniego natężenia ruchu w każdym z pięciu jednogodzinnych odcinków obserwacji jest mniejsza lub równa X .

Tworząc dla opisanej sytuacji funkcję rozkładu prawdopodobieństwa $G(x)$ można ją zapisać następująco:

$$G(X) = \text{Prob.} \{ Y \leq X \} = \\ = \text{Prob.} \{ (Y_1 \leq X) \wedge (Y_2 \leq X) \wedge \dots \wedge (Y_5 \leq X) \} \quad (2),$$

gdzie X jest wartością rzeczywistą zmiennej niezależnej x mającej tu wymiar ładunku ruchu (symbol \wedge oznacza koniunkcję zdarzeń).

Bezpośrednie skorzystanie z zależności (2) jest z wielu względów dość trudne, toteż opracowano metodę aproksymacji, dotyczącą określenie szukanej funkcji rozkładu, przy czym dla wartości oczekiwanej ładunku ruchu w teoretycznej "godzinie szczytu" ustalone następujące granice:

a) poszukiwana wartość oczekiwana jest na pewno mniejsza od wartości oczekiwanej dla najbogatszego ruchowo z pięciu niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji,

b) poszukiwana wartość oczekiwana jest na pewno większa od wartości oczekiwanej bogatszego ruchowo z dwóch niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji.

Szczegółowe uzasadnienie i obliczenie wartości licz-

bowych związanych z tymi granicami jest zamieszczone w rozdz. 5.

Rysunek 7 ilustruje krzywe charakteryzujące obszar zmian wartości oczekiwanej ładunku ruchu telefonicznego w "godzinie szczytu", naniesione zgodnie z wspomnianymi powyżej obliczeniami. Dla celów porównawczych pokazano również krzywą przyrostów Langerera. Zważywszy, że przyrosty podziałowe wg Langerera są dla małych natężeń ruchu, praktycznie biorąc, nieco zawyżone, stwierdzić można i w tym wypadku zgodność wyników otrzymywanych na drodze doświadczalnej i teoretycznej. Jednakowe jest również prawdopodobieństwo przekroczenia ustalonych wartości. Wynosi ono w obu przypadkach 0,2 (dla wariantu teoretycznego odnosi się ono do krzywej charakteryzującej środek obszaru zmian).

Przeprowadzone rozważania wykazują, że "godzina szczytu" może być traktowana jako fenomen statystyczny zmian ruchu telefonicznego w obrębie okresu obserwacji, charakteryzującego się stałą wartością oczekiwaną niezależnej zmiennej losowej, jaką jest ilość jednocześnie trwających połączeń telefonicznych.

4. DYSKUSJA WYNIKÓW

Klasyczna metoda pomiarów ruchu przyjmuje wartość ładunku ruchu telefonicznego w godzinie szczytu jako podstawę do obliczenia wielkości wiązek, przyjmując tym samym, że przewidywane prawdopodobieństwo wystąpienia stanu jednoczesnej zajętości wszystkich łączy w wiązce roz-

ciąga się na wszystkie godziny szczytu. Wartość oczekiwana ładunku ruchu telefonicznego w godzinie szczytu zależy od sposobu podziału całego okresu obserwacji na poszczególne jednogodzinne odcinki (patrz rys. 6). Rośnie ona wraz ze zmniejszaniem się przesunięcia w czasie pomiędzy poszczególnymi odcinkami oraz maleje wraz ze wzrostem tej wielkości. Świadczy to, że średni ładunek ruchu (średnie natężenie ruchu) w godzinie szczytu nie charakteryzuje strumienia ruchu telefonicznego w sposób zupełnie właściwy. Pojęcie to zostało ustalone na drodze czysto doświadczalnej, a jego przydatność w praktyce ogranicza znacznie konieczność stosowania przyrostów podziałowych i ubytków spływowych, co jest dość kłopotliwe.

Omówione poprzednio badania teoretyczne wykazały, że rzeczywisty ruch telefoniczny w okresie dużego nasilenia może być z powodzeniem traktowany jako zmienna losowa w sensie nadawanym temu wyrażeniu przez rachunek prawdopodobieństwa.

Wielkość natężenia ruchu telefonicznego, która ma służyć za podstawę do ustalenia liczby łączy w wiązce, zostaje w tym ujęciu zdefiniowana jako wartość oczekiwana zmiennej losowej natężenia ruchu telefonicznego w dwugodzinnym okresie szczytu. Wiązka o wielkości ustalonej w ten właśnie sposób będzie załatwiała ruch z określonymi średnimi stratami w czasie całego okresu szczytu.

Na rysunku 8 pokazane zostały granice zmian wielkości prawdopodobieństwa zajętości wszystkich łączy w wiązce dla wiązki niedoskonałej (o dostępności $k = 10$), której

wielkość została określona na podstawie pomiarów ruchu przeprowadzanych w okresie szczytu z dokładnością $\pm 5\%$ przy poziomie ufności 95%, tak aby prawdopodobieństwo to wynosiło nominalnie 1%. Zakres zmian wielkości omawianego prawdopodobieństwa dla godziny szczytu, okresu szczytu i oczekiwanej godziny szczytu (wg CCITT) jest wyznaczony przez odpowiednie krzywe stosownie do wartości oczekiwanej natężenia ruchu, charakteryzującej ruch załatwiany przez daną wiązkę. Z przebiegu tych krzywych widać, że dla wiązki o wielkości ustalonej odpowiednio do natężenia ruchu w godzinie szczytu prawdopodobieństwo jednoczesnego zajęcia wszystkich łączy w okresie szczytu jest tym mniejsze od planowanego (1%), im mniejsza jest wiązka. Wynika to z faktu, że wskutek dużych wahań natężenia ruchu małych strumieni ruchu stosunek wielkości średniego natężenia ruchu w godzinie szczytu do wielkości średniego natężenia ruchu w okresie szczytu jest większy dla małych wiązek łączy aniżeli dla dużych, gdzie wahania są względnie mniejsze.

Tak więc, jeżeli prawdopodobieństwo jednoczesnego zajęcia wszystkich łączy w wiązce w okresie szczytu przyjmując jako kryterium oceny jej jakości, to należy stwierdzić, że określanie wyposażenia wiązek odpowiednio do sytuacji ruchowej w godzinie szczytu prowadzi do nieracjonalnego podziału nakładów na budowę sieci telefonicznej, ponieważ wiązki małe, najczęściej mniej ważne, będą uprzywilejowane w stosunku do wiązek dużych.

5. UZUPEŁNIENIE

5.1. Górna granica wartości oczekiwanej ładunku ruchu
w teoretycznej "godzinie szczytu"

Oznaczenia:

- $Y_i, i = 1, 2, \dots, 5$ - ładunki ruchu telefonicznego w czasie poszczególnych jednogodzinnych zachodzących na siebie okresów obserwacji,
- Y_* - symbol zastępujący Y_i , gdy wszystkie Y_i są zmiennymi losowymi tego samego rodzaju,
- X - ustalona rzeczywista wartość zmiennej niezależnej x (mająca wymiar ładunku ruchu telefonicznego),
- $U_i, i = 1, 2, \dots, 5$ - zdarzenia losowe takie, że U_i oznacza $Y_i \leq X$.
- U_* - symbol zastępujący U_i , gdy wszystkie zdarzenia U_i są zdarzeniami elementarnymi równoimiennymi,
- $P \left\{ U_i \mid U_j \right\}$ - prawdopodobieństwo warunkowe (prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia U_i pod warunkiem, że zaszło zdarzenie U_j).

Skoro U_1 , to (patrz zależność pomiędzy Y_1 i Y_2 na rys. 6):

$$P \left\{ U_2 \mid U_1 \right\} \geq P \left\{ U_2 \right\} \quad (3)$$

Sformułowane uprzednio równanie (2) brzmi:

$$P \left\{ \hat{Y} \leq X \right\} = P \left\{ (Y_1 \leq X) \wedge (Y_2 \leq X) \wedge \dots \wedge (Y_5 \leq X) \right\} \quad (2)$$

Na podstawie zależności (2) i (3) otrzymujemy:

$$\begin{aligned} P \left\{ \hat{Y} \leq X \right\} &= P \left\{ U_1 \wedge U_2 \wedge \dots \wedge U_5 \right\} = P \left\{ U_1 \right\} \cdot P \left\{ U_5 \right\} \cdot \\ &\cdot P \left\{ U_2 \mid U_1 \ U_5 \right\} \cdot P \left\{ U_3 \mid U_1 \ U_2 \ U_5 \right\} \cdot \\ &\cdot P \left\{ U_4 \mid U_1 \ U_2 \ U_3 \ U_5 \right\} \geq \left[P \left\{ U \right\} \right]^5 \end{aligned} \quad (4)$$

Zależność (4) mówi, że nie znana funkcja rozkładu prawdopodobieństwa zmian wielkości ładunku ruchu w teoretycznej godzinie szczytu przyjmuje zawsze wartości większe, aniżeli funkcja rozkładu dla najbogatszego ruchu z pięciu niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji. Wynika stąd, że mediana rozkładu dla teoretycznej godziny szczytu jest zawsze mniejsza od mediany rozkładu dla wspomnianego najbogatszego ruchowo odcinka obserwacji.

Na podstawie równania (2) oraz poprzednich ustaleń można napisać:

$$P \left\{ \hat{Y} \leq X \right\} = \left[P \left\{ Y_* \leq X \right\} \right]^5$$

co w odniesieniu do funkcji rozkładu prawdopodobieństwa oznacza, że:

$$\bar{G}(x) = [H(x)]^5 = H^5(x) \quad (5)$$

Wzajemne położenie krzywych funkcji rozkładu $\bar{G}(x)$ i $H(x)$ przedstawionych w postaci znormalizowanej jest pokazane na rys. 9. Funkcja $H(x)$, zgodnie z ustaleniami podanymi w rozdziale 3, przedstawiona jest jako funkcja rozkładu normalnego zmiennej losowej standaryzowanej (wartość oczekiwana równa zero, odchylenie średnie równe jedności) $F(x)$. Na podstawie przebiegu tej funkcji ustalono (na drodze graficznej) przebieg funkcji $F^5(x)$ i funkcji gęstości prawdopodobieństwa $\frac{d F^5(x)}{dx}$ oraz naniesiono odpowiednie krzywe.

Symetryczny charakter przebiegu funkcji gęstości pozwala wnioskować, iż mediana może być, praktycznie biorąc, traktowana jako wartość oczekiwana.

Biorąc pod uwagę zbieżność definicji teoretycznej godziny szczytu i najbogatszego z pięciu niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji, można przyjąć, że funkcja gęstości ładunku ruchu w godzinie szczytu będzie w podobnej mierze symetryczna jak przedstawiona na rys. 9 funkcja $\frac{d F^5(x)}{dx}$, co - implikując praktyczną tożsamość mediany i wartości oczekiwanej - uzasadnia sformułowanie (3a), dotyczące górnej granicy wartości oczekiwanej ładunku ruchu w godzinie szczytu.

Położenie mediany na rys. 9 wyznacza $x = 1,13$. Stąd jako górną granicę $E[\hat{Y}]$ dla (nie znanej) wartości ocze-

kiwanej $\bar{E}[\hat{Y}]$ w teoretycznej "godzinie szczytu" otrzymujemy:

$$\bar{E}[\hat{Y}] = E[Y_*] + 1,13 \cdot \sigma$$

gdzie $E[Y_*]$ oznacza wartość oczekiwaną, zaś σ wymienione w rozdz. 3 średnie odchylenie zmiennej losowej ładunku ruchu w okresie szczytu.

5.2. Dolna granica wartości oczekiwanej ładunku ruchu w teoretycznej godzinie szczytu

Niech dwa, wspomniane w rozdz. 3, niezależne jednogodzinne odcinki obserwacji będą odcinkami 1 i 5 wg oznaczeń na rys. 6.

Uzmysławiając sobie typowy przebieg zmian ilości jednocześnie trwających połączeń w okresie szczytu, można łatwo zauważyć, że uwzględnienie pozostałych odcinków obserwacji (2, 3 i 4) pozwala na dokładniejsze zbadanie całego okresu obserwacji (zmierzające do wyodrębnienia godziny szczytu), aniżeli byłoby to możliwe tylko na podstawie odcinków 1 i 5. Tak więc ładunek ruchu w dokładniej ustalonej godzinie szczytu (teoretycznej godzinie szczytu) będzie większy, aniżeli ładunek ustalony przy badaniu ograniczonym jedynie do dwóch jednogodzinnych odcinków obserwacji (dolna granica). Wobec tego wartość oczekiwana bogatszego ruchowo z dwóch niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji jest na pewno mniejsza, aniżeli wartość oczekiwana w teoretycznej godzinie szczytu, co było do udowodnienia.

