

1967
Nr 4 (67)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

1967

PRZEGLĄD
ZAGADNIENI
ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRZEGLĄD
ZAGADNIEN
ŁĄCZNOŚCI

ROK 7

WARSZAWA 1967

NR 4(67)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - prof. Zenon Szpiglar
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, dr Stanisław Włoszczowski,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Mozejko,
mgr Zofia Zycińska,

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

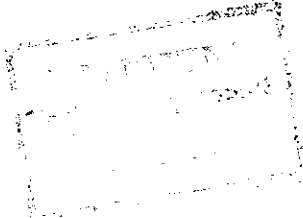
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 700. Druk ukończono
w grudniu 1967 r.



PRZEGLĄD
ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI

Jakość i niezawodność urządzeń
telekomunikacyjnych

SPIS TREŚCI

- | | Str. |
|--|------|
| 1. Meisel R.: Jakość usług w telefonicznych sieciach automatycznych - Opracował M. Feret | 1 |
| 2. Weiher H.: Niezawodność urządzeń telekomunikacyjnych z ekonomicznego punktu widzenia - Opracował M. Feret | 75 |



JAKOŚĆ USŁUG W TELEFONICZNYCH SIECIACH AUTOMATYCZNYCH

Opracował M. Feret na podstawie artykułu:
Meisel R.: Die Güte der Dienstes in Fern-
sprech - Wählnetzen Jahrbuch des elektri-
schen Fernmeldewesens 1962, str. 245-284

I. POJĘCIE "DOBROCI"; ZASADNICZE ROZWAŻANIA NAD USTALENIEM WSKAŹNIKÓW DOBROCI

Pojęcie dobroci przedmiotu lub usługi nie jest samo-
istne. Mając na względzie określone przeznaczenie tego
przedmiotu lub świadczenia, człowiek dopiero wydaje sąd
o ich dobroci. Ilustrują to następujące przykłady.

Jak daleko sięga pamięć ludzka były już kamienie na
ziemi. Nie były one dobre ani złe, były to po prostu zwy-
kłe kamienie. Dopiero gdy człowiek zmuszony został do
ich obróbki np. na maczugi, mury, schody, nagrobki, ka-
mienię otrzymały cechę "dobrych" lub "złych".

Podobnie przedstawia się sprawa kwiatów, które są
przez ludzi bardziej lub mniej pożądane. Dla pszczoł
świat kwiatów wygląda zupełnie inaczej niż dla nas.
Pszczoły posługują się z pewnością inną skalą wartości.
Pojęcie jakości reprezentuje więc stosunek człowieka do
jakiejsz rzeczy i wyraża subiektywne odczucie.

W trakcie używania jakiegoś przedmiotu, zaczynamy

wkrótce ustalać zjawiska towarzyszące, które są przez nas niepożądane i które nam przeszkadzają i które nazywamy zakłóceniami, uszkodzeniami lub usterkami.

Powyższe braki nie są najczęściej prawie zupełnie znane przed użytkowaniem przedmiotu, wykonanego w pełni nową techniką. Wychodzą one na jaw dopiero w czasie używania (eksploatacji) tego przedmiotu. Producenci pierwszych izolowanych przewodów elektrycznych nie zdawali sobie zupełnie sprawy z tego, jak wielką ilość różnorodnych wymagań postawi się w przyszłości tym przewodom odnośnie właściwości elektrycznych, mechanicznych, termicznych, chemicznych i innych specjalnych. Subiektywna ocena zależy także od miary osiągnięcia i od stanu techniki.

Typ samolotu, pralki, aparatu radiowego, oceniane jeszcze przed trzydziestu laty jako wyroby pierwszorzędne, nie znajdują już dzisiaj nabywcy.

W celu ustalenia wad użytkowych istnieją w zasadzie dwie możliwości:

1. Obserwuje się zachowanie się przedmiotu w warunkach naturalnych przewidzianych w czasie użytkowania. Na przykład:

- przy oleju samochodowym czy po określonym przebiegu ma on jeszcze własności smarownicze niezbędne dla dalszej jazdy,
- przy materiale ubraniowym czy w czasie noszenia nie mnie się i nie błyszczy,
- przy połączeniach telefonicznych czy w czasie rozmowy

telefonicznej rozmówca rozumie wszystko i nie musi zadawać zbędnych pytań.

Postępowanie takie jest prawidłowe, trwa jednak długo zanim uzyska się reprezentatywną opinię. Przy badaniach eksploatacyjnych opon samochodowych należy przejechać wg specjalnego testu miliony kilometrów dróg, aby móc przeanalizować zachowanie się próbek w użytkowaniu.

2. Dąży się do skrócenia tego postępowania lub do racjonalizacji, polegającej na sztucznym stworzeniu określonych obciążeń. Zabiegi te pozwalają na szybkie wydanie opinii, a przebiegając automatycznie umożliwiają w łatwy sposób: wywołanie sztucznego starzenia gumy, stwierdzenie wytrzymałości i ścieralności różnych materiałów, ułatwienie pomiarów teletransmisyjnych przy pomocy częstotliwości wzorcowej itp.

Przy pomocy obu wymienionych metod można również próbować ustalić kwalifikacje pracowników:

a) obserwuje się ich codzienną pracę w przeciągu wielu miesięcy lub lat (przy założeniu zapewnienia pełnej możliwości wykorzystywania posiadanych zdolności),

b) poddaje się ich "próbom", na przykład próbom przy przyjęciu do pracy, w czasie której są poddawani ostrzejszym wymaganiom. Obserwacja wykonywanej pracy egzaminacyjnej nie zapewnia jednak tak dobrych i rzetelnych opinii, jaką można uzyskać w warunkach normalnych, stałych zajęć.

Reasumując można stwierdzić, że w celu określenia wad

użytkowych (względnie dobroci ruchowej) stosuje się dwie metody:

1) obserwuje się zachowanie się próbki w rzeczywistej eksploatacji,

2) poddaje się próbkę określonemu, dającemu się odtworzyć, sztuczemu obciążeniu i obserwuje się jej zachowanie.

Prowadzenie dyskusji np. na temat jakości smaku produktu nie jest celowe. Ilu będzie dyskutantów, tyle różnych wypowiedzi ze względu na subiektywność oceny. Dobroć da się jednak określić także i przy subiektywnej ocenie, jeśli wypowiedzi będą tego rodzaju: wyśmienite, bardzo dobre, dobre, wystarczające, złe.

Na przykład:

"tym samochodem jedzie się dobrze";

"to ubranie nosi się wyśmienicie";

"ten olej samochodowy jest zły";

Aby ocenę jakości przeprowadzić obiektywnie i w sposób porównywalny z innymi ocenami, wymaga się ustaleń pozbawionych cech subiektywnych.

Na przykład:

"materiał izolacyjny posiada kąat stratności
 $\text{tg } \delta = \dots$ "

"twardość stali wynosi jednostek Rockwella"

"obciążalność materiału wynosi kg/mm^2 ".

Określone własności przedmiotu badanego zostają wyodrębnione, wyznacza się sztuczne warunki i mierzy roz-

patrywane własności w odpowiednim układzie miar. Tak ustalone cechy są celem wszystkich sposobów badania i mierzenia jakości. Niestety nie wszędzie daje się tę metodę stosować. Jakość wina, dobroć skrzypiec, zadowolenie z wycieczki towarzyskiej nie dadzą się zmierzyć. Podlegają one tylko ocenie subiektywnej.

Sumaryczna ocena dobroci jest w najwyższym stopniu subiektywna, a często w ogóle nie dająca się zdefiniować. Najlepiej można to pokazać na przykładzie stali. Nie ma pojęcia ogólnego "dobroć stali" i nie może być takiego pojęcia. Dobroć stali jest bowiem zależna każdorazowo od jej przeznaczenia. Wystarczy rozpatrzyć specjalną własność różnych gatunków stali: dużą koercję magnetyczną. Własność ta jest pożyteczna dla magnesów stalowych, a szkodliwa dla blach transformatorowych. Pozostałe własności stali mają mniejsze znaczenie w obu powyższych zastosowaniach.

Reasumując można stwierdzić, że dobroć pewnej rzeczy można określić:

- 1) subiektywnie,
- 2) obiektywnie, badając obecność określonych właściwości, a więc mierząc ilościowo poszczególne cechy jakości tej rzeczy.

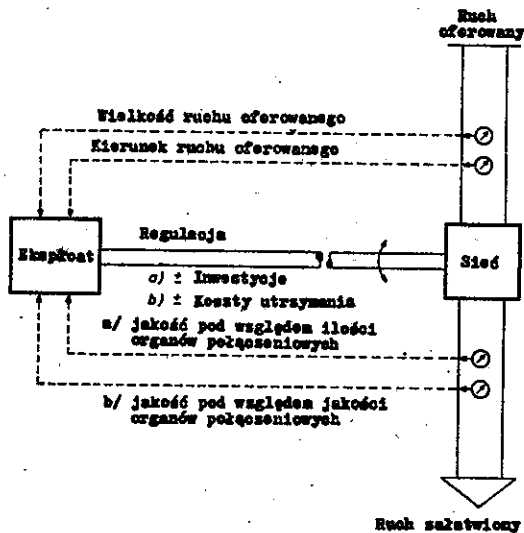
II. CEL USTALEŃ CECH DOBROCI SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ

Obiektywnie ustalone cechy dobroci służą najczęściej do:

1) zapewnienia pożądaných właściwości użytkowych pewnej rzeczy (np. dla działalności służb kontroli jakości),

2) kierowania procesami produkcyjnymi wykorzystując wyniki tych ustaleń (np. przy wyrobie artykułów masowych).

W ten sposób ma się jak gdyby do czynienia z zagadnieniami sterowania przy wykorzystaniu obwodu regulacji. W dziedzinie ruchu telefonicznego przedstawia się ta sprawa następująco.



Rys. 1. "Regulacja" sieci za pomocą wielkości ruchu

Przed administracją łączności stawia się zadanie:

a) dostosować rozbudowę sieci, to znaczy zakres inwestycji do potrzeb ruchowych,

b) zapewnić dobry stan sieci przez odpowiednie utrzymanie przy możliwie jak najmniejszych kosztach.

Oba powyższe zadania nie stanowią same w sobie jakiegoś celu, lecz mają służyć jedynie do zapewnienia użytkownikowi usług telefonicznych odpowiedniej jakości. Abonent zauważy tylko taki postęp techniczny w zakresie sieci telefonicznej, który ujawni się w postaci poprawy jakości usług. Aby można było jakość usług odpowiednio "regulować", należy prowadzić trwałą obserwację ruchu telefonicznego.

Przed zarządem łączności stoją do wykonania zadania o charakterze "sterowniczym". Do tego celu potrzebuje on stałej informacji o stanie sieci w różnych miejscach:

- a) dotyczące wielkości ruchu,
- b) dotyczące jakości usług.

III. DEFINICJA JAKOŚCI USŁUG

A. Zadania telefonii

Urządzenia telefoniczne mają za zadanie:

- 1) połączyć wzajemnie dowolnych abonentów,
- 2) umożliwić porozumienie się tych abonentów,
- 3) dokonać zaliczenia opłat,
- 4) po skończonej rozmowie przerwać połączenie w punktach komutacyjnych i przygotować organy do zrealizowania nowego połączenia.

Pominąwszy kolejność w czasie dokonywania połączenia, można rozpatrywać osobno zadanie wg pkt. 2 i osobno zadanie wg pkt. 1, 3 i 4.

1. Zagadnienia teletransmisyjne

Cechy nieskończenie dobrej jakości transmisji są następujące:

a) transmisja bezzwłoczna

(bez opóźnień i zniekształceń opóźnieniowych/przebiegu),

b) transmisja bez strat

(bez tłumienności lub zniekształceń tłumieniowościowych),

c) transmisja wolna od zakłóceń

(bez dodatkowych częstotliwości, których nie powinien zawierać sygnał o poziomie użytecznym, na przykład: zniekształcenia nieliniowe, przesłuchy, szumy obce).

Jeżeli wymienione wyżej objawy występują w mniejszym lub większym stopniu, to jakość transmisji danego połączenia nie jest już nieskończenie dobra i zależy od tego, w którym miejscu połączenia występuje to zmniejszenie jakości.

Szumy wybieraków są zgodnie z powyższym podziałem usterką transmisyjną. System komutacji, który wykazuje w dużym stopniu szumy wybieraków, jest równoważny z systemem o złej jakości transmisji. Definicja ta ma praktyczne znaczenie. W czasie obserwacji pracy sieci telefonicznej, w przypadku stwierdzenia szumów w połączeniu nie można nigdy z całą pewnością stwierdzić, czy przyczy-

ną tych szumów są urządzenia teletransmisyjne czy komutacyjne.

2. Zagadnienia łączeniowe (sygnalizacja i komutacja)

Za zasadniczą, efektywną czynność należy uznać tu komutację. Sygnalizacja, przy użyciu odpowiedniego kodu, służy w zasadzie: do przekazywania informacji o żądanych punktach komutacyjnych, do przekazywania informacji wstecz o wynikach prób połączeń i do przetwarzania danych dla kierowania ruchu na odpowiednie drogi połączeniowe i do zaliczania.

Nieskończenie wysoką jakość łączenia cechują:

- a) łączenie bezzwłoczne (bez czasu łączenia),
- b) łączenia bezstratne (bez przypadków zajętości),
- c) łączenie bez zakłóceń.

Jeżeli objawy powyższe występują w mniejszym lub większym stopniu, to jakość łączenia, a więc sygnalizacji i komutacji nie będzie już nieskończenie dobra. Zależać ona będzie od elementu, na którym wystąpi zmniejszenie tej jakości.

Zmniejszenie się jakości procesu łączenia charakteryzują trzy różne czynniki, które nie dadzą się sprowadzić do wspólnego mianownika.

B. Czasy łączenia

Całkowity czas zajętości organów i dróg połączeniowych składa się z czterech różnych części:

t_s - zależny od systemu komutacyjnego czas łączenia potrzebny do zestawienia i rozłączenia połączenia. Aby wielkość tę uniezależnić od stanów rozbudowy sieci i od manipulacji abonentów, nie uwzględnia się przy jej obliczaniu prób połączeń, które nie doprowadziły do celu (przypadki zajętości dróg połączeniowych, abonent nie zgłasza się, abonent zajęty). Również nie uwzględnia się czasów oczekiwania na zgłoszenie się abonenta.

Ujmuje się więc, przy połączeniach zrealizowanych czas od rozpoczęcia połączenia do wybrania ostatniego znaku lub do pierwszego sygnału wywołania i czas od końca rozmowy do rozłączenia (w systemach, w których możliwe są blokady, mogą występować długie czasy rozłączenia),

t_h - czas stracony w przypadkach zahamowań w załatwianiu ruchu (brak dróg połączeniowych lub czas oczekiwania),

t_t - czas zajęcia elementów centrali w przypadkach przedwcześnie przerwanych lub fałszywie wybranych połączeń, w przypadkach zajętości abonenta, gdy abonent nie zgłasza się, czas oczekiwania na zgłoszenie się abonenta. Czasy te zależne są od manipulacji abonentów.

Suma czasów $t_s + t_h + t_t$ tworzy czas stracony t .

t_g - właściwy czas rozmowy

$$T = \sum t_s + \sum t_h + \sum t_t + \sum t_g$$

$$T = T_v + T_g = \text{czas stracony} + \text{czas rozmowy.}$$

Wyłącznie dla systemu komutacyjnego miarodajny jest stosunek:

$$\tau_s = \frac{\sum t_s}{\sum t_g} ;$$

określa się go jako względny czas łączenia.

Dla rozpatrywanej sieci charakterystyczny jest stosunek:

$$\tau_v = \frac{\sum t_v}{\sum t_g} ; \text{ lub } \eta_n = \frac{1}{1 + \tau_v} = \frac{1}{1 + \frac{T_v}{T_g}} =$$

$$= \frac{T_g}{T_v + T_g} = \frac{T_g}{T}$$

$$\eta_t = \frac{\text{suma czasów rozmów}}{\text{suma czasów zajęć}} ; \tau_v = \frac{1 - \eta_t}{\eta_t}$$

Stosunek ten ma charakter współczynnika sprawności i został nazwany współczynnikiem sprawności czasowej rozpatrywanych urządzeń.