Dla ustalenia wartości liczbowej granicy dolnej formułujemy, analogicznie do zależności (5), równanie dotyczące funkcji rozkładu bogatszego ruchowo z dwóch jednogodzinnych odcinków obserwacji:

$$\underline{G}(x) = F^2(x)$$

Przechodząc do postaci standaryzowanej, obliczamy wartość liczbową wspomnianej dolnej granicy jako wartość oczekiwaną zmiennej x o funkcji rozkładu $F^2(x)$:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{+\infty} x dF^2(x) &= \int_{-\infty}^{+\infty} x 2F(x) F'(x) dx = \\ &= 2 \int_{-\infty}^{+\infty} x F(x) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \left[-F(x) \cdot e^{-\frac{x^2}{2}} \right]_{-\infty}^{+\infty} + \\ &+ \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} F'(x) dx \Big] = \frac{2}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} = 0,564 \end{aligned}$$

Na podstawie uzyskanej wartości oczekiwanej $E[Y_*]$ ładunku ruchu w okresie szczytu ustala się dolną granicę $\underline{E}[\hat{Y}]$ wartości oczekiwanej $E[\hat{Y}]$ dla teoretycznej godziny szczytu:

$$\underline{E}[\hat{Y}] = E[Y_*] + 0,564 \cdot \sigma$$

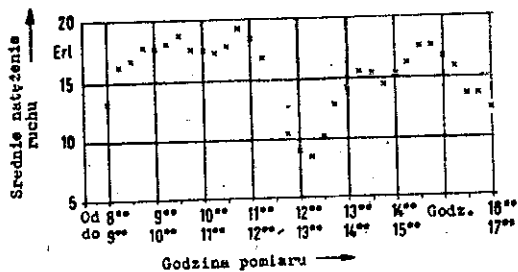
gdzie σ jest również średnim odchyleniem zmiennej losowej natężenia ruchu w okresie szczytu.

WYKAZ LITERATURY

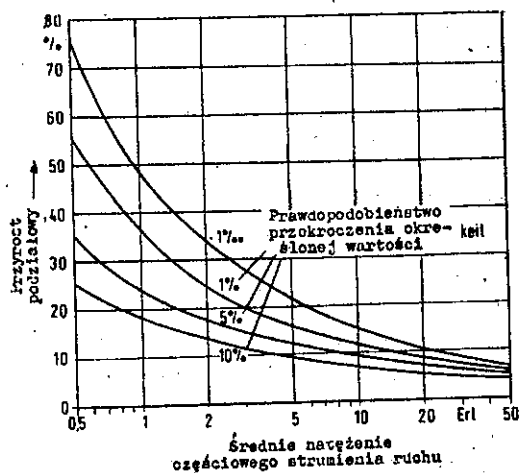
1. Deutsche Bundespost: Richtlinien für die Veranschlagung des Bedarfs an Schaltgliedern für Wähleinrichtungen (503 E 1, 1951).
2. Deutsche Bundespost: t-Teilchen-Diagramm (503 Di 1024).
3. CCITT: Red Book. New Delhi 1960. Vol. II bis, s.18-19.
4. Langer M.: Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik, 3 Teil: Wählerzahlberechnung. Berlin 1951 Verlag Technik.
5. Lubberger F.: Grosse Verluste in Fernsprechanlagen. Fortschritte der Fernsprechtechnik der Siemens u. Halske AG, 1935, Juni/Juli, s. 1-8.
6. Wendt A.: Eine Theorie über die Schwankungen des Fernsprechverkehrs und ihre Anwendung bei Teilung und Zusammenfluss von Fernsprechverkehrsmengen. Diss. TU Berlin 1951.
7. Palm C.: Intensitätsschwankungen im Fernsprechverkehr. Ericsson Technics 1943 nr 44, s. 1-189.
8. Molnar I.: Subdivision of Telephone Traffic. AIEE Transactions 1959 t. 78. Part 1: Commun. and Electronics, s. 28-45.
9. Bretschneider G.: Die Hauptverkehrsstunde im Fern-

sprechverkehr. NTZ 1959 t. 12 nr 4, s. 205-209.

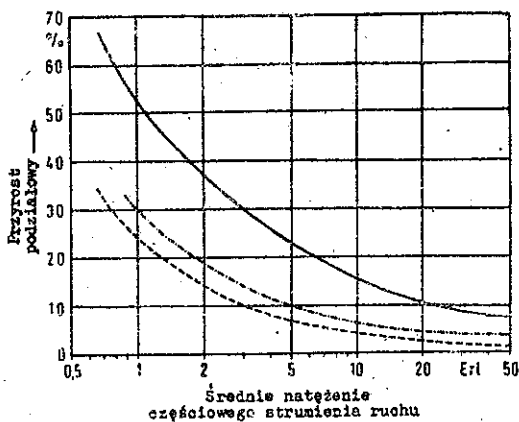
10. Böttger R.: Praktische Auswirkungen der statistischen Definition der Hauptverkehrsstunde auf die Planung und Überwachung von Fernsprechanlagen. NTZ 1959 t. 12 nr 5, s. 228-232.
11. Ahlstedt B.V.M.: Duration of the Congestion State in Local Telephone Traffic. 4th International Teletraffic Congress. London 1964.
12. Le Gall P.: Les variations du trafic et la qualite de service. 4th International Teletraffic Congress, London 1964.
13. Lotze A. und Wagner W.: Tafel der modifizierten Palm-Jacobaeus-Verlustformel. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Technischen Hochschule Stuttgart [b.r.n.]



Rys. 1. Przebieg zmian średniego natężenia ruchu w ciągu dnia

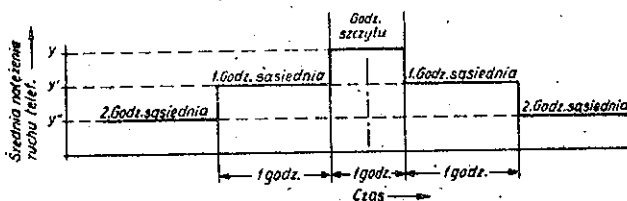


Rys. 2. Krzywe przyrostów podziałowych wg Lubbergera

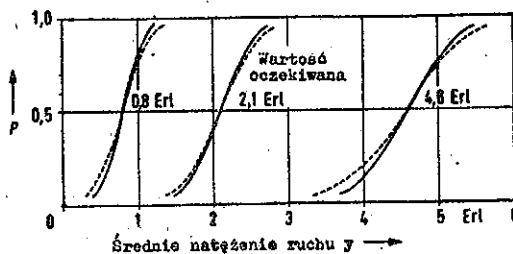


Rys. 3. Zestawienie trzech różnych krzywych przyrostu podziałowego

- krzywa Langer
- krzywa przyrostów podziałowych wg Poczty NRF
- .-.-. krzywa Molnara



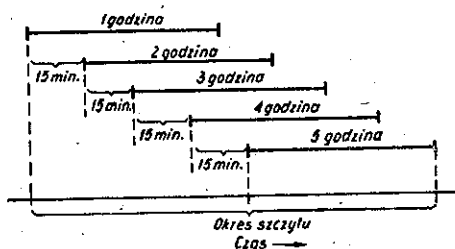
Rys. 4. "Krzywa schodkowa" Molnara



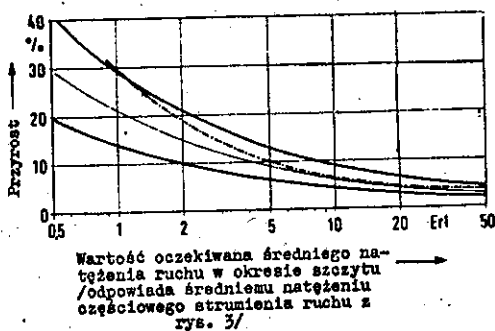
Rys. 5. "Krzywa wahań ruchu" wg Langera w zestawieniu z krzywą rozkładu normalnego

P - prawdopodobieństwo zdarzenia, że średnie natężenie będzie mniejsze niż y

- rozkład normalny
- .-.-. krzywa wahań ruchu wg Langer

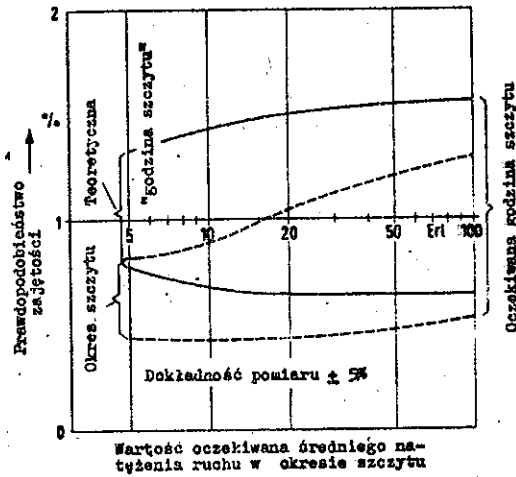


Rys. 6. Podział okresu szczytu na jednogodzinne odcinki obserwacji

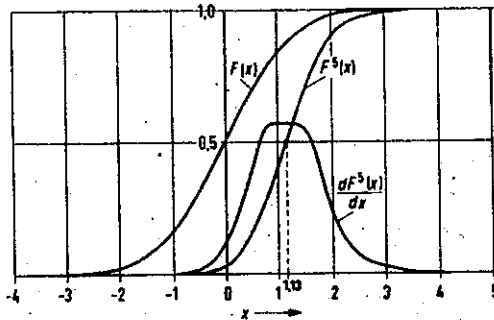


Rys. 7. Obszar zmian wartości oczekiwanej średniego natężenia ruchu telefonicznego w teoretycznej godzinie szczytu określony procentowym przyrostem w wartości oczekiwanej średniego natężenia ruchu w okresie szczytu. Obok krzywa przyrostów Langer'a

- górna granica
- krzywa środkowa obszaru
- dolna granica
- Langer



Rys. 8. Obszary zmian prawdopodobieństwa zajętości wszystkich łączów w wiązce dla "okresu szczytu" i "godziny szczytu" /poziom ufności 95%/



Rys. 9. Funkcja rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej znormalizowanej $F^5/x/$ oraz funkcja gęstości prawdopodobieństwa $\frac{dF^5(x)}{dx}$ opisujące sytuację ruchową w najbogatszym ruchu z pięciu niezależnych jednogodzinnych odcinków obserwacji

POMIARY RUCHU METODĄ POBIERANIA PRÓBEK STANÓW RUCHOWYCH

Opracował A. Stankiewicz na podstawie artykułu:
Hochmuth H.: Grundlagen für Abtastverfahren bei
Fernsprechverkehrsmessungen. Nachrichtentechni-
sche Zeitschrift 1964 t. 17 nr 3, s. 148-152.

1. WPROWADZENIE

Zadaniem pomiarów ruchu w centralach telefonicznych jest dostarczanie ilościowych informacji dotyczących sprawności usługowej central. Pomiary ruchu powinny być przeprowadzane w taki sposób, aby przy minimalnych nakładach związanych z urządzeniami pomiarowymi i organizacją pomiarów uzyskać maksimum potrzebnych informacji.

W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione teoretyczne podstawy nowoczesnej metody pomiarowej, opartej na tzw. pobieraniu próbek ruchowych.

2. ŁADUNEK RUCHU A ŚREDNIE NATĘŻENIE RUCHU

Podstawową wielkością, której wartość liczbowa musi być ustalana w trakcie pomiarów ruchu, jest obciążenie wiązek łącz, rozumiane jako średnie natężenie ruchu telefonicznego załatwianego przez poszczególne wiązki łącz.

Jeżeli okres obserwacji danej wiązki łącz rozpoczyna się w chwili t_0 i trwa przez okres czasu równy T , to

strumień ruchu przepływający przez daną wiązkę można scharakteryzować wielkością, zwaną ładunkiem ruchu telefonicznego, oznaczaną Y , a zdefiniowaną następująco:

$$Y = \int_{t_0}^{t_0+T} n(t) dt$$

gdzie $n(t)$ oznacza funkcję charakteryzującą przebieg zmian ilości jednocześnie trwających połączeń w czasie t .

Jednostką ładunku ruchu jest 1 Erlang . 1 godzina (1 Erlh).

W oparciu o pojęcie ładunku ruchu średnie natężenie ruchu telefonicznego definiuje się jako ładunek ruchu odniesiony do okresu obserwacji:

$$y = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} n(t) dt$$

Jednostką średniego natężenia ruchu telefonicznego jest Erlang (Erl) [1].

Pojęcie ładunku ruchu można zobrazować na wykresie chwilowych zmian ilości jednocześnie zajętych zespołów w wiązce. Powierzchnia ograniczona osią czasu, krzywą $n = n(t)$ oraz prostymi $t = t_0$ i $t = t_0 + T$ odpowiada wielkości ładunku ruchu.

3. METODY POMIARU CIĄGŁEGO WIELKOŚCI ŁADUNKU RUCHU

Wspomnianą krzywą $n = n(t)$ mógłby wykreślić jakiś przyrząd piszący, a następnie można by ustalić wielkość powierzchni pod krzywą za pomocą dowolnej metody wykreślenia, jednak byłyby to zabieg bardzo pracochłonne.

Żądany cel można osiągnąć przy użyciu znanej metody analogowej, polegającej na pomiarze natężenia prądu o wartości proporcjonalnej do ilości jednocześnie zajętych zespołów połączeniowych. Każdemu zespołowi połączeniowemu przyporządkowany jest tu osobny opornik wyznaczający jednostkowy prąd, który płynie przez układ pomiarowy, gdy dany zespół jest zajęty. Układem pomiarowym jest tu zwykle licznik amperogodzin, który po odpowiednim wyskalowaniu wskazuje bezpośrednio wartość ładunku ruchu w Erlangogodzinach (tzw. erlangomierz).

Taka metoda zakłada nieprzerwane połączenie obiektów mierzonych z układem pomiarowym, jest więc to metoda pomiaru ciągłego. W odróżnieniu od niej, tak zwana metoda pobierania próbek stanów ruchowych zakłada chwilowe, cyklicznie powtarzające się, łączenie obiektu mierzonego z układem pomiarowym. Metoda ta zostanie omówiona dokładniej.