Przykładowo można podać, że współczynnik ten jest szczególnie niski w systemie komutacyjnym ze sterowaniem bezpośrednim bez kierowania ruchu na różne drogi połączeniowe (sterowanie przez wybieraki współbieżne). W jakim przedziale wielkości współczynnik ten zawiera się wykazują badania przeprowadzone w pełnoautomatycznych relacjach międzynarodowych. Zostały one wykonane w celu sprawdzenia rozliczeń z zagranicą z trudnych do uchwycenia

czasów rozmów w stosunku czasów zajęcia relacji. Stąd otrzymano stosunek $\eta_t = \frac{T^E}{T} = 0,846$ i to jednakowy tak dla GNR, jak i dla innych pór dnia. A więc 15,4% czasu zajęcia przepada jako "czas stracony". Względny czas stracony $t_v = t_s + t_h + t_t$ wynosi wobec tego 18,2% $\left(\frac{0,154}{0,846} \cdot 100\right)$ czasu rozmowy, to znaczy właściwie wykorzystanego czasu.

Względny czas łączenia τ_s można zmniejszyć między innymi przez używanie kodu wybierczego, przez wsteczne zwalnianie zajętych elementów, przez kierowanie ruchu na drogi obejściowe itd.

Pierwszym parametrem jakości usług jest stosunek czasu łączenia, zużytego "straconego" (na zestawienie i rozłączenie doszłego do skutku połączenia, do podlegającego opłacie czasu rozmowy. Określa się go jako "względny czas łączenia"; jest on miernikiem zdolności usługowej systemu komutacyjnego

$$\tau_s = \frac{\sum t_s}{\sum t_g}$$

Do celów specjalnych można także stosować współczynnik czasu

$$\eta_t = \frac{\text{suma czasów rozmów}}{\text{suma czasów zajęć}}$$

Wielkość ta nie pozwala jednak na wnioskowanie odwrotne o systemie technicznym.

C. Natłok (częstość występowania zjawiska braku wolnych dróg połączeniowych)

Ruch oferowany nie ma charakteru równomiernego, lecz wykazuje wahania:

1) wahania systematyczne

według cykli rocznych,
według cykli tygodniowych,
według cykli dziennych;

ostatnie wahania prowadzą do pojęcia godziny największego ruchu (GNR);

2) wahania statystyczne.

W systemach ruchu z oczekiwaniem (na przykład w centralach międzymiastowych) połączenia oferowane wg pewnego statystycznego rozkładu są zatrzymywane na czas zajęcia wszystkich dróg połączeniowych. W systemach łączeniowych ze stratami abonent wywołujący musi w takich przypadkach ponawiać próbę zestawienia całego połączenia. Przypadki oczekiwania i występowania strat określa się ogólnym pojęciem "zahamowania ruchu".

O tym, czy korzystniej jest stosować system z oczekiwaniem czy ze stratami (przechowywanie informacji lub załatwianie natychmiastowe), decyduje stosunek kosztów dróg połączeniowych do urządzeń łączeniowych. W systemach z oczekiwaniem wiadomość oczekuje na (droższe) łącze, a w systemach ze stratami (tańsze) łącze czeka na przesłanie informacji. W systemach z oczekiwaniem ma

miejsce dobre wykorzystanie łącza, natomiast wykonywanie połączeń jest trudniejsze. W systemach ze stratami nie można tak dobrze wykorzystać łącza, lecz łączenie jest prostsze.

Dla systemów łączeniowych z oczekiwaniem interesujące są w naszych rozważaniach nad jakością dwie wielkości:

- a) średnia częstotliwość oczekiwania (udział ruchu opóźnionego),
- b) średni względny czas oczekiwania t_w/t_m odniesiony do średniego czasu trwania zajęcia.

Dla systemów ze stratami miarodajna jest jedna wielkość: średnia częstotliwość przypadków zajęcia.

Wielkość tę odnosi się albo do ruchu oferowanego, albo do ruchu załatwianego, przy czym jak dotychczas w praktyce pierwszeństwo ma ta ostatnia metoda, ponieważ w systemach ze stratami jednoznacznie wyznaczyć można przez pomiary tylko ruch załatwiany.

Drugim parametrem określającym jakość usług telefonicznych jest liczba "zahamowanych" prób połączeń (natłok) z powodu zajęcia organów połączeniowych, odniesiona do liczby prawidłowo zrealizowanych w tym samym czasie połączeń. Parametr ten nazywa się "współczynnikiem zahamowań" i jest miernikiem braków ilościowych sieci telefonicznej (stan rozwojowy łącza).

Wielkość ta nie ma żadnych matematycznych powiązań ze stratami, występującymi na poszcze-

gólnych stopniach wybierczych, które odniesione są do stanów zajęcia tych właśnie stopni wybierczych.

D. Zakłócenia

Pojęcia "usterka", "uszkodzenie", "zakłócenie" użyte dalej w artykule mają następujące znaczenie:

usterka - odchylenie od stanu prawidłowego, nie naruszające jeszcze funkcji urządzenia;

uszkodzenie - odchylenie od stanu prawidłowego, które może naruszyć funkcję urządzenia;

zakłócenie - wpływ uszkodzenia na połączenie.

Rozróżnia się następujące rodzaje zakłóceń:

1. Zakłócenia z powodu manipulacji abonentów:

a) manipulacje abonenta wywołującego (nadawcy)

α) przedwczesna rezygnacja z połączenia (przed wysłaniem pierwszego sygnału wywołania),

β) zbyt długie przerwy między impulsami wybierczymi,

γ) wybranie nieosiągalnej sieci miejscowej lub nieobsadzonego numeru,

δ) omyłkowe połączenie z powodu wybrania niewłaściwego numeru,

b) połączenia niezrealizowane z winy abonenta wywoływanego (odbiorcy)

α) abonent zajęty,

β) abonent nie zgłasza się.

Wszystkie takie rodzaje zakłóceń są wprawdzie pouczające, nie mają jednak żadnego wpływu na jakość sieci telekomunikacyjnej. Przy ocenie jakości sieci należy je z rozważań całkowicie wyeliminować. Nie mogą one występować w parametrach charakteryzujących jakość sieci, tworzonych w postaci wielkości stosunkowych ani w liczniku jako zakłócenia, ani w mianowniku jako zajęcia.

Jeżeli zaistniałaby konieczność utworzenia współczynników, charakteryzujących zachowanie się abonentów, wtedy należałoby:

a) liczbę błędnych manipulacji abonenta wywołującego (nadawcy) odnieść do liczby usiłowań połączeń,

b) liczbę niezrealizowanych połączeń z winy abonenta wywoływanego (odbiorcy) odnieść do liczby połączeń, które osiągnęły urządzenia tego abonenta.

2. Zakłócenia w procesie łączenia (sygnalizacja i komutacja)

Najważniejsze z nich są następujące:

a) połączenia omyłkowe,

b) brak sygnału wywołania (najczęściej - niepełne połączenie),

c) przerwa w momencie rozpoczęcia rozmowy (najczęściej - przerwa w obwodach zaliczających między nadajnikiem impulsów licznikowych ZIG i wybierakiem grupowym pierwszym I GW),

d) przerwa w czasie rozmowy,

α) między pierwszą a drugą minutą (najczęściej - brak pierwszego impulsu),

β) w innym czasie,

e) brak sygnału zgłoszenia sieci miejscowej, jeżeli sygnał taki jest przewidziany,

f) połączenia "na trzeciego" i inne naruszenia żył rozmównych,

g) zakłócenia w procesie zaliczania, a mianowicie:

α) brak zaliczania,

β) przedwczesne zaliczanie,

γ) nieprawidłowy rytm impulsów zaliczających itd.

W celu uzyskania wielkości porównywalnych ważne jest ustalić definicyjnie w stosunku do jakich liczb należy odnosić liczby zakłóceń. Istnieją trzy możliwości:

1) do liczby zajęć,

2) do liczby prawidłowo wybranych połączeń (bez błędnych manipulacji abonentów),

3) do liczby prawidłowo i dobrze zestawionych połączeń.

Przypadek 1. odrzuca się, ponieważ w ilości zajęć mieszczą się również błędy abonentów, które w żadnym

przypadku nie mogą być miarą jakości procesu łączenia.

Przypadek 2. zawiera połączenia niedoszące do skutku z powodu braku wolnych dróg połączeniowych. Dla przypadków braku wolnych dróg połączeniowych istnieje specjalny miernik jakości, uwzględniający ilość organów połączeniowych. Według tej metody brak wolnych dróg połączeniowych wywiera wpływ na częstotliwość zakłóceń. Następuje przemieszanie oddziaływania na jakość sieci - małej ilości organów i niskiej ich jakości. Prócz tego względne liczby zakłóceń są coraz mniejsze przy wzroście braku wolnych dróg połączeniowych, ponieważ zakłócenia mogą się ujawnić tylko przy pewnej części wszystkich połączeń. W sieciach z licznymi przypadkami braku wolnych dróg połączeniowych byłaby więc częstotliwość zakłóceń wyraźnie mniejsza niż w sieciach o nieznacznym braku wolnych dróg połączeniowych. Miary jakości powinny być bezwarunkowo określone jednoznacznie i powinny być niezależne od innych wielkości.

Najpewniejsze wyniki przynosi metoda według pkt. 3. Prawidłowo do końca zestawione połączenia rozpoznawane są zawsze w czasie obserwacji jako połączenia bezusterkowe, a częstotliwość pojawiania się poszczególnych objawów nie wpływa na siebie wzajemnie. Częstotliwość zakłóceń odniesiona do ilości prawidłowo zestawionych połączeń wykazuje więc, na ile uszkodzeń narażony jest abonent przeciętnie na każde 100 dobrych połączeń.

Jednakże i ta metoda, zdefiniowana w punkcie trzecim, nie daje w pełni zadowalających wyników:

a) zmienna losowa powinna być zdefiniowana jako część zbiorowości generalnej,

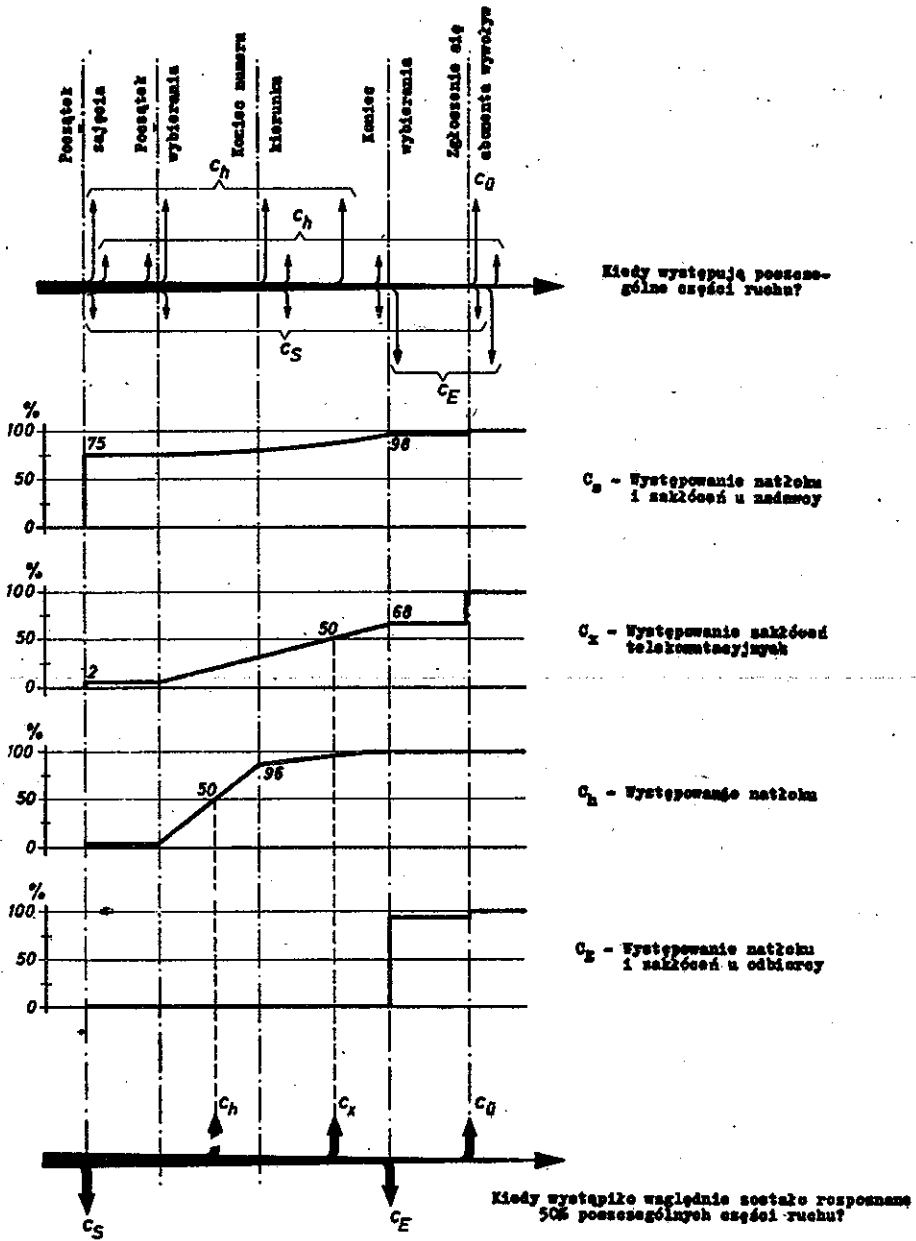
b) przy zestawianiu drogi połączeniowej najczęściej jeden typ uszkodzeń występuje po innym typie i na przykład połączenie bez zaliczenia opłaty może mieć miejsce przy złym jak i dobrym wybraniu numeru.

W celu umożliwienia dokonania analizy tych zjawisk celowe jest ustalenie podziału, w jakich momentach czasowych zestawiania połączenia występują poszczególne typy uszkodzeń. Wyjaśnione to jest w następnym rozdziale.

3. W i e l k o ś c i o d n i e s i e n i a d l ą p o s z c z e g ó l n y c h r o d z a j ó w z a- k ł ó c e ń.

a. Przed sprecyzowaniem wielkości odniesienia należy wyrobić sobie pogląd, w jakich momentach zestawiania połączenia występują poszczególne rodzaje uszkodzeń względnie, w jakich momentach można je rozpoznać. W tym celu przeprowadzono cały szereg obserwacji pracy ZIG. Wyniki przedstawione są na rys. 2.

W górnej części rysunku pokazano, w których momentach czasowych mogą w ogóle wystąpić poszczególne rodzaje zakłóceń. Na umieszczonych niżej czterech wykresach przedstawiono graficznie krzywe wypadkowe każdego rodzaju zakłóceń. Interesujący jest tu punkt przecięcia z prostą o rzędnej 50%. Odcięte przynależne do tych 50-procentowych punktów przecięcia służą za podstawy wykresu pokazanego na rysunku najniżej. Pokazuje on miejsca



Rys. 2. Kolejność występowania poszczególnych rodzajów zakłóceń

występowania przeważającej ilości poszczególnych rodzajów uszkodzeń. .

Zasadnicze spostrzeżenia, wynikające z omawianych wykresów, są następujące:

Zakłócenia spowodowane przez abonenta wywołującego (nadawcę) - część ruchu c_s - mogą wystąpić już przed rozpoczęciem wybierania numeru (niepotrzebne zajęcie organów centrali) lub w czasie wybierania (na przykład przedwczesne przerwanie zestawiania połączenia, rozłączenie z powodu zbyt długich przerw w czasie wybierania) i można je rozpoznać częściowo dopiero przy zgłoszeniu się abonenta wywoływanego (fałszywe połączenie z powodu omyłki w wybieraniu).