4. METODA POBIERANIA PRÓBEK STANÓW RUCHOWYCH

4.1. Sformułowania podstawowe

Jeżeli podczas i -tego cyklu pomiarowego o czasie trwania równym d (czas, jaki upływa pomiędzy kolejnym pobraniem próbki stanu ruchowego danej wiązki łączy) stwierdza się N_i jednocześnie zajętych łączy, to mierzonej wiązce łączy przyporządkowuje się ładunek ruchu równy $N_i \cdot d$. Dla całego okresu obserwacji T wielkość ładunku ruchu wyraża się wzorem:

$$Y = d \sum_{i=1}^{\left[\frac{T}{d} \right]} N_i \quad \text{Erlh}$$

gdzie $\left[\frac{T}{d} \right]$ jest największą liczbą całkowitą, mniejszą lub równą $\frac{T}{d}$.

Wielkość średniego natężenia ruchu wyrazi się odpowiednio wzorem:

$$y = \frac{d}{T} \sum_{i=1}^{\left[\frac{T}{d} \right]} N_i \quad \text{Erl}$$

4.2. Dokładność metody pobierania próbek stanów ruchowych

W zasadzie wszelkie pomiary wielkości ruchowych są z natury badaniami o charakterze statystycznym i obej-

mują w sposób bezpośredni jedynie pewien dowolny skończony podzbiór populacji mierzonych wartości, zwany próbką. Dlatego też podawanie wyniku pomiarów bez jednoczesnego określenia ich wiarygodności jest niewłaściwe.

Dla dalszych rozważań przyjmuje się, że rozkład prawdopodobieństwa charakteryzujący mierzone wielkości ruchowe jest zbliżony do rozkładu normalnego.

Wykonując pomiar obciążenia wiązki łączy na przestrzeni skończonego okresu obserwacji T , można - przy założeniu określonego poziomu ufności S ($0 < S < 1$) - ustalić dla uzyskanego wyniku y_m przedział ufności, który z określonym prawdopodobieństwem S pokrywa prawdziwą nieznaną wartość parametru y .

Dla pomiarów ciągłych przedział ufności określa się następująco [2]:

$$y_m - \lambda \sqrt{2y_m \frac{t_m}{T}} \leq y \leq y_m + \lambda \sqrt{2y_m \frac{t_m}{T}}$$

gdzie: t_m jest średnim czasem trwania połączenia,

λ jest współczynnikiem ufności zależnym od poziomu ufności S (np. dla $S = 95\%$ $\lambda = 1,96$).

Dla pomiarów przeprowadzanych wg metody pobierania próbek stanów ruchowych przedział ufności określa się następująco:

$$y_m - \lambda \sqrt{y_m \frac{d}{T} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}} \leq y \leq y_m + \lambda \sqrt{y_m \frac{d}{T} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}}$$

gdzie d jest wspomnianym już czasem cyklu. Obowiązuje tu warunek, że $T/t_m > 20$, co w praktyce pomiarów ruchomych jest na ogół zawsze spełnione. Dokładne wyprowadzenie podanej tu zależności znaleźć można w pracy W.S. Haywarda [3].

Oznaczając granice przedziału ufności przy pomiarze ciągłym jako

$$\delta_k = \pm \lambda \sqrt{2y_m \frac{t_m}{T}}$$

oraz przy pomiarze "próbkowaniem" jako

$$\delta_{ab} = \pm \lambda \sqrt{y_m \frac{d}{T} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}}$$

otrzymujemy

$$\delta_{ab} = \pm \lambda \sqrt{2y_m \frac{t_m}{T}} \sqrt{\frac{d}{2t_m} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}} = \delta_k \cdot f\left(\frac{d}{2t_m}\right)$$

Rozwijając funkcję $f\left(\frac{d}{2t_m}\right)$ uzyskuje się

$$\frac{d}{2t_m} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m} = 1 + \frac{1}{3} \left(\frac{d}{2t_m}\right)^2 \pm \left[\frac{d}{2t_m}\right]^4$$

i stąd dla małych wartości $\frac{d}{2t_m}$

$$f\left(\frac{d}{2t_m}\right) \approx \sqrt{1 + \frac{1}{3} \left(\frac{d}{2t_m}\right)^2} \approx 1 + \frac{d^2}{24 t_m^2}$$

wobec czego

$$\delta_{ab} \approx \delta_k \left(1 + \frac{d^2}{24 t_m^2} \right)$$

Gdy czas cyklu d dąży do zera ($d \rightarrow 0$), to $\delta_{ab} \rightarrow \delta_k$, natomiast dla każdego $d > 0$ otrzymujemy $|\delta_{ab}| > |\delta_k|$.

Jak więc widać, przedział ufności dla pomiarów nieciągłych przy określonym jednakowym poziomie ufności oraz jednakowym czasie obserwacji T i średnim czasie trwania połączenia t_m jest większy, niż przedział ufności dla pomiarów ciągłych, co wskazuje na mniejszą dokładność wyników uzyskanych metodą nieciągłą. Intuicyjna ocena tej zależności jest dość prosta, ponieważ - jeżeli pomiar metodą ciągłą ma charakter próbki - pomiar metodą nieciągłą jest swego rodzaju próbką z próbki, a więc musi być mniej dokładny.

4.3. Wybór długości czasu cyklu

Na podstawie podanej zależności $\delta_{ab} = \pm \lambda \sqrt{y_m \frac{d}{T} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}}$ widać, że $\delta_{ab} = f(\lambda, y_m, T, t_m, d)$, jak również, że $d = \varphi(\delta_{ab}, \lambda, y_m, T, t_m)$, a więc, że czas cyklu d jest zależny od pięciu zmiennych. Dwie z nich, a mianowicie y_m i t_m są wyznaczone przez określoną sytuację ruchową mierzonej wiązki łączy, natomiast trzy pozostałe mogą być ustalone dowolnie.

W praktyce dowolność ta jest ograniczona przez konkretne wymagania techniczno-ekonomiczne, związane z określonymi urządzeniami i organizacją pomiarów. Prowadzi to do rozwiązań przyjmujących pewien kompromis mię-

dzy pożądaną dokładnością pomiarów a nakładami na ich realizację. Zazwyczaj zadowalamy się poziomem ufności $S = 95\%$ ($\lambda = 1,96$). Względną wielkość przedziału ufności wyrażoną stosunkiem δ_{ab}/y_m uważa się za wystarczającą, gdy wynosi ona $5 + 10\%$. Na rysunku 1^{x)} pokazano czas trwania okresu obserwacji T w funkcji zmiennego obciążenia y_m oraz ustalonej wartości czasu cyklu dla $t_m = 2, 3$ i 4 min przy poziomie ufności równym 95% oraz przedziale ufności równym $\pm 5\%$.

Wspomnianą zależność wykreślono w oparciu o wzór

$$T = \frac{\lambda^2}{\left(\frac{\delta_{ab}}{y_m}\right)^2} \cdot \frac{d}{y_m} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m} = \frac{196^2}{25} \frac{d}{y_m} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}$$

będący przekształceniem zależności podanej na początku tego rozdziału.

W tabelicy 1 zestawiono niektóre liczbowe wartości czasu obserwacji T ustalone odpowiednio dla różnych t_m , d oraz y_m dla przedziału ufności $\pm 5\%$ na poziomie 95% .

Jak widać, przy stałej wielkości obciążenia wiązki okres obserwacji T rośnie wraz ze wzrostem czasu cyklu. Przy większych czasach cyklu wpływ wielkości średniego czasu trwania połączenia na długość okresu obserwacji jest znacznie mniejszy, aniżeli przy małych czasach cyklu.

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

T a b l i c a 1

Czas trwania pomiaru T (w godzinach) w funkcji średniego natężenia ruchu y_m , dla różnych średnich czasów trwania połączenia t_m i różnych czasów cyklu d . Poziom ufności 95%, względny przedział ufności $\Delta = \pm 5\%$

t_m min	d min	y_m w Erl				
		3	5	10	25	40
2	0,6	34,40	20,64	10,32	4,13	2,58
	1,5	35,73	21,44	10,72	4,29	2,68
	3,0	40,32	24,19	12,10	4,84	3,02
	6,0	56,59	33,95	16,98	6,79	4,24
	15,0	128,21	76,93	38,46	15,39	9,62
3	0,6	51,39	30,83	15,42	6,17	3,85
	1,5	52,28	31,37	15,69	6,27	3,92
	3,0	55,42	33,25	16,63	6,65	4,16
	6,0	67,26	40,35	20,17	8,07	5,04
	15,0	129,79	77,87	38,94	15,57	9,73
4	0,6	68,42	41,05	20,53	8,21	5,13
	1,5	69,09	41,46	20,73	8,29	5,18
	3,0	71,47	42,88	21,44	8,58	5,36
	6,0	80,64	48,39	24,19	9,68	6,05
	15,0	134,29	80,58	40,29	16,12	10,07

Zjawisko to uwidacznia się jeszcze wyraźniej wtedy, gdy d jest znacznie większe od t_m ($d > 10 t_m$), co ma np. miejsce przy pomiarach grup zespołów centralnego

T a b l i c a 2

Czas trwania pomiaru T (w godzinach) w funkcji średniego natężenia ruchu y_m , dla małych i średnich czasów trwania połączenia t_m i różnych czasów cyklu d .
Poziom ufności 95%, względny przedział ufności $\Delta = \pm 5\%$

t_m s	d s	y_m w Erl				
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
0,02	0,1	0,144	0,108	0,087	0,072	0,054
0,05		0,187	0,140	0,112	0,093	0,070
0,10		0,308	0,231	0,185	0,154	0,115
0,02	1,0	1,423	1,067	0,854	0,711	0,534
0,05		1,423	1,067	0,854	0,711	0,534
0,10		1,423	1,067	0,854	0,711	0,534
0,02	36,0	51,221	38,416	30,733	25,611	19,208
0,05		51,221	38,416	30,733	25,611	19,208
0,10		51,221	38,416	30,733	25,611	19,208
0,02	180,0	256,107	192,080	153,664	128,053	96,040
0,05		256,107	192,080	153,664	128,053	96,040
0,10		256,107	192,080	153,664	128,053	96,040

sterowania zajmowanych na czas rzędu $20 + 100$ ms. Zanikanie wpływu t_m na T przy $d \gg t_m$ można przewidzieć analizując podany wzór: dla dużych wartości $\frac{d}{2t_m}$ wartość $\operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}$ jest bliska jedności.

Opisane zależności zostały pokazane na rys. 2 i w tabelicy 2.

Z naszkicowanych powyżej rozważań widać, jak istotny jest wybór długości czasu cyklu i dostosowanie go do konkretnych wymagań techniczno-ekonomicznych i ruchowych oraz określonej metody pomiarowej.

W miarę coraz szerszego stosowania elektronicznych urządzeń do przetwarzania informacji pochodzących z pomiarów ruchu odpowiedni wybór długości czasu cyklu staje się sprawą bardzo istotną dla ustalenia prawidłowej organizacji układu, który to przetwarzanie danych realizuje. W grę wchodzi tu takie problemy, jak czas zajęcia sieci łączy transmisyjnych, zakres wstępnej redukcji danych, pojemność pamięci członu centralnego itd.

Ostatnio spotyka się propozycje uelastycznienia urządzeń pomiarowych, tak aby czas cyklu można było ustalać dowolnie - dostosowując się do aktualnych wymagań wynikających z żądanego czasu trwania i dokładności pomiarów. Zwiększa to jednak koszt urządzeń.

4.4. Przedział ufności

Oznaczając względną (odniesioną do wielkości mierzonego natężenia ruchu) wyrażoną procentowo wielkość przedziału ufności jako Δ można w oparciu o poprzednie wnioski napisać, że:

$$\Delta = \frac{\delta_{ab}}{y_m} \cdot 100\% = \pm \lambda \sqrt{\frac{d}{Y_m} \operatorname{ctgh} \frac{d}{2t_m}} \cdot 100\%$$

gdzie $Y_m = y_m \cdot T$ i stanowi ładunek ruchu.

T a b l i c a 3

Przedział ufności Δ w procentach, przy poziomie ufności 95% w zależności od średniego czasu trwania połączenia t_m , czasu cyklu d oraz ładunku ruchu Y_m

t_m min	d min	Y_m w Erlh								
		10	30	50	100	200	300	500	1000	2000
1,5	0,6	13,95	8,05	6,24	4,41	3,12	2,53	1,97	1,39	0,99
2,0		16,06	9,23	7,19	5,08	3,59	2,92	2,27	1,61	1,14
2,5		17,93	10,30	8,02	5,67	4,01	3,26	2,54	1,79	1,27
3,0		19,62	11,27	8,77	6,20	4,39	3,56	2,77	1,96	1,39
3,5		21,02	12,09	9,41	6,65	4,70	3,82	2,98	2,11	1,49
4,0		22,66	13,01	10,13	7,16	5,07	4,12	3,20	2,26	1,60
1,5	3,0	15,88	9,15	7,10	5,02	3,55	2,89	2,25	1,59	1,12
2,0		17,39	10,02	7,78	5,50	3,89	3,17	2,46	1,74	1,23
2,5		18,91	10,90	8,46	5,98	4,23	3,45	2,67	1,89	1,34
3,0		20,83	11,75	9,12	6,45	4,56	3,71	2,88	2,04	1,44
3,5		21,81	12,57	9,76	6,90	4,88	3,97	3,09	2,18	1,54
4,0		23,15	13,34	10,35	7,32	5,18	4,22	3,27	2,32	1,64

Odporodnie proste na rys. 3 oraz tabl. 3 ilustrują przebieg zmian przedziału ufności zgodnie z podanym wyżej wzorem (poziom ufności 95%, $\lambda = 1,96$).

Dla wartości $d > 10 t_m$ wzór ulega uproszczeniu i przybiera postać

$$\Delta = \pm \frac{k}{\sqrt{Y_m}} \%, \quad \text{gdzie} \quad k = 100 \lambda \sqrt{d}$$

Podane zależności, wykresy i tablica pozwalają ustalić wielkość przedziału ufności, gdy wartość ładunku ruchu jest w przybliżeniu znana lub daje się oszacować. Służą one także mogą do przybliżonego obliczania wielkości ładunku ruchu (a stąd czasu obserwacji T), gdy przedział ufności zostanie założony.