Zakłócenia o charakterze komutacyjnym - część ruchu c_x - mogą występować przed rozpoczęciem wybierania (na przykład połączenia "na trzeciego" w stopniu wybierania wstępnego), w czasie wybierania (na przykład połączenia "na trzeciego", przedwczesne zaliczanie) lub po skończonym wybieraniu (np. brak sygnału wywołania) i są często rozpoznawane dopiero po zgłoszeniu się odbiorcy względnie mogą występować dopiero po zgłoszeniu się odbiorcy (np. połączenia fałszywe pomimo prawidłowego wybrania numeru, brak zaliczania, rozłączenie).

Przypadki braku wolnych dróg połączeniowych lub natłoku (c_n) mogą występować już po zdjęciu mikrotelefonu z aparatu, a następnie podczas wybierania cyfr numeru aż do wysłania trzeciej od końca cyfry.

Zakamowania ruchu i zakłócenia u odbiorcy (c_E) poznaje się najczęściej po skończeniu procesu wybierania (a-

bonent wywoływany zajęty, abonent wywoływany nie zgłasza się).

Poszczególne zakłócenia tej części ruchu występują jednakże dopiero po zgłoszeniu się abonenta wywoływanego (np. zła zrozumiałość z powodu uszkodzenia urządzeń lub łącza odbiorcy).

Zakłócenia o charakterze teletransmisyjnym (c_u) występują prawie wyłącznie tylko w określonym stanie zestawiania drogi połączeniowej, mianowicie po zgłoszeniu się abonenta wywoływanego. Wobec tego, liczba zakłóceń teletransmisyjnych, występujących już w czasie zestawiania połączenia, np. silne szумы, jest pomijalnie mała. Najczęściej rozmówcy odczuwają te zakłócenia także w czasie rozmowy.

b. W szczególności zaobserwować można następujące procentowe ilości błędnych manipulacji abonentów względnie zakłóceń w nadawaniu:

abonent wywołujący odkłada przedwcześnie mikrotelefon (rozłączenie)	6,2%
rozłączenia z powodu zbyt długich przerw w wybieraniu numeru	0,8%
otrzymanie sygnału zajętości z powodu fałszywego wybierania (zła strefa, kierunek nieobsadzony)	0,5%
omyłkowe połączenie z powodu niewłaściwego wybierania	0,6%
c_s ogółem	<hr/> 8,1%

Ilość niepotrzebnych zajęć I WG nie została objęta powyższymi obserwacjami. Aby określić częstotliwość tych zajęć, liczy się w wielu dużych centralach na poszczególnych grupach stopnia IWG ilość zajęć ogółem (zadziałanie przekaźnika C) i ilość zajęć z wybieraniem numeru (uruchomienie przekaźnika P), przy wielokrotnej zmianie grup mierzonych. Wielkość próbki wynosiła 12000 zajęć. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że względna częstotliwość jałowych zajęć jest mocno zróżnicowana. Najmniejsza ilość wystąpiła na stopniu I GW, które wyłącznie osiągane były przez łącza z dużych central abonenckich (3,9%), a największa w tych grupach I GW, które prawie wyłącznie zajmowane były przez łącza pojedynczych abonentów (35%). Przeciętna ilość jałowych zajęć wynosi około 20%. Aby umożliwić włączenie powyższych liczb stosunkowych do rozważań, wartości procentowe pozostałych udziałów ruchu wyznaczonych przez ZIG zostały zmniejszone o 20%. (Prócz błędów manipulacji (c_s), obserwacja ruchu na stopniu I GW nie wykazuje znacznych odchyłeń od liczb określonych metodą ZIG, a więc przeliczenie to jest słuszne). Z ogólnej ilości 26,5% zakłóceń μ nadawcy (c_s), 75% występuje przed rozpoczęciem wybierania (jałowe zajęcie I GW), a 23% w czasie wybierania (przerwanie wybierania, rozłączenie z powodu za długich przerw w wybieraniu, otrzymanie sygnału zajętości z powodu wybierania niewłaściwego numeru), przy czym najczęściej połączenia zostają przerwane przy wybieraniu ostatnich cyfr numeru. 2% błędów rozpoznaje się u abonenta wywołującego dopiero po zgłoszeniu się abonenta wywoływanego (odbiorcy).

Obserwacje ruchu pozwoliły na stwierdzenie następujących zakłóceń o charakterze komutacyjnym:

α) Zakłócenia, które mogą występować w czasie zestawiania całego połączenia:

Połączenia "na trzeciego" lub podobne	7
Przedwczesne rozpoczęcie zaliczania	106
Brak sygnału wywołania pomimo wybrania pełnego numeru	439
	<hr/>
	552 - 63%

Ostatni rodzaj zakłóceń rozpoznawany jest wprawdzie dopiero po skończeniu wybierania. Przyczyną jego prawie nigdy nie jest błędna praca OPLW (pewien typ wybieraka liniowego), lecz z reguły nieprawidłowe działania jakiegoś innego, wcześniej zajętego organu.

β) Zakłócenia, które wystąpiły lub ujawniły się dopiero po zgłoszeniu się abonenta wywoływanego:

Połączenia omyłkowe pomimo poprawnego wybierania numeru	89
Brak zaliczenia opłaty	85
Nieprawidłowy rytm impulsów zaliczających	6
Rozłączenia	102
	<hr/>
	282 - 32%

γ) Zakłócenia, które wystąpiły już przed zajęciem ZIG i przeszkodziły w dalszym zestawianiu połączenia nie zo-

stały uchwycone obserwacjami. Ponieważ częstotliwość zakłóceń o charakterze komutacyjnym stanowi w ruchu miejscowym najwyżej 1/10 zakłóceń w ruchu automatycznym międzymiastowym, a z tego znowu tylko część może być odniesiona do błędów w stopniu wybierania wstępnego lub I GW, przeto można przyjąć, że względna częstotliwość nieuchwytnych zakłóceń komutacyjnych wynosi około 5% zakłóceń zauważalnych. Z tego 2% występuje przed rozpoczęciem wybierania, a 3% po wybraniu pierwszej cyfry.

Zakłócenia przed rozpoczęciem wybierania

(szacunkowo)

17 - 2%

Zakłócenia po wybraniu pierwszej cyfry

(szacunkowo)

26 - 3%

Suma wszystkich zakłóceń 877 - 100%

Przypadki zajętości dróg połączeniowych (zahamowania ruchu c_h) występują w bezwzględnie przeważającej części w czasie wybierania liczby kierunkowej. Wobec tego ilość przypadków braku wolnych dróg połączeniowych w stopniu wybierania wstępnego i w zakresie sieci miejscowej jest bardzo mała.

Zahamowania ruchu i zakłócenia u abonenta wywoływanego (c_E) znane są w większości przypadków po skończeniu wybierania (abonent zajęty, abonent nie zgłasza się). W związku z tym ilość zakłóceń, spowodowanych przez abonenta wywoływanego lub jego łącze, rozpoznawanych dopiero po jego zgłoszeniu jest znikomo mała.

W celu ustalenia jednoznacznych wielkości odniesie-

nia cech jakości przyjmuje się upraszczająco, że poszczególne udziały ruchu w określonym stanie budowy drogi połączeniowej występują samodzielnie i nie wywierają wpływu na wyznaczenie później wydzielanych części ruchu. Popełnia się tu pewien błąd natury ogólnej.

P r z y k ł a d

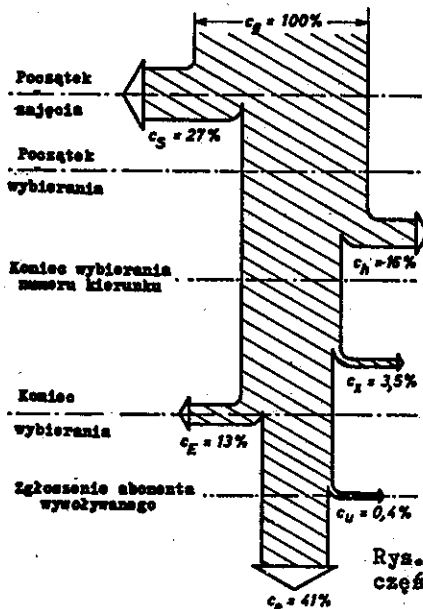
Przy wyznaczaniu współczynnika natłoku, odnosi się liczbę tych zahamowań ruchu do ogólnej ilości zaobserwowanych połączeń, po potrąceniu ilości błędnych manipulacji abonentów. Część błędnych manipulacji występuje jednak dopiero po zrealizowaniu połączenia przez wiele stopni wybierczych. W tych przypadkach połączenia te nadają się do ustalania stopnia zahamowań ruchu. Jeżeli liczba zakłóceń u nadawcy nie zostałaby uwzględniona w mianowniku współczynnika zahamowań ruchu, wtedy współczynnik ten miałby zbyt dużą wartość. Jeżeli przeciwnie, ilość zahamowań ruchu odniosłoby się do ogólnej liczby obserwowanych połączeń (włączając w nią zakłócenia u nadawcy), to otrzyma się za niski współczynnik zahamowań. Część prób połączeń nie wychodzi bowiem poza I GW i nie nadaje się z tego względu do wyznaczania ilości braku wolnych dróg połączeniowych.

c. Nie jest zatem możliwe podanie dokładnych wielkości odniesienia dla wszystkich analizowanych części ruchu. Można jedynie przyjąć takie wielkości odniesienia, przy zastosowaniu których obliczone udziały procentowe rozpatrywanych rodzajów ruchu są najbliższe udziałom rzeczywistym. Najmniejszy błąd popełni się wtedy, gdy dla

celów rachunkowych, przyjęty jako skoncentrowany w pewnym miejscu drogi połączeniowej udział ruchu, wydzieli się z całego ruchu w tym miejscu drogi, gdzie osiągnie on 50% swojej wartości. Z położenia tego miejsca wynika, że poszczególne części ruchu dadzą się wydzielić z całego ruchu w następującej kolejności względnie, że w takiej kolejności występują:

- c_s - natłok lub zakłócenia u nadawcy,
- c_h - natłok (brak wolnych dróg połączeniowych),
- c_x - zakłócenia o charakterze telekomutacyjnym,
- c_E - natłok lub zakłócenia u odbiorcy,
- c_u - zakłócenia teletransmisyjne.

Z rysunku 3 widać, jak duże są poszczególne udziały



Rys. 3. Obciążenie zakłóceniami części automatycznego ruchu dalekosiężnego

ruchu w międzymiastowej automatycznej sieci krajowej. Umożliwia to oszacowanie błędów, które występują przy nieprawidłowej definicji wielkości odniesienia.

4. D e f i n i c j e w e d ł u g N T G

Opierając się na powyżej przedstawionych wynikach, Towarzystwo Telekomunikacyjne (NTG) przyjęło tymczasowe następujące definicje, zamieszczone w tabeli na str. 29.

Przyjęte w tabeli indeksy poszczególnych symboli oznaczają:

- b - abonent zajęty
- d - połączenie wybrane nieprawidłowo
- E - zahamowania ruchu i zakłócenia u odbiorcy (b,k,LE, TE)
- e - połączenia zrealizowane (prawidłowo zestawione i wolne od zakłóceń)
- h - zahamowania ruchu (zajętości lub oczekiwanie)
- k - abonent nie zgłasza się
- L - zakłócenia spowodowane przez łącze abonenckie
- N - ogólna ilość obserwowanych połączeń
- n - połączenia nie doprowadzone do końca, z których abonent rezygnuje zanim centrala je rozpozna
- p - połączenie próbne
- r - połączenia przerwane
- S - zakłócenia u nadawcy (n,r,d,LS,TS)
- T - zakłócenia spowodowane urządzeniami abonenta
- u - zakłócenia teletransmisyjne (poza odbiorcą i nadawcą)
- x - zakłócenia telekomutacyjne.

Definicje przyjęte przez NTG

L. p.	N a z w a	Ozna- cze- nie wzoru	Równanie wg definicji	
			przy połączeniach przez abonentów	przy połą- czeniach próbnych
1	Współczynnik natłoku w łącznicy	G_h	$G_h = \frac{c_h}{c_e + c_u + c_E + c_x + c_h}$	$\frac{c_h}{c_p}$
2	Współczynnik zakłóceń telekomu- tacyjnych w łącz- nicy	G_x	$G_x = \frac{c_x}{c_e + c_u + c_E + c_x}$	$\frac{c_x}{c_p - c_h}$
3	Ogólny współ- czynnik zakłó- ceń w łącznicy	G_g	$G_g = \frac{c_x + c_h}{c_e + c_u + c_E + c_x}$	$\frac{c_x + c_h}{c_p - c_h}$
4	Współczynnik natłoku i zakłóceń w łącznicy	G_{hx}	$G_{hx} = \frac{c_h + c_x + c_u}{c_e + c_u + c_E + c_x + c_h}$	$\frac{c_x + c_u + c_h}{c_p}$
5	Współczynnik zakłóceń u nadawcy •	G_S	$G_S = \frac{c_h + c_x + c_d + c_{TS} + c_{LS}}{c_N}$ $= \frac{c_S}{c_N}$	
6	Współczynnik natłoku i zakłó- ceń u odbiorcy	G_E	$G_E = \frac{c_d + c_k + c_{TE} + c_{LE}}{c_b + c_k + c_{TE} + c_{LE} + c_e + c_u}$ $= \frac{c_E}{c_E + c_e + c_u}$	
7	Ogólny współ- czynnik natłoku i zakłóceń w łącznicy	G_N	$G_N = \frac{\text{suma wszystkich za-hamowań i zakłóceń}}{c_N}$ $= \frac{c_S + c_h + c_x + c_u + c_E}{c_N}$ $= \frac{c_N - c_e}{c_N}$	

E. Ocena poszczególnych rodzajów zakłóceń

1. W pozycji 7 tabeli zamieszczono w następujący sposób zdefiniowaną wielkość: "ogólny współczynnik natłoku i zakłóceń w łącznicy". Można tu postawić zasadnicze pytanie: czy w ogóle można sprowadzić do jednego wspólnego współczynnika zakłóceń poszczególne typy zakłóceń?

Poszczególne typy zakłóceń są interesujące przede wszystkim ze względów eksploatacyjnych. Ich poznanie umożliwia prowadzenie w racjonalny sposób zabiegów konserwacyjnych urządzeń.

Jeżeli jednak chce się porównać różne systemy i zachodzi potrzeba stosowania jednego wspólnego współczynnika, to należy zwrócić uwagę na to, że poszczególne typy uszkodzeń są odczuwane przez "użytkowników" sieci telefonicznej w sposób niejednakowy. Gdyby połączenia "na trzeciego" zdarzały się w przybliżeniu tak samo często jak inne zakłócenia, to byłyby one jednak o wiele bardziej uciążliwe dla abonentów.

Można tu przytoczyć następujący przykład.

Na skutek wypadków samochodowych w ciągu jednego roku zanotowano następujące rodzaje strat:

56000 uszkodzeń lakieru i blach, każde o wartości

50 DM

3000 poważnych uszkodzeń pojazdów

104 życia ludzkie

r. 59104 różnych wypadków.

Gdyby jednak zdarzyło się:

56100 uszkodzeń blach i lakierowania
 również 3000 poważnych uszkodzeń pojazdów
 ale tylko 4 wypadki śmiertelne

razem 59104 wypadki, to częstotliwość wypadków byłaby dokładnie tak samo duża jak poprzednio, pomimo że liczba wypadków śmiertelnych w drugim przykładzie jest znacznie mniejsza. Dla celów statystycznych bezpieczeństwa ruchu kołowego można tak samo dobrze bezkrytycznie sumować liczby wypadków, jak i liczby zakłóceń do określenia jakości eksploatacji środków łączności. Powstaje jednak pytanie, ile uszkodzonych karoserii jest równoważne jednemu wypadkowi śmiertelnemu. W przypadku sieci łączności: jaka ilość nie w pełni zestawionych połączeń (brak sygnału wywołania) będzie odczuwana przez abonenta w tym samym stopniu co jedno połączenie "na trzeciego"; na przykład przez kupca przy podejmowaniu decyzji handlowych, przez inżyniera przy omówieniu zagadnień patentowych, przez posła interweniującego w jakiejś sprawie politycznej.

Bezpośrednie, bezkrytyczne sumowanie liczb różnego rodzaju zakłóceń nie ma sensu. W ten sposób sformułowana definicja wskaźnika częstotliwości zakłóceń miałyby także ten skutek, że w celu poprawienia tego wskaźnika nie byłoby sensu zwalczać poważne zakłócenia np. połączenia "na trzeciego" lub błędne zaliczanie rozmów, lecz jedynie zająć się uszkodzeniami najprostszymi. Liczba najprostszymi zakłóceń przewyższa bowiem wielokrotnie ilość zakłóceń skomplikowanych.

W celu umożliwienia ujęcia zagadnienia w sposób zbiorczy należy poszczególne rodzaje zakłóceń odpowiednio przewartościować. Można tego dokonać na podstawie opinii abonentów, zebranych ściśle według metod naukowych (statystycznych i psychologicznych). Ankietowaniem nie mogą w żadnym przypadku być objęci tylko użytkownicy central abonenckich, a więc np. właściciele firm, lecz należy zasięgnąć opinii u różnych grup abonentów, których ilość wyznacza się proporcjonalnie do rzeczywistej struktury abonentów. W stawianych pytaniach nie mogą być również ukryte sugestie, które pozwalałyby na uwy-puklenie lub ukrywanie pewnych skłonności do zakłóceń analizowanego systemu telekomunikacyjnego.

2. Przeprowadzona w tym celu ankieta u abonentów o dużym ruchu telefonicznym przyniosła następujące wyniki. Abonenci, którzy w ogóle potrafili ująć ujemne zjawiska automatycznego ruchu telefonicznego, tak określili procentowo udziały poszczególnych rodzajów zakłóceń:

$\alpha_1 = 9,3\%$ nie w pełni zestawione połączenia

$\alpha_2 = 10,0\%$ połączenia omyłkowe

$\alpha_3 = 18,3\%$ połączenia "na trzeciego"

$\alpha_4 = 12,6\%$ przerwy w połączeniach

$\alpha_5 = 11,4\%$ zakłócenia teletransmisyjne (tłumienie, szumy)

$\alpha_6 = 38,4\%$ brak wolnych dróg połączeniowych

100,0%

Powyższe wyniki badania opinii abonentów można w

pierwszym przybliżeniu uznać za równe takiemu podziałowi zakłóceń, jaki abonent odczuwa w dotychczasowych warunkach.

3. Z drugiej strony znany jest, na podstawie równocześnie przeprowadzonych obserwacji, faktyczny podział zakłóceń. Przedstawia się on następująco:

$\beta_1 =$	5,00%	nie w pełni zestawione połączenia
$\beta_2 =$	1,50%	połączenia omyłkowe
$\beta_3 =$	0,25%	połączenia "na trzeciego"
$\beta_4 =$	1,10%	przerwy w połączeniach
$\beta_5 =$	1,75%	zakłócenia teletransmisyjne (tłumienie, szumy)
$\beta_6 =$	88,40%	brak wolnych dróg połączeniowych
$\beta_7 =$	2,00%	brak lub nieprawidłowe zaliczanie
<hr/>		
	100,00%	zakłóceń

4. Stąd można wyprowadzić współczynniki przeliczeniowe, które podają, ile razy dotkliwiej abonent odczuwa występowanie określonego rodzaju zakłóceń w stosunku do ich udziałów rzeczywistych. Wynoszą one:

nie w pełni zestawione połączenia	$\alpha_1 =$	4
połączenia omyłkowe	$\alpha_2 =$	15
połączenia "na trzeciego"	$\alpha_3 =$	150
rozłączenia	$\alpha_4 =$	30
zakłócenia teletransmisyjne	$\alpha_5 =$	15
brak wolnych dróg połączeniowych	$\alpha_6 =$	2
brak lub nieprawidłowe zaliczanie	$\alpha_7 =$	20

Wartość współczynnika przeliczeniowego dla nieprawidłowego zaliczania została przyjęta empirycznie, ponieważ nie wszyscy abonenci dysponują licznikiem opłat, za pomocą którego byliby w stanie rozpoznać przedwczesne lub niedoszłe do skutku zaliczenie.

Suma tak przeliczonych udziałów zakłóceń nie będzie już nazywana współczynnikiem zakłóceń, lecz wielkością zakłóceń W.

Ahlstedt [4] zaproponował do obliczeń wielkości zakłóceń W następującą skalę współczynników przeliczeniowych:

A.	1) nie w pełni zestawione połączenia	1
	2) połączenia z niewłaściwym numerem	2
	3) niemożność prowadzenia rozmowy	20
B.	4) połączenia "na trzeciego"	200

5. W związku z powyższymi wywodami pozostaje jeszcze do wyjaśnienia i umówienia się:

a) czy współczynniki przeliczeniowe zostały wprowadzone do obliczeń,

b) jakie powinny one mieć liczbowe wartości.

Reasumując należy stwierdzić co następuje:

Trzecim parametrem, określającym jakość usług telefonicznych, jest liczba połączeń, dotkniętych zakłóceniami w procesie komutacji i sygnalizacji, spowodowanymi błędami w urządzeniach technicznych, odniesiona do określonej,

wg specjalnej definicji liczby połączeń, zrealizowanych w tym samym czasie. Parametr ten nosi nazwę współczynnika zakłóceń (także pewnego określonego rodzaju zakłóceń) i jest miernikiem jakościowych braków sieci telekomunikacyjnej.

F. Miary jakości

Jak już podano, istnieją 3 parametry będące wyrazem jakości usług:

- a) względny czas łączenia,
- b) współczynnik zahamowań,
- c) współczynnik zakłóceń, podany jako stosunek:

$$\frac{\text{złe objawy}}{\text{wielkości odniesienia}}$$

W ten sposób określona została właściwie nie "dobroć" usług, lecz stopień braku dobroci. Przejście na określenie dobroci jest możliwe wieloma sposobami

1) przez przyjęcie dobroci za 100%, a więc metodą współczynnika:

$$D_1 = 1 - G \text{ lub w ujęciu procentowym}$$

$$D_1 = 100 - G (\%),$$

2) przez wyrażenie odwrotności braku dobroci w skali logarytmicznej, jak to na przykład odbywa się przy określaniu tłumienności przesłuchu

$$D_2 = \ln \frac{1}{G} \text{ lub w wyrażeniu procentowym}$$

$$D_2 = \ln \frac{100}{G} (\%)$$

3) przez wyrażenie wzrastającej wartości zakłóceń przy pomocy funkcji wykładniczej

$$D_3 = e^{-W}$$

Porównując powyższe trzy rodzaje definicji "dobroci" należy uwzględnić następujące okoliczności.

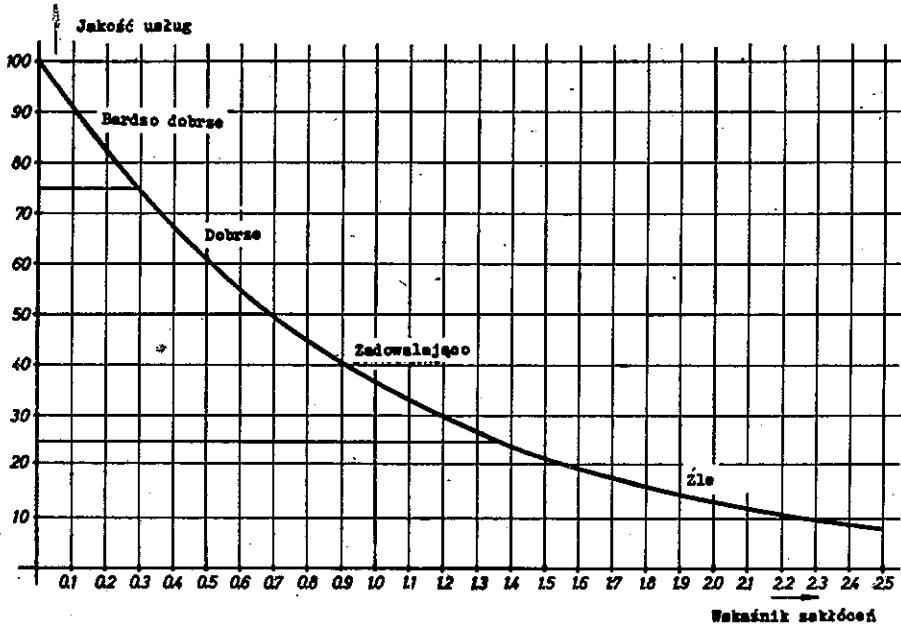
W istniejących sieciach telekomunikacyjnych ilość zakłóceń telekomutacyjnych waha się praktycznie w przedziale 1-5%. Ilość 0% oznaczałaby najwyższą dobroć, przy 10% byłoby już wyraźnie źle.

Definicja dobroci wg pkt. 1 jest niekorzystna, ponieważ wskaźnik dobroci wahałby się praktycznie w przedziale od 90 do 100%, przy czym poprawa z 95 na 97% byłaby bardzo ważna. Zjawisko to nie znajduje jednak żadnego widocznego wyrazu w zmianach liczbowych.

Zgodnie z definicją dobroci wg pkt. 2, ujęty logarytmicznie współczynnik dobroci zmienia się w przedziale od 0 do ∞ , przy czym szybkość zmian zależy od ustalonej podstawy logarytmicznej. Wadą tej definicji jest możliwość przekraczania przez współczynnik dobroci liczb 1 lub 100. Nie odpowiada to również utartym poglądom.

Przy definicji dobroci wg pkt. 3, współczynnik dobroci zmienia się w przedziale od 0 do 1 względnie przy wskaźniku 100 w przedziale od 0 do 100. Funkcja wykładnicza rozciąga szczególnie skalę współczynników dobroci dla małych udziałów zakłóceń. Tę definicję dobroci uważać więc można za najbardziej odpowiednią (rys. 4).

Ahlstedt doszedł do podobnych wniosków [4] i wybrał jako podstawę funkcji wykładniczej liczbę 1,2. Wybór



Rys. 4. Jakość usług w funkcji wskaźnika zakłóceń

tej liczby zależy jednakże od wielkości przyjętych współczynników przeliczeniowych „ λ ” i od tego, czy analizuje się dobroć automatycznego ruchu miejscowego, czy między-miastowego. W tej materii powinno się także sięgnąć do norm międzynarodowych.

IV. JAKOŚĆ USŁUG - JAKOŚĆ EKSPLOATACJI.

WIELKOŚCI ODNIESIENIA DLA DOBROCI EKSPLOATACJI

Zakłócenia są brakami o charakterze jakościowym sieci telefonicznej. Przy danym systemie telefonicznym są one zależne od nakładów na czynności eksploatacyjne (i ich jakości).

Tę wzajemną zależność wyrazić można za pomocą funkcji hiperbolicznej, to znaczy częstotliwość zakłóceń jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do kosztów eksploatacji. Stąd zaś wynika, że nie byłoby sensu zwiększać wydatki na eksploatację powyżej pewnej określonej wielkości. Znajdowanie się bowiem na dolnej, asymetrycznie przebiegającej gałęzi hiperboli i osiągnięte zmniejszenie częstotliwości zakłóceń, które byłoby zauważalne przez użytkowników, nie stoi w żadnym sensownym stosunku do wielkości poniesionych nakładów. Należy znaleźć odpowiedni punkt pracy na wspomnianej krzywej hiperbolicznej i za pomocą bieżącej kontroli jakościowej połączeń nie dopuszczać do przesunięcia się go w jedną lub drugą stronę. Wszystkie wymagania dotyczące jakości eksploatacji, które wyznaczają koszty eksploatacji centrali (głównie koszty osobowe) bez uwzględnienia osiąganego w ten sposób odpowiedniej dobroci usług, mijają się z celem. Koszty utrzymania (nakłady pracy) centrali nie są niezmiennymi i niezależnymi wielkościami, lecz pozostają związane z pewną intensywnością zakłóceń, która nie powinna być przekroczona. Rachunek kosztów eksploatacyjnych powinien wskazywać, ile kosztuje utrzymanie pewnej ustalonej górnej granicy częstotliwości zakłóceń, których doznaje ruch telefoniczny.

Prowadząc obserwację jakości usług można sprawdzić także skuteczność metod eksploatacji. Wszystkie centra-
le, dla których punkty pracy na wykresie leżą powyżej wymienionej wyżej granicy, wykazują za małą dobroć usług w porównaniu do poniesionych nakładów na utrzyma-

nie urządzeń. Praca przebiega w tych centralach:

- a) z nieodpowiednim personelem,
- b) z nieodpowiednimi narzędziami i przyrządami badawczymi,
- c) nieodpowiednimi instrukcjami prób i badań,
- d) w uciążliwych warunkach (na przykład przy wysokim stopniu zapylenia pomieszczeń).

Odwrotnie, za pomocą stałej obserwacji jakości usług możliwe jest ograniczenie kosztów utrzymania urządzeń w tych przypadkach, gdzie jakość usług wykracza ponad warunki przeciętne. Obiektywna obserwacja pozwala również na znalezienie słusznej podstawy do odpowiedniego wynagradzania i wyrażania uznania personelowi eksploatacji tej centrali, która wykazuje wysoki stopień jakości usług.

Dotychczasowe rozważania ujmowały pojęcie "jakości usług" z punktu widzenia użytkowników telefonów. Często jednak definiowane jest jeszcze pojęcie "jakości eksploatacji" z punktu widzenia zarządu telekomunikacji. Chodzi tu o koszty utrzymania urządzeń. Pod nakładami tymi rozumie się najczęściej koszty osobowe, co prowadzić może do nieporozumień. Udział w nakładach inwestycyjnych oraz rzeczowych i osobowych kosztach eksploatacji jest wzajemnie od siebie zależny. Jeżeli przyjęłoby się tylko część z nich, na przykład osobowe koszty eksploatacyjne jako miarę "dobroci eksploatacji", to można te koszty znacznie obniżyć, gdy:

a) urządzenia inwestowane wykonane będą z lepszych i droższych materiałów,

b) zastosuje się w szerszym zakresie części zamienne, a więc nastąpi przesunięcie kosztów eksploatacyjnych z osobowych na rzeczowe,

c) pogorszona zostanie jakość usług.

Taki sposób zdefiniowania "dobroci eksploatacyjnej" ma zastosowanie tylko z zastrzeżeniem lub inaczej mówiąc przy założeniu jednakowych innych warunków, włącznie z jakością usług.

Jeżeli założenia te zostaną utrzymane, "dobroć eksploatacyjna" nadaje się doskonale do porównań za pomocą kosztów eksploatacyjnych. Koszty te należy odnieść do wielkości centrali. Nie można tu jednak nie uwzględnić wpływu na wielkość centrali ilości organów łączeniowych, potrzebnych do załatwienia określonego ruchu telefonicznego. Dlatego najlepiej jest wyrazić wielkość centrali za pomocą wielkości ruchu.

Możliwość ruchowe centrali jest to zdolność przepuszczania ruchu o określonej ilości kierunków.

Istnieją dwie charakterystyczne wielkości:

a) ruch załatwiany "Y",

b) liczba cyfr wybierczych w układzie dziesiętnym "i" względnie przy wybieraniu kierunków w układzie nie dziesiętnym logarytm ilości kierunków.

Jeżeli przyrównałoby się centralę telefoniczną do pewnej płaszczyzny (na przykład zajmowana powierzchnia), to

szerokość tej centrali określana będzie przez wielkość przepływającego strumienia ruchu telefonicznego, a długość niejako przez ilość stopni wybierczych.