4.5. Wymagania dotyczące urządzeń pomiarowych

Urządzenie pomiarowe powinno w sposób jednoznaczny określać stan zajętości badanych zespołów połączeniowych. Zespoły zablokowane, czyli wyłączone z ruchu, powinny być rozpoznawane i kwalifikowane jako takie właśnie lub co najwyżej jako wolne. Realizacja techniczna tego wymagania może się odbywać np. na drodze przeszukiwania odpowiednio nacechowanych przewodów c [5].

Układ pomiarowy zostaje przyłączany do mierzonej grupy za pomocą odpowiedniego (zwykle przekaźnikowego) łącznika, po czym następuje odebranie i odpowiednie przetworzenie informacji dotyczących stanu zajętości mierzonej grupy zespołów, a następnie odłączenie się od tej grupy.

Wszystkie te przebiegi są sterowane przez odpowiedni zespół programujący, przy czym program może być ustalany bądź za pomocą przelutowań na odpowiedniej łączówce, bądź też za pomocą taśmy perforowanej (bez końca).

Układ pomiarowy może pracować na zasadzie przetwornika wielkości analogowych na wielkości cyfrowe (4) lub

też może być zbudowany w oparciu o zasadę indywidualnego ustalania stanu zajętości poszczególnych zespołów w danej grupie, co implikuje czysto cyfrowy charakter pomiaru (5).

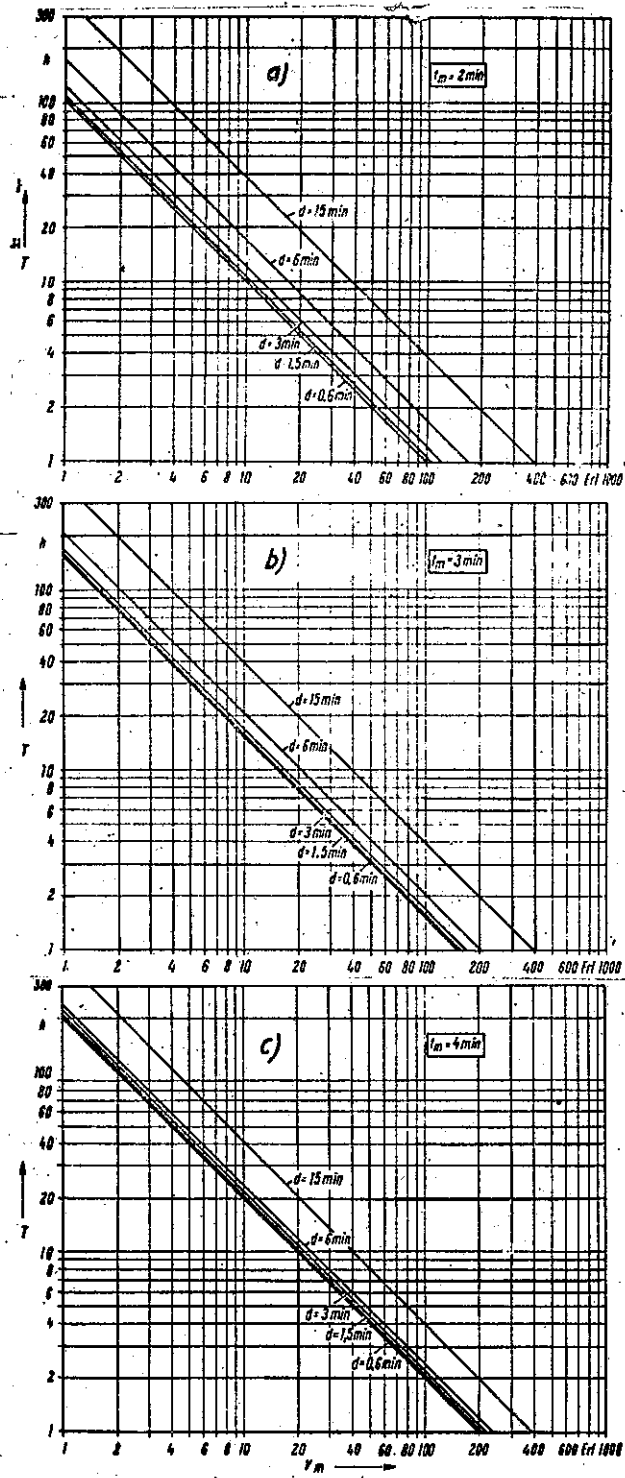
Przetwarzanie informacji uzyskanych na podstawie pomiarów zależy w znacznym stopniu od budowy członu rejestracji. W urządzeniach pomiarowych starszych typów stosuje się tu zwykle telefoniczne liczniki statystyczne, z których każdy jest przyporządkowany określonej grupie zespołów połączeniowych. W nowoczesnych miernikach ruchu wyniki są rejestrowane na taśmie perforowanej, co umożliwia coraz powszechniej stosowane przetwarzanie ich za pomocą maszyn matematycznych [6].

Wyniki pomiarów wykonywanych w trakcie poszczególnych cykli pomiarowych mogą być bezpośrednio rejestrowane na taśmie dziurkowanej, bądź też wstępnie magazynowane i redukowane tak, aby rejestracji podlegały już tylko np. wyniki odnoszące się do kolejnych 15-minutowych odcinków czasu obserwacji.

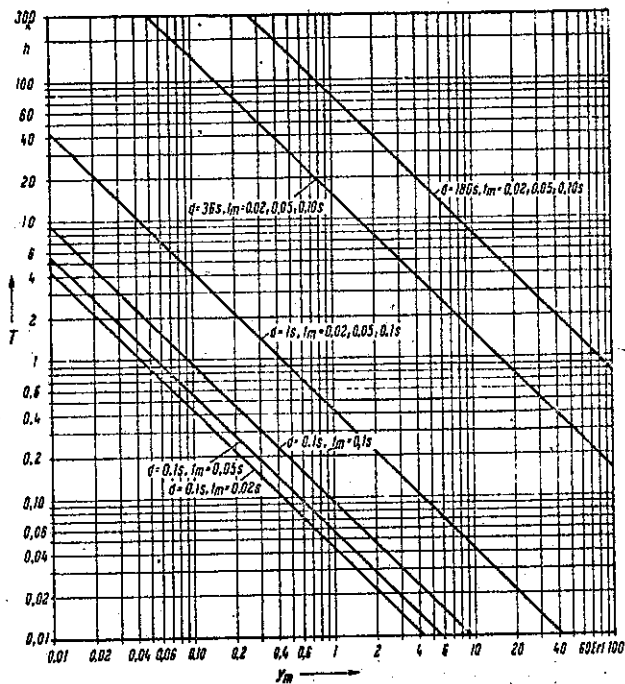
WYKAZ LITERATURY

1. NTG 0902 (1961). Empfehlungen für Bezeichnungen und Begriffe in der Vermittlungstechnik. Vorschläge für den Teil Verkehrstheorie.
2. Stürmer H.: Anwendung des Stichprobenverfahrens beim Beurteilen von Fernsprechverkehrsmessungen. Arch. elektr. Übertr. 8 1954 t. 8 nr 10, s. 439-446.

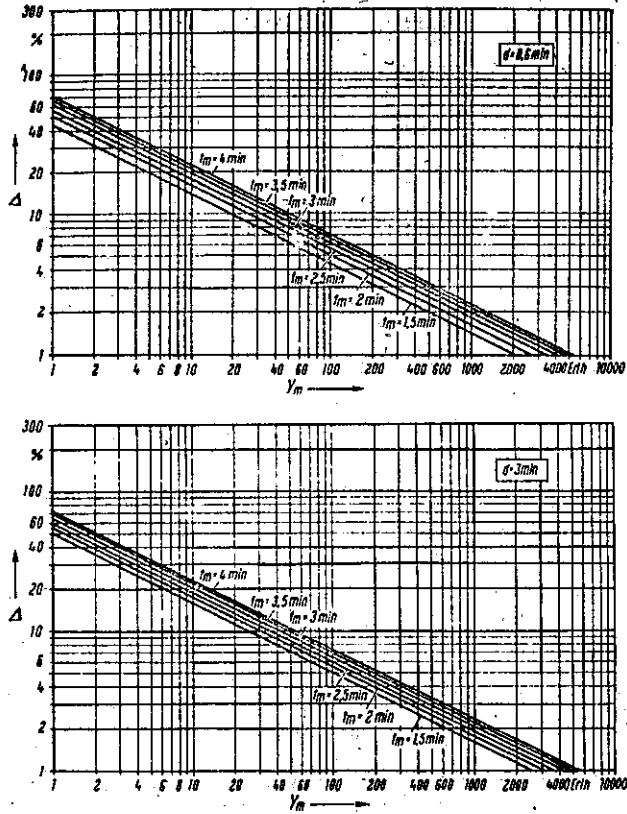
3. Hayward W.S.: The reliability of telephone traffic load measurements by switch counts. Bell System techn. J. 1952 t. 31 nr 2, s. 357-377.
4. Knopf G.: Verkehrsmesseinrichtung mit dem Digitalmessgerät Digizet. Siemens-Ztschr. 1963 t. 37 nr 2, s. 117-118.
5. Hochmuth H., Knopf G.: Verkehrsmesseinrichtungen. Fernsprech-Wählvermittlung ESM II, Sonderheft der Entwicklungs-Berichte der Siemens & Halske AG 1963 t. 26, s. S61-S65.
6. Hochmuth H., Schmitt G.: Automatisches Aufzeichnen und Verarbeiten der Daten von Verkehrsmesseinrichtungen. Siemens-Ztschr. 1963 t. 37 nr 4, s. 230-232.



Rys. 1 a, b, c. Czas trwania pomiaru T w funkcji średniego natężenia ruchu σ_m , dla różnych średnich czasów trwania połączenia t_m i różnych czasów cyklu d . Poziom ufności 95%, względny przedział ufności $\Delta = \pm 5\%$



Rys. 2. Czas trwania pomiaru T w funkcji średniego natężenia ruchu y_m , dla małych i średnich czasów trwania połączenia t_m i różnych czasów cyklu d . Poziom ufności 95%, względny przedział ufności $\Delta = \pm 5\%$



Rys. 3. Względny przedział ufności Δ dla uzyskanej w wyniku pomiarów wartości ładunku ruchu Y_m przy różnych średnich czasach trwania połączenia t_m i różnych czasach cyklu

UPROSZCZENIE POMIARÓW RUCHU W CENTRALACH TELEFONICZNYCH

Opracował A. Stankiewicz na podstawie artykułu:
Naef A.: Probleme der Verkehrsmessung in Tele-
phonzentralen. Technische Mitteilungen PTT 1967
nr 1, s. 26-36..

1. WPROWADZENIE

Prawidłowa eksploatacja i rozbudowa automatycznych central telefonicznych wymagają systematycznej kontroli i pomiarów natężenia ruchu telefonicznego, jaki przepływa przez poszczególne odcinki dróg połączeniowych. Przy realizacji tego zadania posługiwano się różnymi urządzeniami pomiarowymi i stosowano różnorodne metody pomiaru. Wiele z nich wykorzystywane jest jeszcze do dzisiaj, lecz na ogół nie umożliwiają one przeprowadzenia - w sposób odpowiednio dokładny i ekonomicznie uzasadniony - pomiarów ujmujących kompleksowo problematykę ruchową wielo-centralowej automatycznej sieci telefonicznej.

Aktualny stan techniki w dziedzinie urządzeń pomiarowych pozwala na stosowanie różnych, częstokroć bardzo precyzyjnych metod i urządzeń, jednak nie zawsze bywa to słuszne i uzasadnione. Jak się okazuje, odpowiednie uproszczenie i skrócenie pomiarów ruchu telefonicznego pozwala na uzyskanie wyników całkowicie zadowalających pod względem dokładności i wiarogodności. Rozważania na ten temat są właśnie tematem niniejszego opracowania.

W opracowaniu pt.: Scentralizowane urządzenia do pomiaru ruchu telefonicznego, zamieszczonym również w tym numerze Przeglądu, został omówiony stosunkowo prosty zespół urządzeń do pomiarów ruchu telefonicznego w automatycznej wielocentralowej sieci telefonicznej, posiadający centralne sterowanie i centralną rejestrację wyników pomiarów oraz działający w oparciu o uproszczoną metodę pomiarów.

2. CZAS TRWANIA POMIARÓW W CIĄGU JEDNEJ DOBY

2.1. Sformułowanie zagadnienia

Określana zgodnie z definicją CCITT godzina największego ruchu (GMR) jest dość stała. Wskazano na tę prawidłowość już w 1963 roku w Technische Mitteilungen PTT nr 10/63. Zgodnie z wynikami ówczesnych obserwacji przypadała ona dla okresu przedpołudniowego w przybliżeniu pomiędzy godziną 9.00 a 10.00. Oparcie się na tym spostrzeżeniu pozwalało wydatnie zmniejszyć pracochłonność pomiarów ruchu.

Skrócenie czasu trwania pomiarów przeprowadzanych w ciągu każdej doby wiąże się z zagadnieniem niezbędnej dokładności uzyskiwanych wyników. W celu zbadania wspomnianej zależności przeprowadzono badania szeregu różnych wiązek łączy.

W ciągu trzech kolejnych miesięcy - podobnych do siebie z punktu widzenia sytuacji ruchowej - ustalono, w trakcie powtarzających się co 10 dni pomiarów, procen-

towe odchyłki natężenia ruchu od wartości średniej. Wszystkie badane wiązki podzielono na pięć grup:

grupa	1	wiązki	stopnia	abonenc.	obciążenie	1+3	Erl
"	2	"	międzycentralowe		"	1+3	"
"	3	"	stopnia	abonenc.	"	4+6	"
"	4	"	międzycentralowe		"	4+6	"
"	5	"	różne		"	10+15	"

Wiązki każdej grupy były poddawane pomiarom obejmującym na przemian pełny (całodzienny) okres obserwacji, okres między godziną 9.00 a 10.00 i 10.00 a 11.00 oraz okres zawarty wyłącznie pomiędzy godz. 9.00 a 10.00.

W trakcie pomiarów pełnych ustalono godzinę największego ruchu biorąc pod uwagę wyniki 10-dniowych pomiarów, odpowiadające jednogodzinnym okresom obserwacji zawartym pomiędzy godzinami: 8.30-9.30, 8.45-9.45, 9.00-10.00, 9.15-10.15 itd. aż do 11.30.

Ustalona w trakcie tych pomiarów wielkość średniego natężenia ruchu została uznana za poziom odniesienia /100%/, w stosunku do którego należy obliczać procentową wielkość odchyłeń wyników innych pomiarów.

Badaniom tego rodzaju poddano niewielką liczbę wiązek w niewielu centralach, toteż mają one charakter próbki, która wprawdzie nie dostarcza całkowicie dokładnych wyników, lecz pozwala na ustalenie, w obrębie jakich granic zawiera się wartość rzeczywista i jaki jest charakter rozrzutu mierzonych wielkości.

Z punktu widzenia analizy przydatności proponowanych uproszczeń pomiarów interesujące jest przede wszystkim,

z jaką częstością uzyskuje się wynik pomiaru odbiegający od nieznannej (rzeczywistej) wartości oczekiwanej (100%) o określoną, procentowo ujętą wartość oraz z jaką częstością następuje odchyłka znajdująca się poza określonymi granicami błędu. Praktycznie biorąc, występuje tu tzw. rozkład normalny określony parametrami μ oraz σ , gdzie:

μ - wynik pomiaru wyrażony w procentach wartości oczekiwanej,

σ - odchylenie średnie będące miarą rozrzutu.

Dokładna analiza za pomocą aparatu matematycznego związanego z rachunkiem prawdopodobieństwa podana zostanie tylko w stosunku do wyników uzyskanych dla 1 grupy wiązek przy pełnym 10-dniowym pomiarze. Dla pozostałych pomiarów ograniczono się jedynie do podania wyników.

2.2. Obliczenie parametrów μ oraz σ

Wprowadzono następujące oznaczenia:

y - natężenie ruchu w erlangach określone przy pomiarach powtarzających się na tej samej wiązce,

\bar{y} - średnia wartość natężenia ruchu y w erlangach określona w trakcie pomiarów pełnych,

x - wielkość y wyrażona w procentach wielkości \bar{y} ,

\bar{x} - średnia wszystkich wielkości x dla wiązek 1 + 5,

Δx - odchylenie wielkości x od wielkości \bar{x} .

T a b l i c a 1

Wartości x , y , \bar{y} oraz $\Delta x/\sqrt{2}$ dla wiązek pierwszej kategorii przy
pomiarze pełnym

Pomiar	Wiązka I			Wiązka II			Wiązka III			Wiązka IV			Wiązka V		
	y	x	$(\Delta x)^2$	\bar{y}	x	$(\Delta x)^2$	\bar{y}	x	$(\Delta x)^2$	\bar{y}	x	$(\Delta x)^2$	\bar{y}	x	$(\Delta x)^2$
	Erl	%		Erl	%		Erl	%		Erl	%		Erl	%	
1	2,13	116,5	269	1,12	78,8	447	1,75	100,6	0	1,54	91,7	69	2,34	95,3	24
2	1,88	102,8	7	1,41	99,2	1	1,80	103,4	12	1,72	102,5	6	2,45	99,8	0
3	1,49	81,5	346	1,81	127,4	756	1,68	96,6	12	1,86	110,8	115	2,47	100,6	0
4	1,65	90,2	97	1,27	89,3	111	1,57	90,2	96	1,79	106,6	43	2,48	101,0	1
5	1,96	107,1	50	1,50	105,5	32	2,01	115,6	240	1,67	99,5	0	2,72	110,8	112
6	1,94	106,0	36	1,44	101,4	2	1,89	108,6	74	1,47	87,5	156	2,48	101,0	1
7	1,80	98,4	3	1,44	101,4	2	1,65	94,8	27	1,66	98,9	1	2,42	98,6	3
8	1,70	93,0	50	1,62	114,0	198	1,57	90,2	96	1,72	102,5	6	2,28	92,9	54
9	1,91	104,5	19	1,18	83,0	286									
\bar{y}	1,83			1,42			1,74			1,68			2,46		

W tabelicy 1 zestawione zostały wartości y , \bar{y} , x oraz Δx określone dla pięciu wiązek w trakcie realizacji programu badania obejmującego 42 pomiary ($n = 42$), dla 1 i 2 wiązki po 9 pomiarów oraz dla 3, 4 i 5 wiązki po 8 pomiarów.

Przy tego rodzaju programie wielkość \bar{x} może być traktowana jako wielkość u . Dla pomiarów pełnych będzie więc

$$\begin{aligned}\bar{x} &= u = \frac{\sum x}{n} = 100\% \\ &= \sqrt{\frac{\sum \Delta x^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3861}{41}} = 9,7\end{aligned}\quad (1)$$

Dla pomiarów ograniczonych przyjmuje się odpowiednio dla godzin:

9.00-10.00 i 10.00-11.00

$$\bar{x} = 97,3\% \quad \sigma = 10,3$$

9.00-10.00

$$\bar{x} = 92,6\% \quad \sigma = 11,7$$

Uzyskane wyniki można wyrazić słowami w sposób następujący: jeżeli z pełnego okresu obserwacji przeprowadzonych przed południem w ciągu 10 dni weźmie się pod uwagę jedynie okres obejmujący godz. 9.00-10.00 oraz 10.00-11.00, to uzyskany wynik będzie stanowił 97,3% wartości rzeczywistej.

2.3. Przedział ufności

Wielkość \bar{x} ustalana jest z pewnym błędem wynikającym z faktu, że badaniem poddano jedynie niewielką liczbę wiązek. Błąd ten, oznaczony jako e , może być, zależnie od przyjętego poziomu ufności, obliczony wg następującego wzoru:

$$e = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

gdzie t jest współczynnikiem ufności i dla poziomu ufności równego 95% wynosi $t = 1,96$ (wg tablic rozkładu normalnego).

Dla okresu obserwacji zawartego w godz. 9.00-10.00 i 10.00-11.00 e wyniesie:

$$e = \frac{1,96 \cdot 10,3}{\sqrt{42}} = \pm 3,1\%$$

a zatem oznaczając jako μ' wielkość μ uwzględniającą błąd e otrzymamy:

$$\mu' = 97,3 \pm 3,1\%$$

Dla okresu obserwacji 9.00-10.00

$$\mu'' = 92,6 \pm 3,5\%$$

2.4. Rozkład gęstości prawdopodobieństwa

Jak wspomniano, przebieg zmian częstości uzyskiwania wyników różniących się od wartości nominalnej nosi cha-

rakter rozkładu normalnego. Rozkład taki określony jest przy pomocy tzw. funkcji gęstości prawdopodobieństwa

$$\varphi(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Gęstość φ rozumiana jest również jako prawdopodobieństwo uzyskania wyniku różniącego się od wartości rzeczywistej o wielkość x .

Na rysunku 1^{x)} zostały pokazane krzywe zmian częstości P w funkcji μ , μ' oraz μ'' odpowiednio dla pełnego okresu obserwacji i kolejnych jego ograniczeń. Z rysunku tego widać, że krzywa rozkładu dla pomiarów ograniczonych nie tylko przesuwają się w lewo, lecz również tracą na stromości. Inaczej mówiąc - im większemu skróceniu ulega okres obserwacji, tym większy jest rozrzut uzyskiwanych wyników.

Dla celów porównawczych na rys. 1 pokazano również krzywe rozkładu dla pomiarów pięciodniowych. Widoczny jest tu również efekt spłaszczenia i przesunięcia charakterystyki w stosunku do krzywej odpowiadającej pomiarom 10-dniowym.

W następnym rozdziale zostanie przykładowo przeprowadzona analiza mająca na celu ustalenie, z jaką częstością uzyskuje się wyniki różniące się od wartości oczekiwanej więcej niż o $\pm 20\%$.

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

2.5. Powierzchnia ograniczona krzywą rozkładu

Obszar ograniczony krzywą rozkładu i osią rzędnych traktować można jako sumę względnych prawdopodobieństw wszystkich zdarzeń elementarnych i jako taki jest równy jedności (100%).

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x) dx = 1$$

Prawdopodobieństwo, że wynik pomiaru znajduje się na zewnątrz obszaru zawartego pomiędzy prostymi $x = x_1$ oraz $x = x_2$ - w naszym przypadku poniżej 80% lub powyżej 120% wartości oczekiwanej - dane jest wzorem

$$\Phi(x_2, x_1) = \int_{x_1}^{x_2} \varphi(x; \mu, \sigma) dx \quad (4)$$

przy czym Φ zależy od parametrów μ i σ .

Oznaczając $\frac{x - \mu}{\sigma} = u$ oraz przyjmując $\sigma = 1$, otrzymuje się na podstawie równania (3)

$$\varphi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (5)$$

która to zależność nosi nazwę rozkładu Gaussa.

Dla takiego rozkładu spotyka się w literaturze tablice dotyczące obszaru Φ . Dla dowolnej określonej przez x , μ oraz σ krzywej rozkładu normalnego wystarczy wyli-

czyć wielkość u , aby można było z tablic określić bezpośrednio wielkość obszaru w granicach od $-\infty$ do x . W ten sposób łatwo można obliczyć, jakie jest prawdopodobieństwo uzyskania wyniku zawartego np. powyżej 80% lub też np. pomiędzy 80 a 120% rzeczywistej wartości μ .

Poniżej podane zostaną przykłady.

a) Pomiar pełny

Wyniki powyżej 80% wielkości μ

$$u_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma} = \frac{80 - 100}{9,7} = -2,060$$

Za pomocą tablic znajduje się, że dla $u_1 = -2,060$ obszar Φ_{x_1} wynosi 0,020. Wielkość całego obszaru pod krzywą jest równa 1, a zatem dla wyników powyżej 0,8 μ pozostaje obszar równy $1 - 0,02 = 0,98$. Innymi słowy względne prawdopodobieństwo otrzymania takich wyników wynosi 98%.

Wyniki pomiędzy 80 a 120% wielkości μ

$$u_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma} = \frac{120 - 100}{9,7} = 2,060$$

wg tablic

$$\Phi_{x_2} = 0,980$$

Obszar pod krzywą rozkładu ograniczony prostymi $x=x_1$ oraz $x = x_2$ wynosi $\Phi_{x_2} - \Phi_{x_1}$

$$\Phi_{x_2} - \Phi_{x_1} = 0,98 - 0,02 = 0,96$$

a więc prawdopodobieństwo uzyskania wyniku zawartego pomiędzy 0,8 a 1,2 μ wynosi 96%.

b) Pomiar ograniczony: 9.00-10.00; 10.00-11.00
(patrz rys. 2)

$$u_1 = \frac{x_1 - \mu'}{\sigma} = \frac{80 - 97,3}{10,3} = 1,68$$

wg tablic

$$\Phi_{x_1} = 0,046$$

Obszar od x_1 do $+\infty = 1 - \Phi_{x_1} = 1 - 0,046 = 0,954$,
a więc prawdopodobieństwo uzyskania wyniku powyżej 0,8 μ
wynosi 95,4%

$$u_2 = \frac{x_2 - \mu'}{\sigma} = \frac{120 - 97,3}{10,3} = 2,204$$

wg tablic

$$\Phi_{x_2} = 0,986$$

$$\text{Obszar } \Phi_{x_2} - \Phi_{x_1} = 0,986 - 0,046 = 0,940$$

czyli prawdopodobieństwo uzyskania wyniku zawartego pomiędzy 0,8 a 1,2 μ jest równe 94%.

W tabelicy 2 zostały zestawione liczby dotyczące wielkości prawdopodobieństwa uzyskania wyników powyżej 0,8 μ oraz w granicach 0,8 + 1,2 μ dla 5- i 10-dniowych pomiarów pełnych i ograniczonych. Liczby te pozwalają na sformułowanie pewnych wniosków zasygnalizowanych już przy po-

T a b l i c a 2

Częstość P, z jaką uzyskuje się wynik zawarty powyżej 80% lub pomiędzy 80 a 120% wartości oczekiwanej μ .

Wiązka kategorii pierwszej

Pomiar dzienny	Częstotliwość P uzyskania określonego wyniku	
	Powyżej 0,8 μ	Pomiędzy 0,8 i 1,2 μ
Pomiar 10-dniowy	%	%
Pomiar pełny	98,0	96,0
Godz. 9.00-10.00 i 10.00-11.00	95,4	94,0
Godz. 9.00-10.00	85,9	85,0
Pomiar 5-dniowy		
Pomiar pełny	93,5	87,0
Godz. 9.00-10.00 i 10.00-11.00	86,9	83,1
Godz. 9.00-10.00	70,7	67,7

wierzchovej analizie krzywych pokazanych na rys. 1. Ograniczenie czasu trwania pomiarów do okresu między godzinami 9.00 a 11.00 powoduje nieznaczne jedynie obniżenie dokładności uzyskiwanych wyników, natomiast ograniczenie do okresu zawierającego się tylko między godziną 9.00 a 10.00 sprawia, że dokładność maleje znacznie.