Okazuje się, że jest celowe odniesienie wszystkich danych o kosztach na centralę do wyrażenia:

Y . i . k

Ponieważ bieżące dane eksploatacyjne najczęściej obejmują okresy miesięczne, również Y powinien w takich przypadkach obejmować załatwiany ruch w ciągu miesiąca.

Aby otrzymać dogodne wartości liczbowe, wyraża się Y w kilo Erlango-godzinach. Współczynnik k ma wartość stałą i zazwyczaj równy jest 1.

Do tego, w generalny sposób ujętego mianownika, można odnieść wszystkie występujące w eksploatacji wielkości:

a) ilość roboczogodzin Z w miesiącu; stąd otrzymuje się wskaźnik pracochłonności

$$P = \frac{Z}{Y \cdot i \cdot k} ;$$

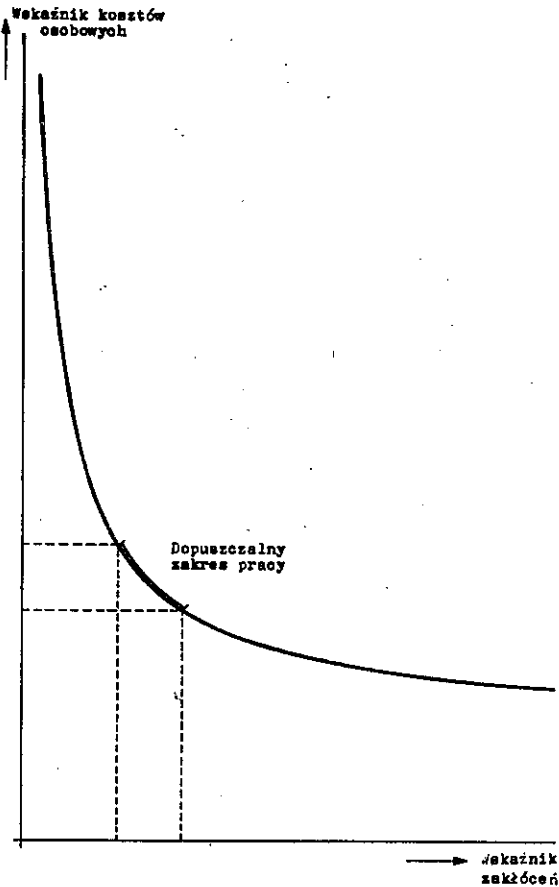
b) liczbę usuniętych uszkodzeń f; stąd otrzymuje się wskaźnik uszkodzeń

$$F = \frac{f}{Y \cdot i \cdot k} ;$$

- c) koszty rzeczowe za okres miesięczny;
- d) zużycie energii elektrycznej;
- e) całkowite koszty eksploatacji - itd.

Należy pamiętać o czym już wspomniano, że przy pomocy tych wskaźników nie można porównywać pracy central telefonicznych, o ile nie uwzględni się jakości świadczonych usług.

Wskaźnik pracochłonności pozwala jednakże na ustalenie użytecznej wartości rzędnej na rys. 5, ponieważ po-



Rys. 5. Zależność intensywności zakłóceń od nakładów na utrzymanie

daje wielkość kosztów osobowych, przy których osiąga się pożądaną jakość świadczonych usług.

V. METODY OBSERWACJI

Jak już podano w rozdz. 1, istnieją dwie podstawowe metody sprawdzania jakości pewnej rzeczy:

- 1) bada się próbkę w normalnym użytkowaniu,
- 2) poddaje się próbkę sztucznemu obciążeniu i obserwuje jej zachowanie się.

Wyniki badań według pierwszej metody są bliższe rzeczywistości. Druga metoda stwarza możliwości regulowania obciążenia, dostosowania się do różnych sposobów badań, a tym samym wykonanie prób i badań przy jak najmniejszych kosztach. Wyniki otrzymane według obu metod badań są jednak najczęściej nieporównywalne. Obie powyższe możliwości przeprowadzania badań nadają się również do ustaleń intensywności zakłóceń. Pierwsza metoda nosić będzie nazwę w niniejszym artykule "obserwacja dobroci usług", a druga "połączenia próbne".

A. Obserwacja jakości usług

Obserwacja ma na celu ustalenie jakości usług np. telefonicznych, teleksowych, świadczonych w pewnym określonym obszarze.

Takie ustalenie jakości przeprowadzić można sposobem w pełni automatycznym. Objawy zakłóceń są tak różnorodne, często tak nieoczekiwane, że rzeczywiste badanie dobroci usług wymaga dobrze przeszkolonego personelu.

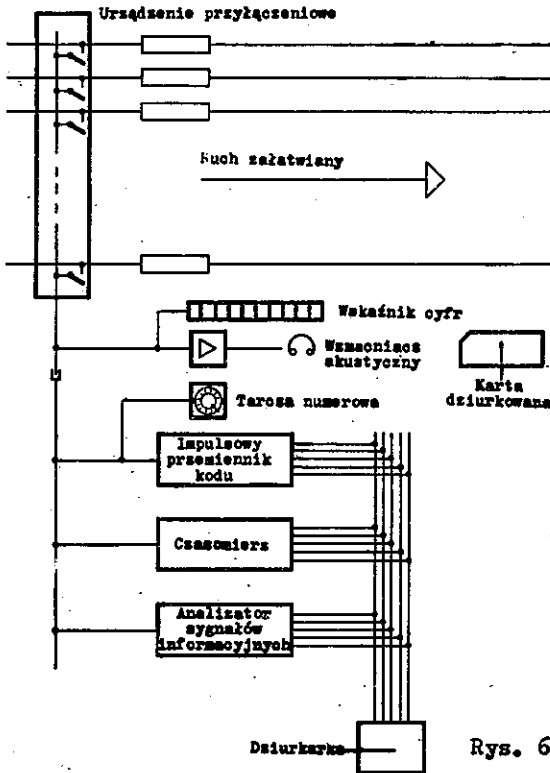
Tak, jak każdego pracownika zatrudnionego w technice

pomiarowej, powinna go cechować spostrzegawczość, także przy dłuższym czasie pracy, talent obserwacji i poczucie obowiązku. Konieczna jest gruntowna znajomość przebiegów łączeniowych, umożliwiająca prawidłowe ustalanie typów zakłóceń. Nieodpowiedni obserwator nie rozpoznaje często sporadycznie występujących zakłóceń (może być także nakłaniany przez nieodpowiedzialnego zwierzchnika do nierozpoznawania zawsze wszystkich zakłóceń), przez to badany fragment sieci wykazuje wyraźnie wyższą jakość. Także odnośnie formy organizacyjnej badań należy postawić pewne wymagania: pracownik przeprowadzający badania nie powinien podlegać (co najmniej na dolnym szczeblu) komórce organizacyjnej, odpowiedzialnej jednocześnie za planowanie i utrzymanie sieci.

Same urządzenia badaniowe powinny być stosunkowo proste. W przypadkach nagłych wystarczy przyrząd rejestrujący cyfry i słuchawki nagłównne. Ponadto konieczne jest urządzenie przyłączeniowe, umożliwiające obserwatorce przyłączenie się, po ukończeniu jednego badania do następnego połączenia, na które składa się cały szereg różnych organów przyłączeniowych. W ten sposób podnosi się znacznie wartość materiałów badaniowych.

Dobre urządzenie badaniowe, jak ilustruje rys. 6, zawiera ponadto: wzmacniacz akustyczny, analizator sygnałów informacyjnych i tarczę numerową do wybierania własnych połączeń próbnych. Zrealizowanie właściwego połączenia z powodu złego działania organów centrali można tylko wtedy odróżnić od połączenia powstałego przez nieprawidłowe wybranie numeru przez abonenta, gdy obserwa-

torka osobiście wybierze cyfry numeru w celu zrealizowania połączenia próbnego, które aparat rejestrujący wskazał jako połączenie z numerem, wybranym przez abonenta.



Rys. 6. Urządzenie badaniowe

Jeżeli w tym przypadku zgłosi się ponownie ten sam abonent, to można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że w badanym połączeniu abonent wybrał niewłaściwy numer. Dalej potrzebny jest stoper lub inny miernik czasu w celu ustalenia opisanych już poprzednio części czasu straconego, a co najmniej stwierdzenia prawidłowości rytmu impulsów zaliczających. Dalsze wyposażenie badającego uzależnione jest od przyjętej metody badań względ-

Numer kierunkowy i numer abonenta wywołanego nie wykorzystano

FA KVSt V S MeB Gt. An BD

AG 88
BADANIE RUCHU-SWFD
KA 01

Uwagi: Objasnienia wyników o listach kodowych 10, 30, 40, 50, 60 i 90

Mies.	Rok	AG	Rodnej karty
			AG
		00000000	00000000
		11111111	11111111
		22222222	22222222
		33333333	33333333
		44444444	44444444
		55555555	55555555
		66666666	66666666
		77777777	77777777
		88888888	88888888
		99999999	99999999

DBP 248 4 61

NUMMEL KG MAGSTADT

FA KVSt V S MeB Gt. An BD

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Leerstriche

Wynik

0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1

2 2 2 2 2 2 2 2 2

3 3 3 3 3 3 3 3 3

4 4 4 4 4 4 4 4 4

5 5 5 5 5 5 5 5 5

6 6 6 6 6 6 6 6 6

7 7 7 7 7 7 7 7 7

8 8 8 8 8 8 8 8 8

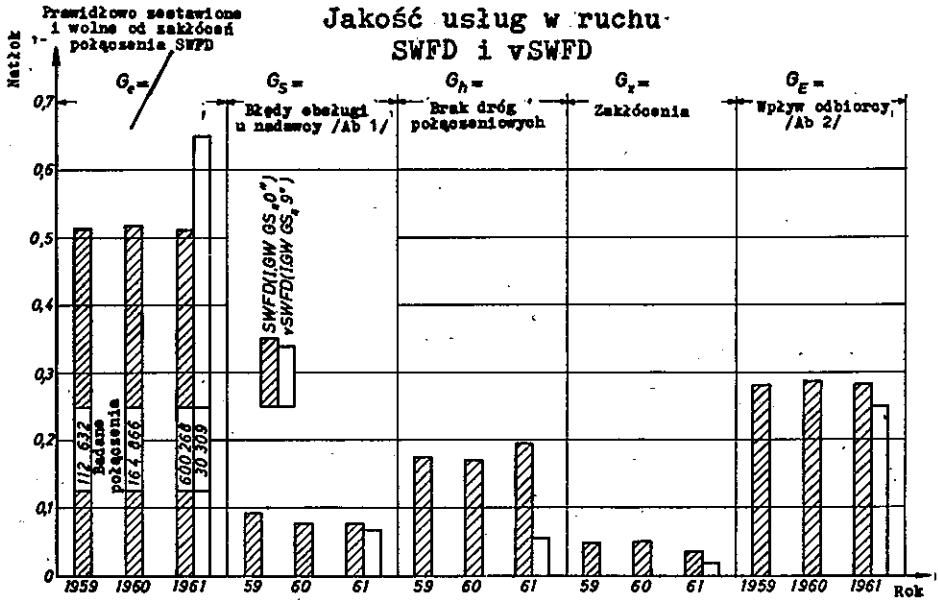
9 9 9 9 9 9 9 9 9

FA KVSt V S MeB Gt. An BD

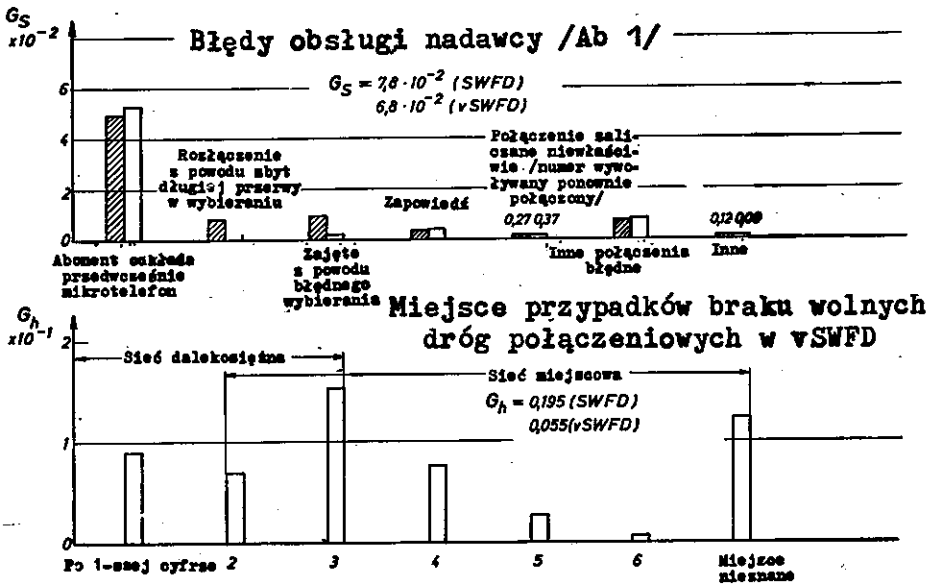
1 2 3 4 5 6 7 8 9

Objasnienia wyników o listach kodowych 10, 30, 40, 50, 60 i 90

Rys. 7. Karta dziurkowana do badań jakości usług telefonicznych



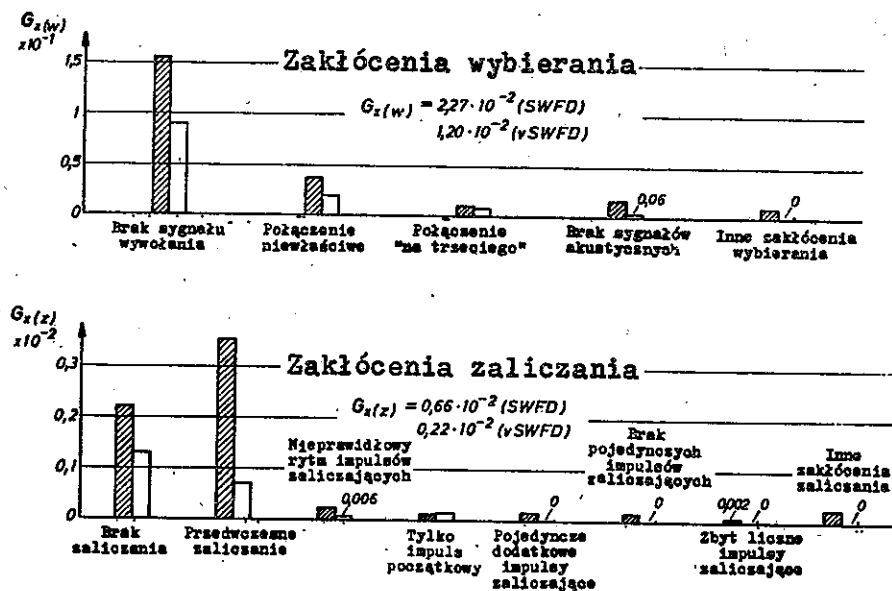
Rys. 8. Jakość usług w ruchu SWFD i vSWFD w 1959 - 1961 r. Udziały odpowiednich rodzajów zakłóceń



Rys. 9. Podział zakłóceń G_s i G_h na podgrupy

nie od tego, czy część danych jak czas badania, wszystkie występujące czasy cząstkowe, wybrane cyfry powinny być zarejestrowane automatycznie w drodze zapisu maszynowego.