Pomiary 10-dniowe pozwalają na uzyskanie znacznie do-

kładniejszych wyników aniżeli pomiary 5-dniowe, jeżeli jednak tego rodzaju ograniczenie może spowodować istotne uproszczenie aparatury pomiarowej, to wprowadzenie go należałoby brać pod uwagę.

2.6. Proste "sumy gęstości"

Aby ułatwić szybkie odnajdywanie wielkości związanych z prawdopodobieństwem uzyskania określonego wyniku, wygodnie jest posługiwać się wykresem przedstawionym na rys. 3.

Poszczególne punkty naniesione na tym wykresie przedstawiają odchylenia od wartości μ , znalezione doświadczalnie w trakcie 10-dniowych pełnych pomiarów, przeprowadzanych na wiązkach stopnia szukania 1 + 3 Erl. Ułożenie punktów pozwala wypośredkować prostą oraz wyciągnąć wnioski co do charakteru przebiegu przy pomiarach skróconych oraz dla wiązek innej wielkości. Proste charakteryzujące przebieg zmian dla tych przypadków zostały również naniesione na wykresie w oparciu o następujące uproszczone obliczenia.

Według tablic związanych z powierzchnią Φ pod krzywą rozkładu normalnego znajdujemy:

$$u_1 = -1,96 \quad \text{dla} \quad \Phi_1 = 0,025$$

$$u_2 = 1,96 \quad \text{dla} \quad \Phi_2 = 0,975$$

$$u = \frac{x - \mu}{\sigma}; \quad \text{stad} \quad x = \mu + u \sigma$$

Omawiana prosta przebiega w taki sposób, że łączy punkty $x_{0,025}$ (wartość uzyskana i wyrażona w procentach wartości oczekiwanej μ przy współczynniku prawdopodobieństwa równym 2,5%, czyli $\phi = 0,025$) z punktem $x_{0,975}$.

Konkretne obliczenia dla wiązki SL 1 + 2 Erl, przy dziesięciodniowym pomiarze, przedstawiają się następująco:

a) pomiar skrócony 9.00-10.00 i 10.00-11.00

$$x_{0,025} = \mu' + u_1 \sigma = 97,3 - 1,96 \cdot 10,3 = 77,0$$

$$x_{0,975} = \mu' + u_2 \sigma = 97,3 + 1,96 \cdot 10,3 = 117,6$$

b) pomiar skrócony 9.00-10.00

$$x_{0,025} = \mu'' + u_1 \sigma = 92,6 - 1,96 \cdot 11,7 = 69,4$$

$$x_{0,975} = \mu'' + u_2 \sigma = 92,6 + 1,96 \cdot 11,7 = 115,8.$$

Za pomocą prostych "sumy gęstości" przedstawionych na rysunku 3 można łatwo odczytać, z jakim największym odchyleniem od wartości oczekiwanej μ należy się liczyć, jeżeli przyjmuje się określony poziom ufności. Na przykład przy poziomie ufności 95% z prostej dla wiązki LS 1 + 3 Erl. 9-10 i 10-11 odczytujemy, że $x_{0,050} \approx 80\%$, zaś $x_{0,950} \approx 115\%$, a więc największe odchylenie będzie się zawierać w granicach $-20 + 15\%$. W tabelicy 3 zostały zestawione podstawowe wartości liczbowe interesujących wielkości dla pomiarów pełnych i skróconych.

Jak wynika z danych zawartych w tej tabelicy, przedział ufności dla poziomu 95% (przedział, który z prawdopodobieństwem 95% pokryje nieznaną wartość badanego

T a b l i c a 3

Zestawienie parametrów dla wiązek kategorii 1+5 dla różnego rodzaju pomiarów

Godziny pomiaru	Kategoria wiązki	σ	μ μ' μ''	e	Wartości graniczne x_1/x_2		P. dla wyniku		Wartości x dla "gęstości"	
					x_1/x_2	x_1/x_2	Ponad x_1	Pomiędzy x_1 i x_2	2,5 %	97,5 %
			%	%	%	%	%	%	%	%
0830-0930										
0845-0945										
0900-1000	LS 1...3 Eri	9,7	100	—	80/120	98,0	96,0	80,9	119,1	
0915-1015	VL 1...3 Eri	7,9	100	—	80/120	99,4	98,9	84,4	115,6	
0930-1030	LS 4...6 Eri	4,8	100	—	85/115	99,9	99,9	90,6	109,4	
0945-1045	VL 4...6 Eri	9,2	100	—	85/115	94,9	89,8	81,9	118,1	
1000-1100	10...15 Eri	5,6	100	—	90/110	96,3	92,6	89,0	111,0	
1015-1115										
1030-1130										
0900-1000	LS 1...3 Eri	10,3	97,3	$\pm 3,1$	80/120	95,4	94,0	77,0	117,6	
1000-1100	VL 1...3 Eri	9,1	97,1	$\pm 3,5$	80/120	96,9	96,3	79,1	115,1	
	LS 4...6 Eri	4,9	97,4	$\pm 1,8$	85/115	99,4	99,4	87,7	107,1	
	VL 4...6 Eri	8,8	97,6	$\pm 2,9$	85/115	92,4	90,0	80,2	115,0	
	10...15 Eri	5,3	99,2	$\pm 2,4$	90/110	96,2	94,4	88,9	109,5	
0900-1000	LS 1...3 Eri	11,7	92,6	$\pm 3,5$	80/120	85,9	85,0	69,4	115,8	
	VL 1...3 Eri	8,7	94,6	$\pm 3,3$	80/120	95,4	95,2	77,5	111,7	
	LS 4...6 Eri	5,0	95,1	$\pm 1,9$	85/115	97,7	97,7	85,1	105,0	
	VL 4...6 Eri	9,3	96,0	$\pm 3,1$	85/115	88,1	86,0	77,6	114,4	
	10...15 Eri	5,8	97,6	$\pm 2,6$	90/110	90,5	88,9	86,2	109,0	

μ, μ', μ'' - odchylenie średnie
 σ - wartość średnie wyników pomiarów
 e - przedział ufności na poziomie 95%
 x_1, x_2 - dopuszczalne granice tolerancji
 P - względna część uzyskowania wyniku przekraczającego granicę x_1 lub zmniejszego pomędzy x_1 i x_2

parametru) zależy w sposób istotny od wielkości wiązki. Położenie Godziny Największego Ruchu w czasie jest tym mniej stabilne, im mniejsze jest natężenie ruchu. Z drugiej jednak strony małe wiązki są, jak wiadomo, bardziej odporne na przeciążenie, co obrazują krzywe podane na rys. 4. Przy natężeniu ruchu równym 3 Erl. wynik pomiaru zawierający się w granicach $80 \pm 120\%$ wartości prawdziwej pozwala, jak widać, na prawidłową ocenę sytuacji ruchowej w danej wiązce. Specyfika obciążalności większych wiązek prowadzi do zawężenia obszaru tolerancji i zawarcia go w granicach $85 \pm 115\%$ dla strumienia ruchu rzędu 4 ± 6 Erl. oraz w granicach $90 \pm 110\%$ dla 7 ± 15 Erl.

Dla poddanych badaniom wiązek VL czwartej kategorii (VL 4 ± 6 Erl.) dokładność uzyskania wyników nie jest całkowicie zadowalająca. Jednak różnica wynikająca ze skrócenia pomiarów do okresu między godzinami 9.00-10.00 i 10.00-11.00 jest również w tym przypadku nieistotna. Stosunkowo duża wartość odchylenia średniego σ pozwala przypuszczać, że wielkość próbki okazała się tu zbyt mała i odchylenie średnie σ wypadło duże jedynie przypadkiem. Aby jednak przypuszczenie to sprawdzić i upewnić się, że otrzymana wartość σ nie odpowiada rzeczywistości, należy się posłużyć tzw. testem zgodności χ^2 (chi kwadrat).

2.7. Sprawdzanie hipotezy dotyczącej odchylenia średniego

Jeżeli $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ są zmiennymi losowymi niezależnymi o rozkładzie normalnym, to wyrażenie

$$V_n = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2$$

nazywamy statystyką χ^2 , przy czym parametr n (liczba niezależnych zmiennych losowych) nazywa się liczbą stopni swobody.

Wielkość

$$\frac{s^2}{\sigma^2} (n - 1)$$

ma zgodnie z χ^2 liczbę stopni swobody równą $(n - 1)$, przy czym:

s - odchylenie przeciętne w próbce,

σ - odchylenie średnie (standardowe).

Oznaczając granice obszaru ufności o $(n - 1)$ stopniach swobody jako $\chi^2_{\alpha/2} (n - 1)$ oraz $\chi^2_{1-\alpha/2} (n - 1)$, otrzymuje się nierówność

$$\chi^2_{\alpha/2} (n - 1) < \frac{s^2}{\sigma^2} (n - 1) < \chi^2_{1-\alpha/2} (n - 1) \quad (6)$$

Zależność ta właśnie może być wykorzystana do sprawdzenia określonej hipotezy dotyczącej wartości odchylenia, np. hipotezy brzmiącej $s^2 = \sigma^2$. Jeżeli hipoteza ta jest prawdziwa i znaleziona na podstawie pomiarów wielkość s^2 pokrywa się z rzeczywistą wartością wariancji σ^2 , to zarówno lewa jak i prawa strona nierówności (6) musi być spełniona.

Liczność próbki wynosi $n = 36$, a więc ilość stopni swobody wynosi $(n - 1) = 35$. Wartości $\chi^2_{\alpha/2}$ i $\chi^2_{1-\alpha/2}$

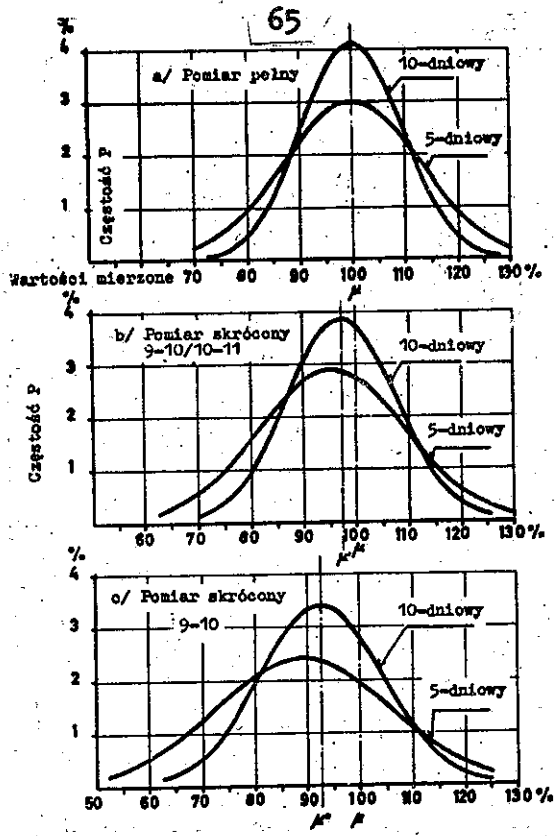
można odczytać z tablic odpowiednio do liczby stopni swobody. Przy poziomie ufności 98% oraz $\alpha = 2\%$ oraz po podstawieniu odczytanych z tablic wartości granic do nierówności (6) otrzymuje się:

$$18,5 < \frac{9,2 \cdot 35}{9,2} < 57,4$$

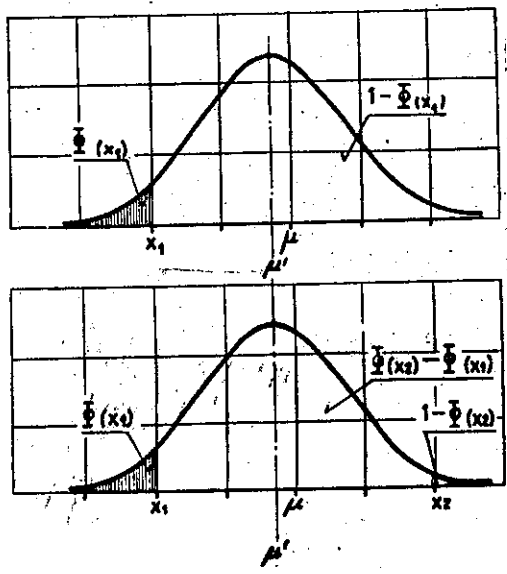
Jak widać, hipoteza $s^2 \approx \sigma^2$ jest słuszna, a co za tym idzie - liczność próbki wystarczająco duża. Przyczyną dużej wartości odchylenia średniego jest, jak się okazuje, przejściowy, sezonowy wzrost natężenia ruchu załatwianego przez badanie wiązki. W warunkach normalnych dokładność wyników pomiarów dla tej kategorii wiązek byłaby tego rzędu co dla pozostałych.