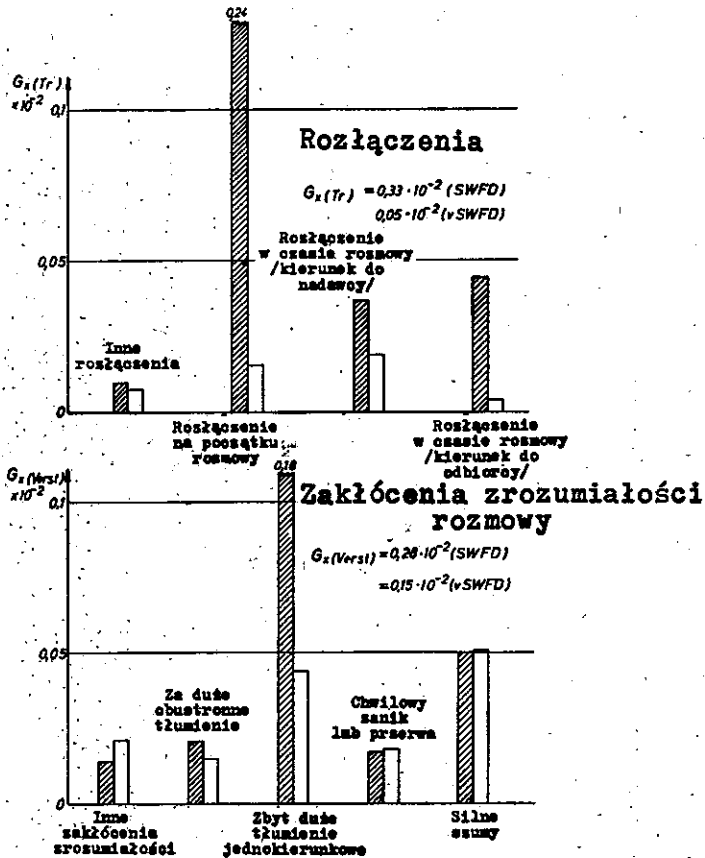
Do oceny uzyskanych danych badaniowych, jak do analiz procesów masowych, nadaje się najlepiej automatyczny system przetwarzania danych. Przede wszystkim nadaje się on do zapisu danych na kartach dziurkowanych, jeżeli chodzi tylko o serie cyfr wybranych przez abonentów i liczby zakodowane, odpowiadające różnym rodzajom zakłóceń. Rejestracja różnorodnych czasów cząstkowych tym systemem byłaby zbyt pracochłonna. Sprawdzenie prawidłowości rytmu impulsów zaliczających pozostawia się bada-



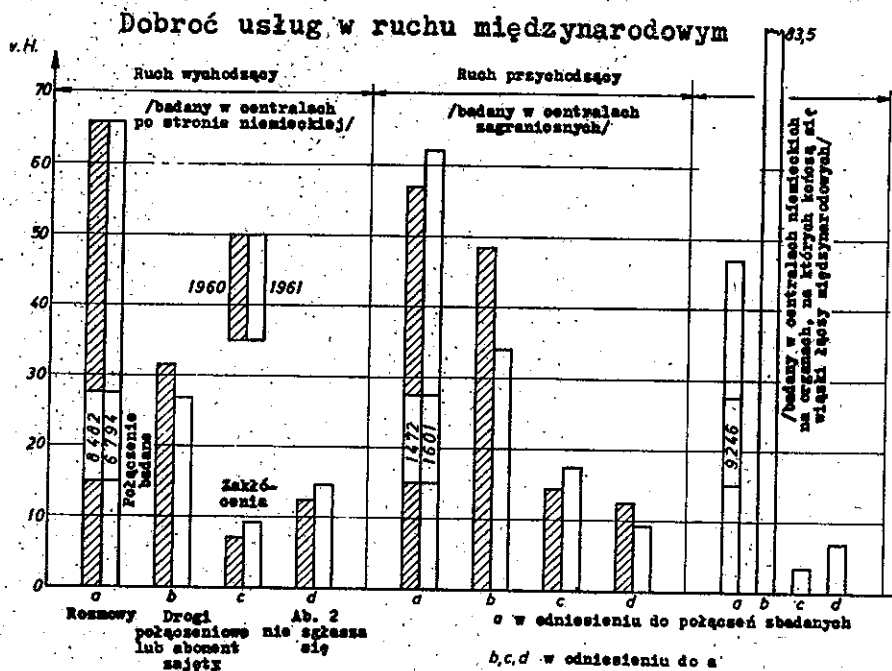
Rys. 10. Podział zakłóceń "zakłócenia wybierania" i "zakłócenia zaliczania" na podgrupy

jącemu. Na rys. 7 pokazano wzór, stosowanej obecnie do tego celu karty dziurkowanej.

Aby uzyskać ocenę czasów cząstkowych i uczynić badanie jakości usług jeszcze skuteczniejsze, czyni się starania wyprodukowania urządzenia badaniowego w nowym wykonaniu. Aparat ten powinien umożliwić rejestrację wszystkich automatycznie uzyskanych danych ruchowych, łącznie z czasami cząstkowymi w formie zapisu cyfrowego, któ-



Rys. 11. Podział zakłóceń "rozłączenia" i "zakłócenia zrozumiałości rozmowy" na podgrupy



Rys. 12. Jakość usług w ruchu międzynarodowym na podstawie niemieckich i zagranicznych badań

ry mógłby być wprost odczytany przez analizator cyfrowy.

W charakterze nośnika danych najlepiej stosować przy dzisiejszym stanie techniki taśmę perforowaną. Badający potrzebuje potem jeszcze tylko podać zakodowaną liczbę danego rodzaju zakłóceń, do czego wystarczy tarcza numerowa, ponieważ przemiennik kodu, zamieniający serie impulsów z tarczy numerowej na kod taśmy dziurkowanej jest i tak potrzebny w aparacie rejestrującym. Dalszy rozwój metod analizy jakości usług potwierdzi niewątpliwie opisany kierunek opracowań.

Obecnie z powodzeniem stosuje się szeroko karty dziurkowane. Dotychczas otrzymano już wyniki z 600000 badań. Można się z nimi zapoznać na rys. 8 + 12.

B. Zestawianie połączeń próbnych

Podobnie jak w metodzie pierwszej, także i w metodzie "połączeń próbnych" dokonuje się badania wybranych połączeń. Różnica polega przede wszystkim na tym, że istnienie możliwość zestawienia w stosunkowo krótkim czasie dużej ilości połączeń i automatycznego zbadania całego szeregu różnych rodzajów zakłóceń.

W metodzie "połączeń próbnych", badający dysponuje odbiornikiem (i nadajnikiem), ma więc możliwość wywierania wpływu na ich pracę, przez co uzyskuje się następujące korzyści:

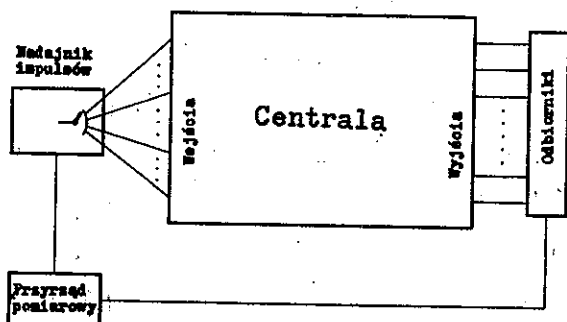
- 1) badania można przeprowadzać przy parametrach granicznych,
- 2) można kontrolować określone kierunki ruchu,
- 3) po stwierdzeniu zakłócenia można połączenie przytrzymać i szukać defektu.

Możliwości te nie powinny jednak nakłaniać badającego do stosowania w tej metodzie aparatu probierczego jednego rodzaju. Do badań próbnych nadają się najlepiej specjalne automatyczne urządzenia probiercze, zwane rutinerami. Metoda "połączeń próbnych" nie może i nie powinna służyć do czego innego, jak tylko do przeprowadzania uzupełniających badań jakości usług w tych fragmentach sieci, w których obserwacja jakości pracy przez badającego byłaby zbyt pracochłonna, np. w miejscowej służbie telefonicznej.

Metoda połączeń próbnych posiada jednak poważną wadę. Rozdział rzeczywistego ruchu na poszczególne kierun-

ki nie może być nigdy, nawet w przybliżeniu, sztucznie odtworzony. Wynika stąd, że wpływ działania aparatów telefonicznych (w granicach tolerancji), a w szczególności urządzeń central abonenckich, od których i do których płynie przeważająca część ruchu telefonicznego jest nieuchwytny. Wyniki badań, uzyskane według metody połączeń próbnych, nie są więc porównywalne z wynikami obserwacji jakości świadczonych usług. Porównanie wyników może mieć tylko miejsce między różnymi seriami połączeń próbnych, wykonanymi w tym samym miejscu, do tych samych numerów probierczych, lecz w innym czasie. Otrzymane liczby z badań nie nazywa się również miarą jakości usług, lecz wynikami z połączeń próbnych. Pozwalają one jednak na wyrobienie sobie pełnego poglądu, w których miejscach sieci należy poprawić eksploatację względnie, w których miejscach i w jakich centralach w rozpatrywanym czasie można zaoszczędzić na kosztach eksploatacji.

Urządzenie do wykonywania połączeń próbnych jest z natury rzeczy bardziej skomplikowane od urządzenia do obserwacji jakości usług. Składa się ono zasadniczo z trzech części (rys. 13).



Rys. 13. Urządzenie do połączeń próbnych

1) z automatycznego nadajnika numerów, który jest w stanie wysłać w jednym cyklu badaniowym cały szereg uprzednio ustalonych numerów,

2) z automatycznego urządzenia probierczego, które jest w stanie rozpoznać i wskazać zakłócenia,

3) z automatycznego odbiornika, który przyłączany jest do określonej wiązki wyjść z centrali. Wyjścia te muszą być identyczne z wyjściami, wybranymi przez nadajnik.

Urządzenie do połączeń próbnych jest przyłączane do wielu wejść, rozrzuconych celowo w kilku grupach organów wejściowych do centrali i zestawia połączenia od tych wejść różnymi drogami do również rozrzuconych w centrali numerów probierczych. Zależnie od chwilowych stanów zajętości poszczególnych łączy w całej sieci, połączenia próbne przebiegają każdorazowo przez różne organy komutacyjne. Stąd staje się jasne, że zestawianie połączeń próbnych ma jedynie sens w okresie największego ruchu. W przeciwnym przypadku wszystkie połączenia próbne przebiegałyby zawsze tylko przez pierwsze pozycje wyjściowe poszczególnych wybieraków i osiągałyby tylko część urządzeń.

Rozwijanie i kształtowanie pod względem konstrukcyjnym urządzeń do badania dróg połączeniowych jest trudne. Rozpoznawanie połączeń "na trzeciego", analiza szumów, a w szczególności krótkich trzasków (szumy wybieraków) nastroczą wiele technicznych problemów.

Reasumując należy stwierdzić następujące cechy metody połączeń próbnych:

a) do czysto statystycznych ustaleń niepotrzebny jest personel obsługujący urządzenia probiercze ewentualnie tylko dorywczo w celu odszukania uszkodzenia;

b) można ją stosować do rozpoznawania przedtem już znanych rodzajów zakłóceń;

c) nie pozwala wykryć błędów lub trudności manipulacyjnych zarówno abonentów indywidualnych, jak również takich objawów spowodowanych przez przyłączone centrale abonenckie;

d) nie odtwarza rzeczywistego rozplywu ruchu.

VI. MOŻLIWOŚCI USTALANIA WIELKOŚCI EKSPLOATACYJNYCH

Wielkości, dające się ustalić obiektywnie:

wielkości o układzie
ciągłym

wielkości o układzie
dyskretnym (ocena
alternatywna)

Wielkości te można:

mierzyć

liczyć

Występują jako:

- 1) czasy
- 2) wielkości teletransmisyjne

objawy telekomu-
cyjne

A. Wielkości o układzie ciągłym

1. C z a s y

Czas mierzy się:

a) w ruchu ręcznym jako:

czas oczekiwania,
czas zestawiania połączenia,
czas rozmowy,
czas rozłączenia,

b) w ruchu automatycznym jako:

czas do rozpoczęcia wybierania numeru,
czas przerwy między dwiema seriami impulsów,
czas na słuchanie sygnału zgłoszenia sieci miejscowej,
czas na słuchanie sygnału zajętości,
czas na słuchanie zwrotnego sygnału wywołania, gdy abonent wywoływany nie zgłasza się,
czas między pierwszym wywołaniem i zamknięciem pętli obwodu abonenta wywoływanego,
czas między zamknięciem pętli obwodu abonenta wywoływanego i początkiem zgłoszenia akustycznego,
czas przebiegu sygnału początkowego,
czas oczekiwania rejestru (czas między zajęciem i gotowością do wybierania)
itd.

2. Wielkości teletransmisyjne

Wielkości teletransmisyjne odgrywają rolę jako: tłumienie, zniekształcenia tłumieniowe, opóźność, zniekształcenia opóźnieniowe, napięcia zakłócające, napięcia szumów, tłumienie przesłuchu, harmoniczne itd.

Możliwość mierzenia wielkości teletransmisyjnych za pomocą analogicznie wskazujących przyrządów prowadzi do wszechstronnego rozwoju techniki pomiarowej i wielorakich metod pomiarowych w teletransmisji.

B. Wielkości o układzie dyskretnym

Wielkości o układzie dyskretnym występują jako objawy telekomutacji w formie:

kartek zamówień rozmów,
 rozmów związanych z przygotowaniem połączeń,
 przypadków zajętości,
 przypadków nie zgłaszania się abonenta,
 błędów w zaliczaniu,
 blokad,
 rozłączeń,
 połączeń omyłkowych,
 niecałkowicie zestawionych połączeń itd.

Do podstawowych należą występujące w dużej ilości pojedynczo objawy tego samego lub podobnego rodzaju. Zakłócenia w połączeniach występują jako część zbiorowości, a więc pewien typ zakłóceń stanowi grupę cząstkową (zmienna przypadkowa). Z powodu możliwości zliczania zmiennej przypadkowej o układzie dyskretnym można przesądzić z

góry, że analiza odbywać się będzie metodami cyfrowymi.

1. N a r z ę d z i a l i c z e n i a

W charakterze narzędzi liczenia używane są:

- a) arkusze i listy obliczeniowe,
- b) liczniki elektromechaniczne,
- c) elektroniczne lampy zliczające,
- d) maszyny przetwarzania danych.

2. O d c z y t

Odczyt może następować:

- a) bezpośrednio przez personel obsługujący i zapis ręczny,
- b) przez fotografowanie,
- c) przez drukowanie,
- d) za pomocą kart dziurkowanych lub taśm dziurkowanych,
- e) przez rejestrację magnetyczną lub elektryczną.

3. L i c z e n i e

Samo liczenie przebiega w następujący sposób:

- a) rozpoznawanie pojedynczych zdarzeń,
- b) porządkowanie pojedynczych zdarzeń w grupy cząstkowe,
- c) sortowanie na grupy cząstkowe,
- d) zliczanie poszczególnych zdarzeń w każdej grupie cząstkowej.

4. S o r t o w a n i e

Po rozpoznaniu poszczególnych objawów, w zależności od tego czy wykonuje się prace ręcznie lub automatycznie, można:

- a) prowadzić zapis w układzie tabelarycznym,
- b) stosować małe urządzenia sortujące z licznikami,
- c) rejestrować tylko pojedyncze objawy, a sortowanie pozostawić obróbce późniejszej możliwie zmechanizowanej.

W przypadku stosowania metody według punktu b) poszczególne objawy giną w sumie zdarzeń. Otrzymuje się w zasadzie w charakterze wyników tylko sumy liczb, tzn. wyniki według jednego kryterium sortowania.

5. S o r t o w a n i e w g w i e l u k r y t e r i ó w

Zasadniczo szczegółową ocenę objawów uzyskać można metodą podaną w punkcie 4c), stosując maszyny do przetwarzania danych. Poza tym umożliwia to dobre rozdzielanie funkcji aparatów rejestrujących i analizujących. Duża ilość aparatów rejestrujących może być zwolniona z funkcji analizowania, pozwalając jednak na zapis przebiegów ruchowych, w formie dającej się odczytać w sposób mechaniczny. Centralny aparat analizujący przyjmuje opracowanie zarejestrowanych danych według różnych zasad, na przykład połączenia omyłkowe z wszystkich central w ruchu do Hamburga itd. Rozmowy i zakłócenia można także

pogrupować według rejonów ich początku i końca, a mianowicie:

a) zapotrzebowanie na rozmowy - stąd otrzymuje się wskaźnik zainteresowania,

b) przypadki zajętości - stąd uzyskuje się ocenę ilościowego wyposażenia określonych central i obszarów sieci,

c) zakłócenia - stąd otrzymuje się ocenę stanu jakościowego określonych central i obszarów sieci.