3. WNIOSKI

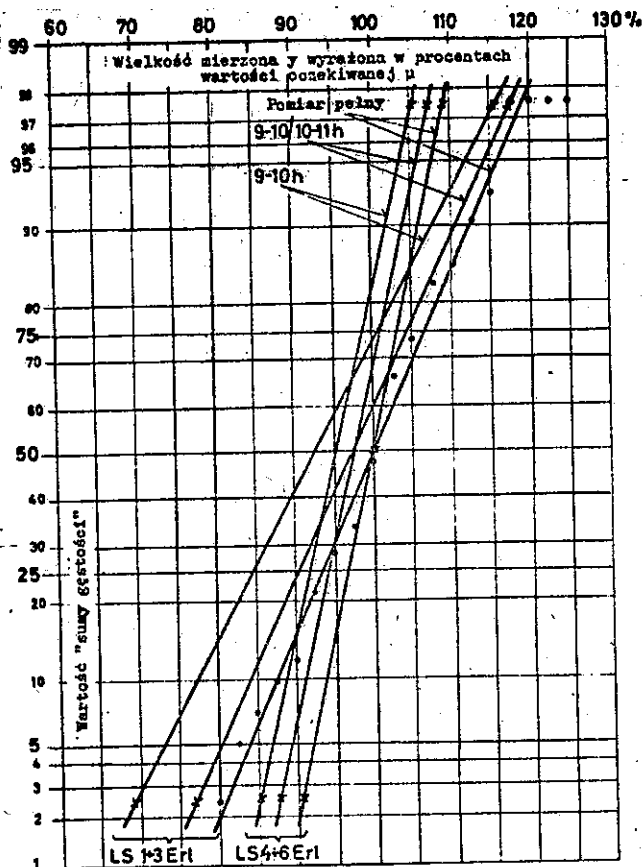
Zalecana przez CCITT uproszczona metoda ustalania wielkości średniego natężenia ruchu telefonicznego w Godzinie Największego Ruchu, oparta na założeniu dotyczącym względnej stabilności położenia GNR w czasie, pozwala ograniczyć pomiary trafikowe w ruchu krajowym między godzinami 9.00-10.00 i 10.00-11.00, bez istotnego pogorszenia dokładności i wiarygodności uzyskanych wyników. Pozwala to w znacznym stopniu skrócić i uprościć pomiary oraz wyeliminować wszelkie te czynności pomiarowe, które nie prowadzą do uzyskania rzeczywiście niezbędnych danych.



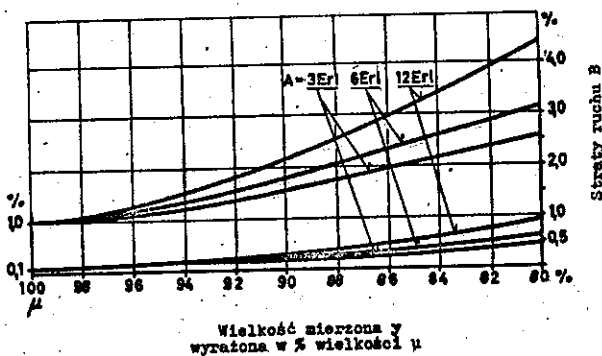
Rys. 1. Przebieg zmian częstości P uzyskiwania określonych wyników /w procentach wartości oczekiwanej μ / przy 5- i 10-dniowych pomiarach pełnych i skróconych. Wiązka 1-ej kategorii



Rys. 2. Obszar ϕ pod krzywą podziału normalnego



Rys. 3. Proste "sumy gęstości" dla wiązek LS 1+3 Erl. i 4+6 Erl. przy pomiarach pełnych i skróconych



Rys. 4. Krzywe wzrostu strat B spowodowanego błędnym oszacowaniem niezbędnej liczby łączy dla poszczególnych rodzajów wiązek

SCENTRALIZOWANE URZĄDZENIA DO POMIARÓW RUCHU TELEFONICZNEGO

Opracował A. Stankiewicz na podstawie artykułu:
Amsler E.: Zentralisierte Verkehrsmesseinrichtung, Typ PTT. Technische Mitteilungen PTT 1967
nr 6, s. 300-308.

1. OMÓWIENIE OGÓLNE

Metody i urządzenia do pomiarów ruchu telefonicznego są mocno zróżnicowane - począwszy od prymitywnej i pracochłonnej tzw. metody naczej aż do najnowocześniejszych elektronicznych urządzeń pomiarowych, pozwalających na opracowywanie dostarczanych przez nie informacji za pomocą maszyn matematycznych.

Miernik ruchu typ PTT nie zalicza się do tych ostatnich, lecz został pomyślany jako stosunkowo proste automatyczne urządzenie pomiarowe, które ma być wykorzystywane w oparciu o uproszczoną metodę pomiarów, opisaną w artykule: Uproszczenie pomiarów ruchu w centralach telefonicznych, zamieszczonym również w tym numerze Przeglądu.

Miernik ruchu typ PTT został opracowany w oparciu o następujące wymagania techniczno-eksploatacyjne:

a. Powinna istnieć możliwość wykonania pomiaru każdej wiązki łączy lub grupy wybieraków w każdej centrali oraz pomiędzy centralami obsługiwanymi przez miernik ru-

chu, bez potrzeby wykonywania gdziekolwiek prac przyłączeniowych.

b. Wyniki pomiaru powinny być przesyłane do punktu centralnego (do siedziby dyrekcji okręgu telefonicznego).

c. Powinny być przewidziane dwa zasadnicze sposoby wykonywania pomiarów.

a) pomiary ruchu obejmujące wszystkie jednocześnie rejestry, łącza międzycentralowe i zespoły wszystkich stopni łączenia,

b) pomiary obejmujące indywidualnie tylko wiązki łączy bądź rejestry.

d. Dla wybranych wiązek powinna istnieć możliwość przeprowadzania w razie potrzeby pomiarów obejmujących trzy jednogodzinne okresy pomiaru (np. 0836-1136).

e. Kryteria pomiarowe odbiera się z przewodu c.

f. Po zakończeniu podstawowego cyklu pomiarowego (2 x 5 dni) powinna istnieć możliwość bezpośredniego odczytania lub sfotografowania stanu liczników rejestrujących wyniki pomiarów.

g. Powinna istnieć możliwość wykonywania pomiarów rano i wieczorem, przy czym mogą one obejmować te same bądź różne wiązki łączy.

h. Przy pomiarach przedpołudniowych powinna istnieć możliwość ustalania godziny największego ruchu w oparciu o wyniki dwóch jednogodzinnych odcinków czasu obserwacji.

i. Normalne odstępy czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami wynoszą 6 minut. W przypadku zespołów, które z racji swego przeznaczenia są zajmowane na bardzo krótki okres czasu, odstęp pomiędzy kolejnymi pomiarami wynosi 36 sekund. Przy odstępie 6-minutowym miernik może obsłużyć maks. 120 wiązek zawierających 3000 punktów pomiarowych.

j. Ponieważ nie wszystkie wiązki łączą wymagają takiego samego 10-dniowego okresu obserwacji, powinna istnieć możliwość układania odpowiednio zróżnicowanych programów badania.

k. Podczas kontroli gotowości miernika do pracy, co może być wykonane przed rozpoczęciem pomiarów, powinna odbywać się w każdej wiązce rejestracja liczby zespołów włączonych do ruchu.

l. Należy przewidzieć układ pomijania poszczególnych central objętych danym cyklem pomiarowym, co w przypadku wystąpienia zakłóceń w transmisji wyników z jednej z central pozwala na kontynuowanie pomiarów w pozostałych centralach.

m. Powinna istnieć możliwość łatwego przyłączenia miernika ruchu do istniejących central, przy czym ewentualne przeróbki w zespołach połączeniowych powinny być możliwie najmniejsze.

Na podstawie powyższych wymagań opracowano i wykonano miernik ruchu typ PTT (rys. 1^x), który następnie za-

^x) Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

instalowano w sieci telefonicznej Interlaken (1 CA Główna + 1 CA Węzłowa + 10 CA Końcowych).

2. ZASADA PRACY MIERNIKA

2.1. Ogólne omówienie schematu blokowego (rys. 2)

Miernik ruchu typ PTT składa się z członu centralnego, zawierającego układy odbiorcze, rejestracyjne i programujące, oraz szeregu członów pomiarowych.

Człon centralny instaluje się w CA Główniej, członów zaś pomiarowe we wszystkich centralach sieci (w CA Główniej również).

W wykonaniu prototypowym każdy człon pomiarowy został połączony z członem centralnym za pomocą osobnego dwuprzewodowego łącza. W przyszłości przewidziano możliwość zastosowania koncentratorów łączy o takim przeznaczeniu.

Na sygnał start, wysłany przez człon centralny, rozpoczyna niezwłocznie pracę określony człon pomiarowy. Przewody c zespołów, które mają być mierzone, zostają skontrolowane i odpowiednia informacja zostaje przesłana (po wspomnianym łączu przeznaczonym do transmisji danych) do członu centralnego, gdzie zostaje zarejestrowana przez jeden z liczników statystycznych.

2.2. Człon pomiarowy

2.2.1. Charakterystyka ogólna

Zasada działania członu pomiarowego polega na kontrolowaniu stanu zajętości przewodów c wszystkich kolejno

zespołów mierzzonej wiązki z szybkością 12 impulsów (12 przewodów) na sekundę. Każdorazowo po napotkaniu zajętego zespołu, człon pomiarowy generuje krótki impuls w kierunku członu centralnego. Zmiana wiązki jest sygnalizowana impulsem o dłuższym czasie trwania. Dla celów tej sygnalizacji wykorzystano w prototypie prąd zmienny o częstotliwości 50 Hz. W przyszłości przewidziana jest sygnalizacja w pasmie akustycznym.

Człon pomiarowy składa się z segmentów o pojemności 500 punktów pomiarowych każdy (rys. 3). Dla większości central wystarcza jeden człon. Maksymalna pojemność członu pomiarowego wynosi 5000 punktów (10 segmentów).

2.2.2. Impulsy startowe

Krótki impuls wysłany przez człon centralny powoduje uruchomienie członu pomiarowego, który niezwłocznie rozpoczyna badanie obsługiwanych przez niego przewodów c, kontrolując czy znajduje się na nich potencjał ziemi.

Jeśli impuls startowy trwa 100 ms, powoduje on również uruchomienie członu pomiarowego, lecz w tym przypadku przewody c są kontrolowane "na ziemię i na baterię". Przy każdym skontrolowanym niezablokowanym zespole wysłany zostaje impuls rejestracyjny.

2.2.3. Generator impulsów kontrolnych

Generator impulsów kontrolnych wysyła impulsy, w takt których odbywa się przeszukiwanie przewodów c zespołów badanej wiązki. Impulsy o wypełnieniu 50% generowane są

z częstotliwością około 12 Hz (40 ms przerwa, 40 ms zwarcie).

Podczas transmisji sygnałów oznaczających zmianę wiązki lub zakończenie badania określonej grupy wiązek następuje zatrzymanie generatora.

2.2.4. Przesyłanie informacji do członu centralnego

Każdy zajęty zespół połączeniowy (ziemia na c) w mierzonej wiązce powoduje przyciągnięcie wysokoczułego przekaźnika polaryzowanego, który z kolei wysyła 40-milisekundowy impuls prądu przemiennego w kierunku do członu centralnego.

Po przebadaniu wszystkich zespołów w danej wiązce następuje badanie zespołów następnej wiązki. Sygnałem oznaczającym zmianę wiązki jest impuls 100-milisekundowy, wysłany również przez polaryzowany przekaźnik nadawczy.

Po przebadaniu wszystkich zespołów w każdej wiązce określonej grupy wiązek następuje wysłanie w kierunku do członu centralnego impulsu o długości 300 ms, oznaczającego koniec badania grupy.

2.2.5. Przetwornik

Zasadniczą częścią układu próbkującego jest tak zwany przetwornik (rys. 4), do którego za pośrednictwem 10 k Ω oporników przyłączone jest 100 punktów pomiarowych (przewodów c). Informacje o stanie tych przewodów są przesyłane do nadajnika członu pomiarowego za pomocą łącza zawierającego 16 przewodów.

Przetwornik jest matrycą diodową o budowie $10 \times 5 \times 2$. Pod względem konstrukcyjnym stanowi zwartą całość, składającą się z łączówki 20×6 oraz czterech wymiennych płytek z diodami i operami, wykonanych na obwodach drukowanych. Łączówka służy do przyłączenia wspomnianych 100 punktów pomiarowych i 16 przewodów sygnalizacyjnych, z których 10 służy do wyznaczania jednostek, zaś pozostałe 6 do wyznaczania dziesiątek w systemie 5×2 .

Zasada współpracy pomiędzy nadajnikiem członu pomiarowego a przetwornikiem diodowo-oporowym jest pokazana na rys. 5.

Jeżeli wszystkie zestyki Z są zamknięte, przekaźnik P nie może przyciągnąć, ponieważ potencjał ujemny, jaki za pośrednictwem tych zestyków zostaje podany na wszystkie $10 \text{ k}\Omega$ oporniki, nie pozwala na wyczuwanie potencjału dodatniego, jaki może pojawić się od strony wejścia.

Otwarcie określonego zestyku Z powoduje zamknięcie odpowiedniej diodowej dziesiątnej bramki blokującej, wskutek czego następuje wyznaczenie do pomiaru jednej związanej z nią dziesiątki przewodów. Kolejne zwieranie zestyków C stwarza kolejno możliwość przyciągnięcia przekaźnika P od ew. plusa z przewodu c w szereg z opornikiem $10 \text{ k}\Omega$.

2.2.6. Łącznik układów przetwarzających

Omówione powyżej układy przetwarzające są przyłączane do nadajnika członu pomiarowego za pośrednictwem łącznika układów przetwarzających, pracującego w ukła-

dzie 5x10. Przetworniki grupowane są po pięć i łączone z sekcjami wybierania grup pięćsetkowych (na rys. 3 oznaczone symbolem LUP). Sekcji takich może być maks. 10, co wyznacza maksymalną pojemność członu pomiarowego równą 5000 punktów pomiarowych (przewodów c).

Wydzielenie pod względem konstrukcyjnym przetworników i sekcji wybierania grup pięćsetkowych umożliwia ich zlokalizowanie w dogodnych miejscach w centrali, tak aby skrócić do minimum przewody niezbędnego okablowania.