6. M i e r n i k i j a k o ś c i d u ż y c h o b s z a r ó w s i e c i

Specjalnej uwagi wymaga sposób budowy mierników jakości większych obszarów. Z liczb procentowych nie można wyprowadzić żadnych wartości przeciętnych. Należy powrócić do wartości absolutnych, które można sumować (średnia ważona).

Przyjmijmy, że na obszarze sieci Hamburga stwierdzono współczynnik zakłóceń pewnego rodzaju równy $4 \cdot 10^{-2}$, a na obszarze Lubeki tylko w wysokości $2 \cdot 10^{-2}$. Współczynnik zakłóceń rejonu Hamburga - Lubeka nie wynosi w żadnym przypadku $\frac{4 + 2}{2} \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 10^{-2}$. Z central obszaru Hamburga przeprowadzono w ciągu roku około 37 mln. rozmów. Zgodnie ze stwierdzonym współczynnikiem, ilość tego typu zakłóceń wynosiła 1,48 mln. Na obszarze Lubeki, przy 7 mln. rozmów miało miejsce 0,14 mln. zakłóceń. Na wspólnym obszarze sieci Hamburg-Lubeka przypadło więc

44 mln. rozmów, 1,62 mln. zakłóceń; odpowiada to współczynnikowi zakłóceń $3,68 \cdot 10^{-2}$.

C. Iloczyny wielkości o układzie ciągłym i o układzie dyskretnym

W dziedzinie telekomutacji, nadają się do pomiarów analogowych tylko takie wielkości, które zawierają czas, jak czas oczekiwania, czas zajętości itd. Odnosi się to także do wielkości ruchu, a mianowicie w postaci sumy czasów:

$$y = \sum_{i=1}^{i=c} t_i = c \cdot t_m$$

Liczba stanów zajęć "c" nie zostaje przy tym ujęta. Można także liczyć wielkość ruchu, gdy zmierzy się przedtem średni czas t_m .

VII. Stopień pewności wyników

A. Podstawy teoretyczne

Najpewniejszą ocenę pewnej zbiorowości generalnej można przeprowadzić wtedy, gdy zbada się wszystkie zdarzenia tej zbiorowości. Jeżeli wymagana jest gwarancja ustaleń, sięga się również w obliczeniach masowych do metody, ujmującej wszystkie zdarzenia. Do przeprowadzenia odpowiedniego rachunku w dziedzinie telefonii, rejestruje się faktyczną liczbę jednostek rozmów, zaliczanych na

każde łącze abonenckie. Wyposaża się każde łącze abonenckie we własny licznik i nie stosuje się metody próbki losowej, gdzie licznik odczytywany jest na przykład tylko cztery razy w ciągu roku.

Nie zawsze jednak jest możliwe do statystycznych ustaleń analizowanie wszystkich zaistniałych zdarzeń. W celu sprawdzenia wytrzymałości śrub w partii liczącej 100000 sztuk, byłoby nierozsądne rozerwać wszystkie 100000 śrub, aby stwierdzić, ile z nich wytrzymałoby określone obciążenie. Ale również do ustaleń, nie wymagających zniszczenia próbki nie stać nas jest często na koszty niepotrzebnie wysokiej pewności oceny. Bada się więc w takich przypadkach nie całą zbiorowość generalną, lecz tylko próbkę tej zbiorowości i wnioskuje się z wyników badań próbki o cechach całej zbiorowości. Ma to miejsce także wtedy, gdy w ciągłym procesie zdarzeń chce się wnioski z zachodzących zdarzeń odnosić do zdarzeń, które mają nastąpić w przyszłości,

Zdarzenia z czasu przeszłego stanowią uchwytłą próbkę zbiorowości generalnej, rozciągającej się w przyszłość. Należy starać się zawsze o to, aby próbka zbiorowości generalnej była reprezentatywna.

W pewnym amerykańskim Instytucie do Badania Opinii Publicznej popełniono na początku działalności poważny błąd. Osoby, u których zasięmano informacji, wybrane zostały z książki telefonicznej. Nie uwzględniono przy tym, że sfera abonentów telefonicznych nie reprezentuje w żadnym przypadku całego społeczeństwa, natomiast już sama w sobie stanowi pewien wybór określonej warstwy społecznej.

Próbki ruchu telefonicznego muszą więc być pobierane z takich organów łączeniowych, na których obserwuje się przebiegi najbardziej reprezentatywne dla całego ruchu.

Od czego zależy pewność oceny takiej reprezentatywnej próbki? Laik często uważa, że strumień ruchu jest tak duży w stosunku do próbki pobranej do oceny dobroci usług, że uniemożliwia to w ogóle jakąś wypowiedź o jakości załatwiania całego ruchu.

Przy rozwiązywaniu zadania wyznaczenia zawartości soli w wodzie np. Morza Północnego, odpowiadałoby to mniej więcej pomysłowi przepompowania całego morza i znalezienia tym sposobem ogólnej ilości soli.

Pewność oceny ustaleń, uzyskanych metodą próbki, nie zależy zupełnie od wielkości zbiorowości generalnej (Morza Północnego) lecz od wielkości próbki względnie przy układzie dyskretnym od bezwzględnej liczby rozpatrywanych zdarzeń. Przy analizowaniu jakości usług, miarodajna jest natomiast do stwierdzenia pewności oceny nie ilość zaobserwowanych połączeń z powodu zaistniałego tu rozkładu, lecz tylko liczba stwierdzonych przy nich zakłóceń.

Zadanie polega więc w końcu na tym, aby stwierdzoną ilość zakłóceń analizować w pewnej ustalonej próbce pod kątem pewności oceny.

B. Układy dyskretne: rozkład dwumianowy, rozkład Poissona. Ufność statystyczna; przedział ufności w rozkładzie Poissona

Zakłada się, że w centrali telefonicznej występuje pewien typ zakłóceń z prawdopodobieństwem $p = 1,6\%$. Przy $N = 1000$ zaobserwowanych połączeń, można spodziewać się więc $N \cdot p = 16$ takich zakłóceń. Jeżeli rozpatrywać się będzie istotnie każdą grupę 1000 połączeń z wielu takich grup, to okaże się, że dokładna liczba 16 zakłóceń wystąpi dosyć rzadko. Ilość zakłóceń w każdym 1000 połączeń obraca się dookoła liczby 16.

Ogólnie zjawisko to można wyrazić następująco:

1) jest możliwość jednoznacznego stwierdzenia, czy zakłócenie zdarzy się lub nie (ocena alternatywna),

2) istnieje określone prawdopodobieństwo p tego, że zakłócenie wystąpi (to znaczy względna częstotliwość występowania zakłóceń pokrywa się z prawdopodobieństwem p).

Przy tych założeniach stwierdza się nie zawsze dokładnie $\mu = N \cdot p$, lecz ogólnie n zakłóceń, przy czym prawdopodobieństwo stwierdzenia n zakłóceń wyraża następujący wzór:

$$W(n) = \binom{N}{n} p^n (1 - p)^{(N-n)}$$

Ten rozkład prawdopodobieństwa nosi nazwę rozkładu dwumianowego. Prócz wartości $p = 0$ i $p = 1$, prawdopodo-

bieństwo $W(n)$ nie jest równe 0. Przy każdym prawdopodobieństwie zakłóceń p może więc wystąpić w partii próbnej o liczebności N liczba zakłóceń równa n .

Spodziewana liczba zakłóceń nie jest z pewnością w całym zakresie badanym wszędzie jednakowo duża. Jest mało prawdopodobne, aby mogła wystąpić jakaś niewspółmiernie duża liczba zakłóceń przy pewnej wartości p . Można uznać za skrajnie nieprawdopodobną sytuację, aby w próbie 1000 obserwacji przy średniej intensywności zakłóceń 1,6%, wystąpiło nie jak spodziewano się 16, lecz 900 zakłóceń, aczkolwiek taki przypadek nie jest matematycznie niemożliwy.

Ocenianie partii próbnej tylko wtedy ma sens, jeżeli nieprawdopodobne wyniki z góry wyłącza się z rozważań. Rozpatruje się więc tylko wyniki, które powstają np. z prawdopodobieństwem $S = 90\%, 95\%, 99\%, 99,9\%$.

Dla każdego S można podać przedział, w którym zdarzenia są rozrzucone. Obszar ten nosi nazwę przedziału ufności zdarzeń, a S - nazwę ufności statystycznej oceny. Zdarzenia spoza przedziału ufności zachodzą z prawdopodobieństwem przeciwnym $1-S$, a więc z prawdopodobieństwem $1-S$ ocena będzie fałszywa.

Im wyższą statystyczną pewność wybiera się lub wymaga, to znaczy im mniejsze chce się wprowadzić ryzyko błędnej oceny, tym ocena będzie mniej dokładna, to znaczy tym szerszy będzie przedział ufności, jak długo nie zmieni się wielkości próbki losowej.

Należy jednak wyraźnie rozróżnić problem, czy znane jest prawdopodobieństwo p zachodzenia pewnych zdarzeń czy też nie.

Jeżeli mianowicie wartość p nie jest znana, a znany jest dopiero cel ustaleń - co często ma miejsce - to wtedy także nie jest znana "prawdziwa" wartość średnia $\mu = N \cdot p$ zbiorowości generalnej. W wyniku szeregu obserwacji można ustalić z pewnością, tylko to, że wśród N zbadanych połączeń, n obciążonych było zakłóceniami. Należy podać przedział ufności dla "prawdziwego" μ względnie dla "prawdziwego" p . Przedział ten można wykonać w ten sposób, że uzna się za prawdopodobne wszystkie takie wartości μ względnie p , z przedziałem ufności których pokrywa się wynik próbki losowej. Otrzymuje się w ten sposób przedział ufności dla nieznanych wartości od p , przy przyjętej za podstawę ufności statystycznej S .

Używany dotychczas rozkład dwumianowy jest w praktycznym stosowaniu związany z dużą pracochłonnością obliczeń. W próbkach losowych, przy których:

- a) prawdopodobieństwo zakłóceń jest mniejsze zawsze od 1,
- b) zakłócenia występują sporadycznie, to znaczy jedno niezależnie od drugiego,

można rozkład dwumianowy zastąpić prostszym rozkładem Poissona:

$$W(n) = \frac{\mu^n}{n!} e^{-\mu}$$

gdzie $\mu = N \cdot p$ jest znowu przeciętną wartością rozkładu. Rozkład ten nie jest zależny - tak jak rozkład dwu-

mianowy, - od dwóch wartości N i p osobno wziętych, lecz od jednej wielkości, to jest iloczynu $\mu = N \cdot p$.

Przedział ufności rozkładu Poissona dla znanej wartości średniej μ może być wyrażony, przy próbie losowej > 20 , w przybliżeniu przez:

$$\mu \pm \lambda \sqrt{\mu}$$

gdzie λ jest stałą, zależną jedynie od ufności statystycznej S .

S	50%	90%	95%	99%	99,7%	99,9%
λ	0,67	1,645	1,96	2,58	3	3,29

Jeżeli jednak "prawdziwa" średnia wartość zbiorowości generalnej nie jest znana, a tylko określono średnią wartość próbki losowej, to "prawdziwa" średnia wartość μ leży wewnątrz przedziału ufności, który w przybliżeniu da się obliczyć ze wzoru uproszczonego:

$$m + \frac{\lambda^2}{2} \pm \lambda \sqrt{m + \frac{\lambda^2}{4}}$$

Na rysunku 14 podane są dokładniejsze granice przedziału ufności, obliczone za pomocą rozkładu typu F i χ^2 [17].

Przyjmijmy, że w pewnym szeregu obserwacji zdarzyło się:

14 zakłóceń pierwszego rodzaju,

60 zakłóceń drugiego rodzaju,

400 zakłóceń trzeciego rodzaju.

Przedziały ufności dla trzech powyższych rodzajów zakłóceń, przy $S = 95\%$, wynoszą:

dla pierwszego rodzaju - od 8 do 22 zakłóceń,
 dla drugiego rodzaju - od 48 do 74 zakłóceń,
 dla trzeciego rodzaju - od 382 do 422 zakłóceń.

C. Metoda prób ciągłych

Gdy już do tego doszło, żeby ustalać nieznaną prawdopodobną wartość przeciętnej intensywności zakłóceń i szacować stopień dokładności takiego ustalenia, zaczyna pojawiać się inny problem. Chodzi mianowicie o skontrolowanie utrzymywania się określonego prawdopodobieństwa zakłóceń, ustalonego w sensie najbardziej ekonomicznego sposobu prowadzenia eksploatacji. Jak już wiadomo, odchylenie od wartości planowanej można wtedy ustalić, gdy wartość ta wynika z przedziału ufności wielkości próbki losowej. Zależnie od tego, czy chodzi o mniejsze lub większe odchylenie, ocena może następować po pobraniu większej lub mniejszej próbki losowej.

Według metody podanej przez A. Walda [18], która znana jest pod nazwą metody prób ciągłych lub analizy kolejnej, możliwe jest w takich przypadkach zredukowanie wielkości próbki losowej do minimum.

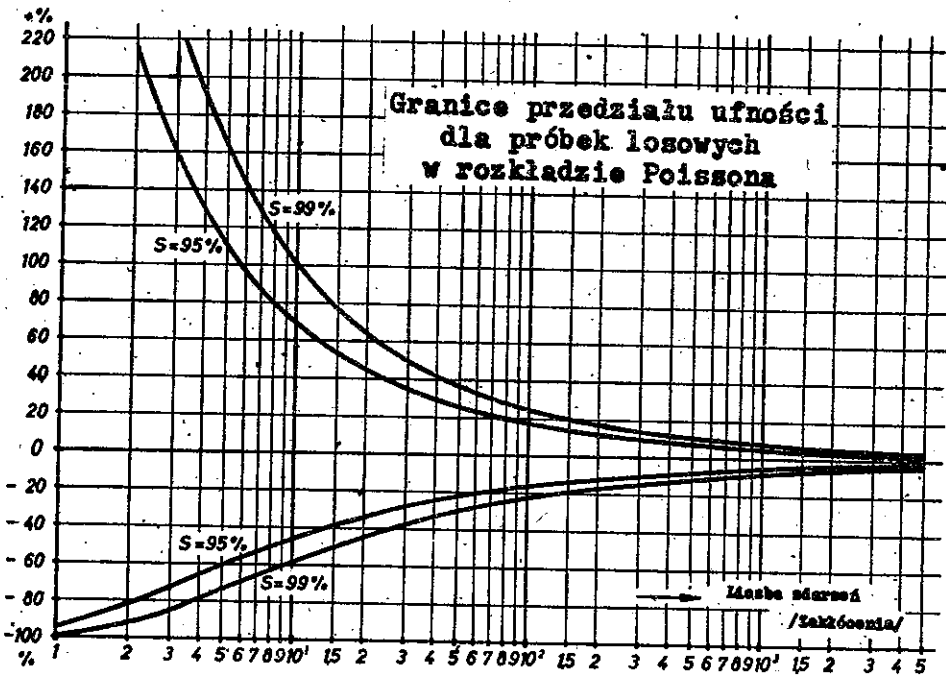
W metodzie prób ciągłych tworzy się trzy obszary:

obszar "dobry całkowicie pod względem statystycznym"

obszar "zupełnie zły pod względem statystycznym"

przedział - rozdzielający oba powyższe - niepewnej oceny.

Próba rozpoczyna się w przedziale niepewnych wypowiedzi i jest tak długo kontynuowana, aż chociaż jedna z nich znajdzie się na obszarze "dobrym" lub "złym", co wskutek odpowiednio ustalonych granic następuje co najmniej z wymaganą statystycznie pewnością.