2.3. Człon centralny

2.3.1. Charakterystyka ogólna

Człon centralny, zlokalizowany w CA Głównej, spełnia funkcje związane ze sterowaniem pomiarami i rejestracją wyników. Zgodnie z ustalonym programem, człón centralny wybiera do pomiaru określone grupy wiązek łączy, wyznacza chwilę rozpoczęcia i zakończenia codziennych pomiarów, jak również moment zakończenia pomiarów po upływie 10 dni. Poza tym decyduje o wielkości odstępu czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami (6 minut lub 36 sekund).

Pojemność układu rejestracji wyników umożliwia wykonanie pomiaru 120 wiązek łączy w trakcie realizacji programu obejmującego 2x5 dni. Liczba łączy w poszczególnych wiązkach może być różna pod warunkiem, że w ciągu 6-minutowego cyklu pomiarowego nie będzie występowała konieczność wykonywania pomiaru więcej niż 3000 punktów pomiarowych.

2.3.2. Programowanie pomiarów

Dla każdej grupy wiązek łączy opracowuje się roczny program pomiarów, który zawiera terminy pomiarów każdej wiązki łączy. Odpowiednio do charakteru i zadań, jakie spełniają poszczególne wiązki, są one poddawane pomiarom w okresach miesięcznych, kwartalnych lub rocznych. W zależności od warunków lokalnych pomiary te wykonuje się rano lub po południu albo rano i po południu.

Kolejność wykonywania pomiarów różnego rodzaju wiązek łączy jest następująca: najpierw mierzone są rejestry, następnie łącza międzycentralowe wychodzące, a potem wiązki łączy między poszczególnymi stopniami łączenia w obrębie danej centrali. Jest to kolejność stała i nie może być zmieniana.

Zgodnie z rocznym programem pomiarów przydziela się poszczególnym grupom wiązek łączy określony program pomiarowy, obejmujący 2x5 dni.

Czynności związane z tą fazą przygotowania pomiarów wykonuje się za pomocą przycisków programujących. Tablica prototypu miernika, pokazana na rys. 6, wyposażona jest jeszcze w przełączniki obrotowe.

2.3.3. Impulsy czasowe

Przy wciśniętym przycisku startowym miernik jest uruchamiany w takt impulsów zegara kontrolnego. Włączanie może odbywać się raz lub dwa razy dziennie.

W trakcie realizacji cyklu pomiarowego impulsator napędzany przez silnik synchroniczny wysyła co 36 sekund

lub co 6 minut rozkaz pomiaru. Co 12 minut wysyłany jest impuls wyznaczający początek kolejnego odcinka czasu pomiaru. Z zasady dla określenia Godziny Największego Ruchu przed południem wystarczają dwa jednogodzinne odcinki pomiarowe, wobec czego wszystkim wiązkom przyporządkowuje się po dwa liczniki statystyczne.

2.3.4. Odbiornik impulsów

Jak wspomniano poprzednio, do członu centralnego przesyłane są trzy różnej długości impulsy, z których każdy zawiera inną informację. Zadaniem odbiornika impulsów jest dekodowanie odebranych sygnałów i przekazywanie ich do właściwych obwodów wykonawczych i rejestracyjnych.

Impuls krótki zostaje przekazany bezpośrednio do licznika statystycznego, odpowiadającego aktualnemu jednogodzinnemu odcinkowi czasu oraz przyporządkowanego badanej wiązce łączy.

Impuls średniej długości powoduje zmianę wiązki. Nadchodzące po nim krótkie impulsy będą już przyjmowane przez inne niż poprzednio liczniki należące do tego samego jednogodzinnego odcinka czasu.

Długi impuls oznacza zmianę grupy wiązek łączy.

2.3.5. Liczniki statystyczne

Liczniki statystyczne są, jak wspomniano, przyporządkowane zarówno określonym jednogodzinnym odcinkom czasu pomiaru, jak też poszczególnym wiązkom łączy. Jest to zrealizowane w taki sposób, że uzwojenia liczników są

włączone w punktach skrzyżowania przewodów wyznaczających czas i wiązkę.

Każda ze 120 wiązek łączy posiada w polu liczników statystycznych dwa cztero- lub pięciocyfrowe liczniki (M_1 i M_2) dla dwóch przedpołudniowych jednogodzinnych okresów obserwacji. Pierwsze 70 wiązek posiada poza tym dodatkowy trzeci licznik /A/ do rejestracji wyników pomiarów popołudniowych.

Pierwsze 20 liczników to liczniki pięciocyfrowe, toteż wiązki łączy o natężeniu ruchu przekraczającym 100 erlangów należy im właśnie przyporządkować.

W przypadku konieczności zwiększenia dokładności określenia GNR należy skorzystać ze specjalnej grupy liczników statystycznych, za pomocą których trzy dowolne wiązki mogą być mierzone w ciągu trzech jednogodzinnych okresów obserwacji. Uzyskuje się w ten sposób wyniki dotyczące jedenastu jednogodzinnych okresów, z których każdy przesunięty jest względem poprzedniego o 12 minut.

2.3.6. Kontrola gotowości do pracy

Przed rozpoczęciem pomiaru istnieje możliwość ustalenia liczby czynnych - to znaczy gotowych do zajęcia lub zajętych w danej chwili - zespołów połączeniowych. Uruchomienie odpowiedniego przycisku na tablicy manipulacyjnej powoduje, że na każdym liczniku M_1 zostaje zarejestrowana liczba czynnych zespołów przyporządkowanej mu wiązki.

2.3.7. Blokowanie kierunków uszkodzonych

Każdej grupie łączy do central wiejskich jest przyporzędowana zielona lampka kontrolna, która pali się w trakcie realizacji pomiarów danej grupy. Uszkodzenie łączy pomiędzy członem centralnym a członem pomiarowym powoduje przerwanie pomiarów i zapalenie czerwonej lampki alarmowej.

Przez wciśnięcie przycisku, w którego obudowie znajduje się wspomniana zielona lampka, następuje przekazanie uszkodzonego łączy do specjalnego układu zastępczego, co umożliwia kontynuowanie pomiarów z pominięciem uszkodzonej grupy.

2.3.8. Urządzenia kontrolne

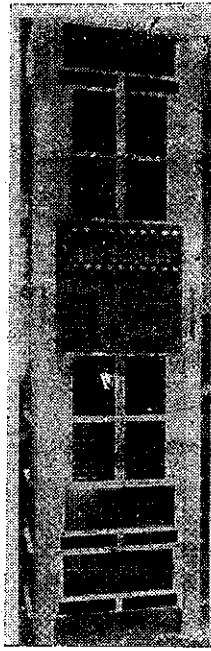
Liczniki statystyczne i szereg elementów odbiornika impulsów wymagają okresowej kontroli. Umożliwia ją specjalny nadajnik impulsów kontrolnych. W ciągu czasu równego trzem jednostkowym okresom obserwacji odbywa się kontrola układów odbiorczych wszystkich 120 wiązek. Po nadaniu określonej liczby impulsów o granicznych parametrach wszystkie liczniki powinny wskazywać tę samą liczbę.

Do stałego nadzoru przebiegu pomiarów przeznaczony jest osobny licznik statystyczny, którego stan powinien pozostawać w określonym stosunku do liczby dni pomiarów oraz liczby mierzonych wiązek.

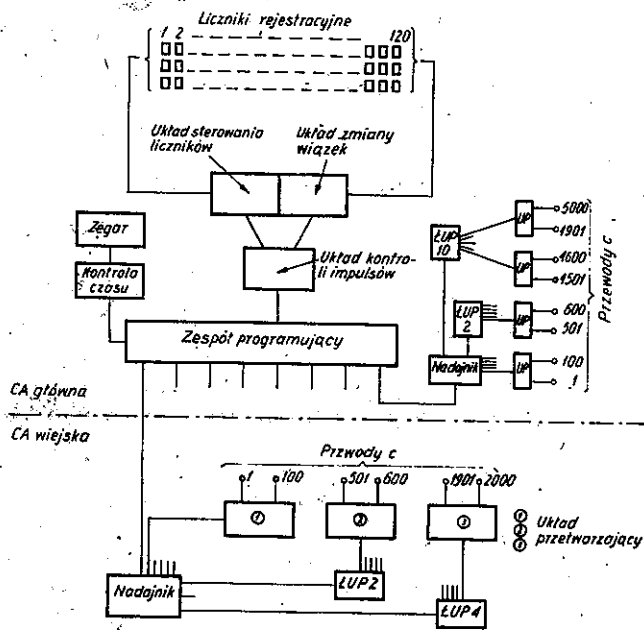
2.3.9. Analiza wyników

Po upływie 10 dni pomiarów wielkość natężenia ruchu w poszczególnych wiązkach może być odczytana bezpośrednio na licznikach statystycznych w jednostkach równych 0,01 Erl., przy czym wyniki pomiarów przedpołudniowych odczytuje się bądź ze wskazań licznika M_1 , bądź licznika M_2 , uwzględniając wskazania tego licznika, który pokazuje większą liczbę. Wyniki pomiarów popołudniowych odczytuje się na osobnym liczniku.

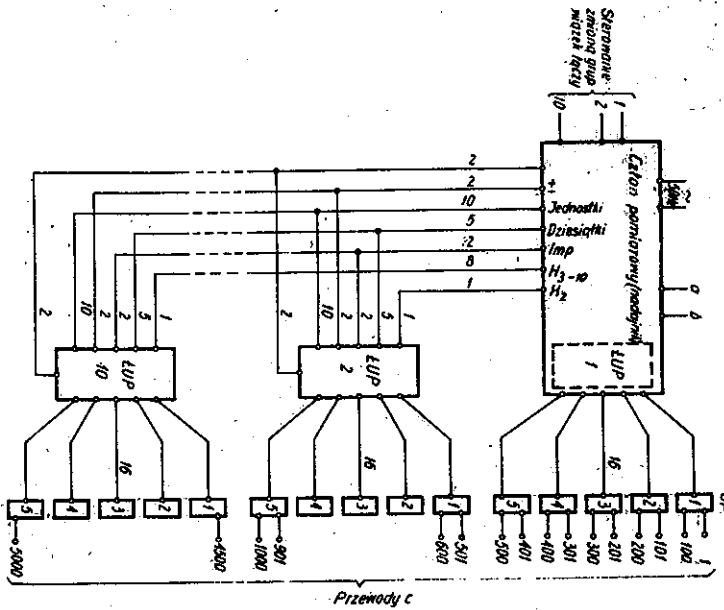
Pod licznikami statystycznymi znajduje się łatwo wymienna taśma rejestracyjna, na której zaznacza się numer przyporządkowanej wiązki łączy. Fotografując liczniki otrzymuje się wraz z wynikami informację dotyczącą numeru wiązki, co wyklucza możliwość pomyłki.



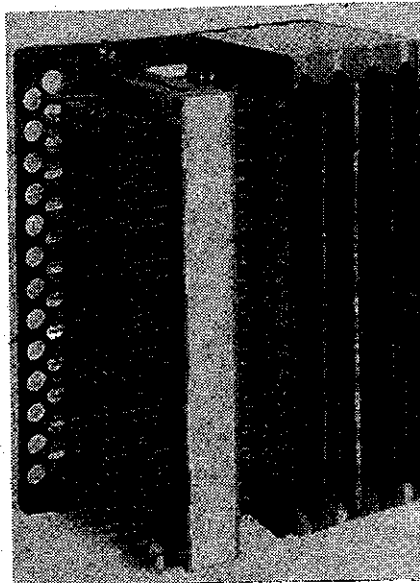
Rys. 1. Miernik rachy typ PTT /człon centralny/



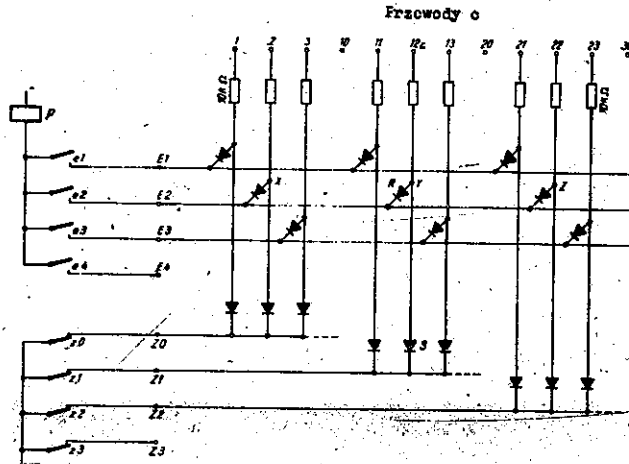
Rys. 2. Schemat blokowy układu pomiarowego



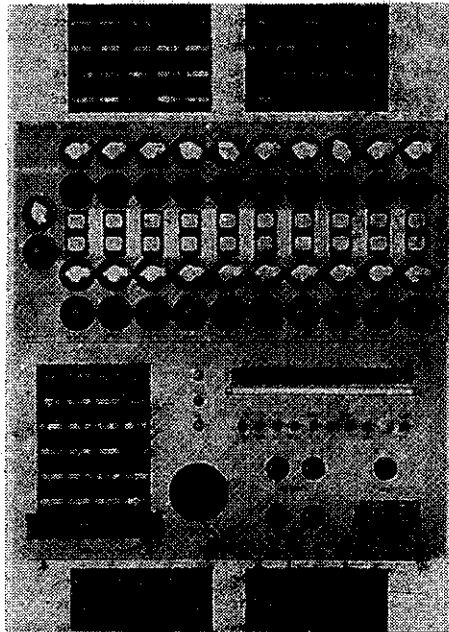
Rys. 3. Człon pomiarowy /schemat blokowy/



Rys. 4. Konstrukcja mechaniczna przetwornika



Rys. 5. Zasada pracy przetwornika



Rys. 6. Tablica manipulacyjna