Rys. 14. Granice przedziału ufności rozkładu Poissona

Niech $S_1 = 1 - \alpha$ oznacza wymaganą statystycznie pewność dla wypowiedzi "źle", $S_2 = 1 - \beta$ oznacza wymaganą statystycznie pewność dla wypowiedzi "dobrze" (inaczej nazywa się to ryzykiem producenta i konsumenta). W rozkładzie dwumianowym jest "źle", gdy zakłóceń jest więcej

niż p_1 % i "dobrze", gdy zakłóceń jest mniej niż p_0 %.
Należy utworzyć następujące logarytmy naturalne:

$$a = \ln \frac{1 - \beta}{\alpha}$$

$$b = \ln \frac{\beta}{1 - \alpha}$$

$$\gamma = \ln \frac{p_1}{p_0}$$

$$\delta = - \ln \frac{1 - p_1}{1 - p_0}$$

Na osi rzędnych nanosi się wartość $\frac{a}{\gamma + \delta}$ w kierunku od 0 do góry, a wartość $\frac{-b}{\gamma + \delta}$ w kierunku od zera na dół. Otrzymuje się dwa punkty, z których wyprowadza się dwie proste równoległe o nachyleniu $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\delta}{\gamma + \delta}$. Proste te są granicami obszarów "dobrze" i "źle". Na rys. 15 pokazane to jest na następującym przykładzie:

niech $\alpha = \beta = 5\%$ ($S = 95\%$);

$p_0 = 3\%$ (dobrze przy mniejszej ilości niż 3% zakłóceń);

$p_1 = 7\%$ (źle przy większej ilości niż 7% zakłóceń);

następnie jest:

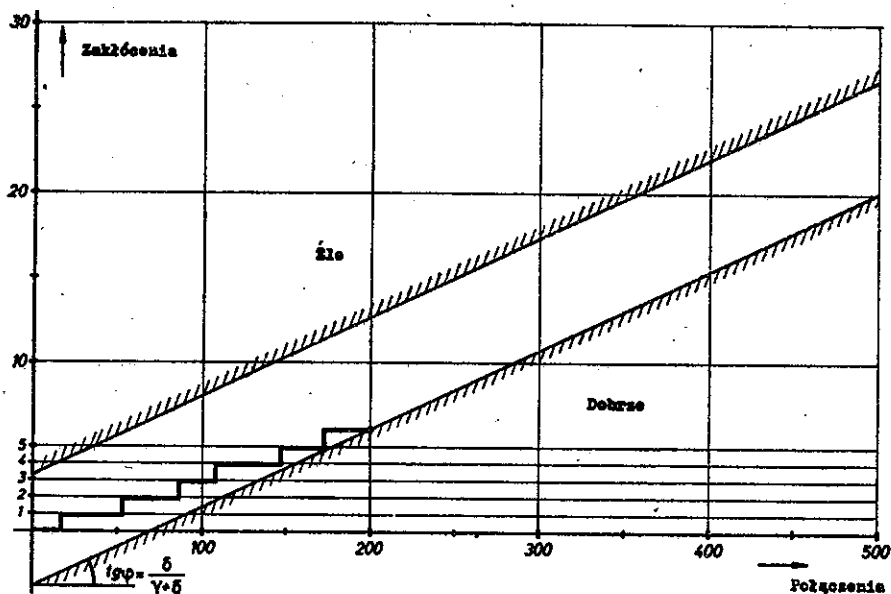
$$\gamma = \ln \frac{7}{3} = 0,85;$$

$$\delta = \ln \frac{93}{93} = 0,0421;$$

$$a = -b = \ln 19 = 2,944;$$

stąd:
$$\frac{a}{\gamma + \delta} = \frac{-b}{\gamma + \delta} = 3,28$$

$$\frac{\delta}{\gamma + \delta} = 0,0468$$



Rys. 15. Metoda prób ciągłych

Na osi odciętych nanosi się każdorazowo liczbę obserwacji (względnie połączeń próbnych), a na osi rzędnych liczbę znalezionych zakłóceń. Obserwacja centrali A daje następujący wynik: zakłócenia wystąpiły przy następu-

jących połączeniach:

nr 16, 54, 87, 109, 147, 173.

Próby mogą być przerwane już po sześciu znalezionych zakłóceniach przy 200 połączeniach próbnych, ponieważ zgodnie z wymaganą ufnością $S = 95\%$ stwierdza się, że centrala pracuje "dobrze" w sensie ustalonego poziomu dobroci.

Pokazane tu prawa statystyczne nie mają zastosowania do wszystkich przypadków pomiarów i próbek losowych. W szczególności rozkład Poissona nie nadaje się do rozpatrywania pomiarów ruchu lub obliczeń połączeń, ponieważ przebiegi te wykazują inne rozkłady.

VIII. WNIOSKI KOŃCOWE

Definicje i ustalenie wartości jakości usług w automatycznych sieciach telefonicznych są obciążone różnorodnymi problemami. Istnieją słuszne i urojone interesy producentów i kierownictwa eksploatacji z jednej strony oraz użytkowników z drugiej strony, które należałoby pogodzić. Zakres badań rozciąga się aż na zastosowanie maszyn do przetwarzania danych i badania opinii publicznej. Wobec wysokich kosztów sieci telefonicznych opłaca się ustalić stopień jakości usług, świadczonych przez te sieci. Opłacają się również wysiłki w celu obiektywnego porównania możliwie wszystkich znanych metod badawczych. Konieczne jest, aby analizowane zdarzenia

a) zdefiniowane były jednoznacznie, czyli ściśle,

b) podane wystarczająco szczegółowo.

Im mniej stosować się będzie metod, wykorzystujących rutynę i pobieżną ocenę, tym bardziej można posunąć się naprzód nad ustaleniami jakości usług.

Sieci telefoniczne budowane są dla użytkowników. Użytkownicy nie są maszynami lecz ludźmi, zdolnymi rozróżnić co złe, a co dobre, odczuwać zadowolenie lub niezadowolenie.

Zadowolenie użytkowników jest wskaźnikiem na skali jakości, którą człowiek przecież ustalił, jako miernik wszystkich rzeczy i spraw.

WYKAZ LITERATURY

1. Mehlis A.: Der Einfluss der Betriebsüberwachung auf die Wirtschaftlichkeit von SA-Ämtern. M&G - Nachrichten 1930, nr 2, s. 17.
2. Rothert G.: Zur Beurteilung des Gütezustandes von Wahlvermittlungsanlagen. NTZ 1961, t. 14, nr 8, s. 406-409.
3. NTG ⁰⁹₁₂ 01 Entwurf 1958; Definitionen für Gütemerkmale in der Vermittlungstechnik. NTZ 1959, t. 12, nr 5, s. 263-264.
4. Ahlstedt B.: Assessment of operations reliability in automatic telephone traffic. I.T.C., Paris 1961, Doc. nr 3.
5. Küstermann K.P. und Wittig F.: Untersuchungen für

- die Güte der Verkehrsabwicklung im Selbstwählferndienst. NTZ 1962, t. 15, nr 4, s. 173-181.
6. Mehlis A.: Der doppelte Begriff der Betriebsgüte. NTZ 1957, t. 10, nr 6, s. 291-293.
 7. Müller H.: Betriebsüberwachung und Pflege von Fernsprechanlagen. Fernmeldetechnische Zeitschrift 1951, t. 6, nr 7, s. 294-299.
 8. Schmidt R.: Aufgaben und Einrichtungen des Technischen Betriebsbüros. Fernmeldepraxis 1960, t. 37, nr 21, s. 854-864.
 9. Padberg T.: Betriebsfragen der Vermittlungstechnik. Fernmeldepraxis 1960, t. 37, nr 19, s. 761-777.
 10. Müller H.: Bewertung vermittlungstechnischer Anlagen durch Gütemerkmale. NTZ 1960, t. 13, nr 6, s. 266-270.
 11. Führer R.: Landesfernwahl I - Grundprobleme, 2.Aufl., München 1959, Verlag Oldenbourg.
 12. Freier H.: Über die Entwicklung des Fernverkehrs im öffentlichen Fernsprekdienst in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Landesfernwahl. Jahrbuch des elektr. Fernmeldewesens 1959, Verlag für Wissenschaft und Leben. Georg Heidecker, Windsheim/Mfr. r.11, s.101-151.
 13. Ahlstedt B.: Spärrningen i Automatisk Telefontrafik som Kollektiv Betraktad - ett Dimensioneringsförfarande och en Värdesättningsmetod. Kraft och Ljus 1961, t. 34, nr 4, s. 106-110.

14. Stürmer H.: Anwendung des Stichprobenverfahrens beim Beurteilen von Fernsprechverkehrsmessungen. Archiv der elektr. Übertragung 1954, t. 9, nr 8, s. 439.
15. Lotze A.: Über die statistische Sicherheit von Verkehrsmessungen. NFZ 1958, t. 11, nr 1, s. 5-7.
16. Zurmühl R.: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker. Berlin 1961. Springer-Verlag.
17. Graf/Henning: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik, Berlin 1958. Springer-Verlag.
18. Wald A.: Sequential Analysis. New-York, 1947. Wiley J. and Sons Inc.
19. Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung: Schriftenreihe Technische Statistik; Mittelwert und Streuung; Abnahme mit Stichproben; Kontrollkarten, 1954 und 1956, Frankfurt/Main.

NIEZAWODNOŚĆ URZĄDZEŃ TELEKOMUNIKACYJNYCH Z EKONOMICZNEGO PUNKTU WIDZENIA

Opracował: M. Feret na podstawie artykułu:
Weiher H., KDT, Berlin - Zuverlässigkeit
nachrichtentechnischer Einrichtungen unter
dem Gesichtspunkt der Ökonomie. - Nachricht-
tenteknik 1966, t. 16, nr 2, s. 46-49. VEB
Verlag. Technik, 102 Berlin.

1. UWAGI WSTĘPNE

Niezawodność i efektywność ekonomiczna są pojęciami, zdobywającymi w ostatnich latach coraz większe znaczenie. Analizując wymagania, stawiane elektronicznym aparatom i urządzeniom, można dojść do wniosku, że niezawodność i efektywność ekonomiczna staną się w przyszłości rozstrzygającymi kryteriami oceny sprzętu elektronicznego profesjonalnego i codziennego użytku. Nawet w elektronice uzbrojeniowej, gdzie ekonomia odgrywała dotychczas podrzędną rolę, rozważania o charakterze gospodarczym zajmują coraz więcej miejsca. Według oświadczenia amerykańskiego generała lotnictwa M. Estes, na dziesiątym amerykańskim sympozium niezawodności w 1964 r. - koszty utrzymania wojskowych urządzeń elektronicznych osiągają dwunastokrotne koszty wytwarzania tych urządzeń. Konsekwencją tego przerażającego stosunku kosztów jest konieczność stosowania kryteriów ilościowych szacowania niezawodności, podatności naprawczej i związanych z nimi

kosztów oraz potrzeba ustalania w przyszłych umowach z przemysłem średnich współczynników przestojów odpowiadających minimalnej wymaganej niezawodności, odniesionych aż do zespołów urządzeń przy ich detalowaniu.

W związku z rosnącymi wymaganiami odnośnie niezawodności zwiększono bardzo badania tego zagadnienia. Od około 10 lat dokonuje się już matematycznych obliczeń niezawodności sprzętu i urządzeń elektronicznych. Obliczenia te, dotyczące z początku elektroniki uzbrojeniowej, rozciągają się już dzisiaj na wszystkie dziedziny zastosowań elektroniki. Odpowiednio wzrosła także ilość publikacji, którą obecnie można określić na 5000 pozycji. Rozważania ekonomiczne odgrywają w obliczeniach coraz większą rolę. W USA odbywają się corocznie sympozja, poświęcone niezawodności i kontroli jakości urządzeń, przede wszystkim do celów wojskowych.

W Niemieckiej Republice Demokratycznej nie przeprowadzono dotychczas żadnych badań w zakresie niezawodności pod kątem ekonomicznej efektywności. Nie zostały także opublikowane jakieś informacje na ten temat o teoretycznym lub praktycznym charakterze. Artykuł niniejszy powinien dać pogląd na omówione problemy, a przede wszystkim przedstawić - w mocno uproszczonej i ogólnej formie - wzajemne związki między niezawodnością i efektywnością ekonomiczną.

W dalszych publikacjach, zamierza się dokładniej rozważyć teoretycznie pewne specjalne zagadnienia i wykazać ogólnogospodarcze znaczenie tych zależności w telekomunikacji w oparciu o dane, uzyskane z praktycznych badań elementów i urządzeń.

2. OGÓLNE PRAWA NIEZAWODNOŚCI

Poniżej zostanie wykazane, że istnieje możliwość wy-
 prowadzenia podstawowych zależności między efektywnością
 ekonomiczną a niezawodnością za pomocą znanych wzorów ma-
 tematycznych teorii niezawodności.

Decydującym o właściwości zespołu, wyposażonego w e-
 lementy elektroniczne, jest fakt, że w zależności od u-
 kładu połączeń uszkodzenie jednego elementu może prowa-
 dzić do wyłączenia z ruchu tego zespołu lub też nawet
 całego urządzenia. Niezawodność r pojedynczego elementu
 w normalnym okresie eksploatacji urządzenia obliczyć moż-
 na według znanego wzoru:

$$r = e^{-pt} \quad (1a)$$

Niezawodność wypadkowa R urządzenia, składającego się
 z n elementów, jest prawdopodobieństwem przetrwania przez
 wszystkie te elementy określonego czasu t oraz równa
 jest iloczynowi prawdopodobieństw przetrwania przez ten
 czas poszczególnych elementów:

$$R = \prod_{i=1}^n r_i = e^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot t} \quad (1b)$$

p - liczba uszkodzeń na godzinę (wskaźnik intensywno-
 ści uszkodzeń)

t - czas pracy urządzenia.

Z równania (1b) wynika:

$$\bar{r} = R \frac{1}{n} \quad (1c)$$

Do celów praktycznych jest wygodne posługiwanie się odwrotnością wskaźnika intensywności uszkodzeń. W przypadku stałej wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń obowiązuje zależność:

$$m = \frac{1}{p} \quad (2a)$$

lub w postaci dokładnej:

$$\sum_{i=1}^n m_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2b)$$

Przez m należy rozumieć średni czas (bezusterkowy) między dwoma uszkodzeniami.

Niezawodność urządzenia zależna jest nie tylko od wskaźnika intensywności uszkodzeń i liczby elementów składowych n , ale także od czynników techniczno-eksploatacyjnych. Decydującymi wielkościami są tu: średni czas trwania uszkodzenia względnie czas naprawy t' . Wskaźniki p i n charakteryzują częstotliwość występowania uszkodzeń, a wskaźnik t' czas przestoju urządzenia.

Stąd otrzymuje się ważne w praktyce wskaźniki charak-

teryzujące system: współczynnik gotowości k_g i współczynnik przestoju k_p :

$$k_g = V = \frac{m}{m + t'} \quad (3a)$$

$$k_p = \frac{t'}{m + t'} \quad (3b)$$

3. WYMAGANIA TECHNICZNO-EKONOMICZNE NA URZĄDZENIA TELEKOMUNIKACYJNE I MOŻLIWOŚCI ICH REALIZACJI

W telekomunikacji stosowane są urządzenia, składające się z dużej ilości elementów. Administracje łączności żądają od przemysłu teletechnicznego, aby urządzenia te gwarantowały w określonym czasie odpowiednią dobroć i pewność ruchu oraz jednocześnie spełniały wymagania ekonomiczne. Urządzenia te powinny odpowiadać określonym, międzynarodowym zaleceniom, powinny być niezawodne i ekonomiczne.

Przy porównywaniu tych kryteriów powstaje wrażenie, że stawiane wymagania są sprzeczne, ponieważ niezawodność pociąga za sobą duże koszty. Powstaje więc zadanie znalezienia rozsądnego (optymalnego) stosunku niezawodności do ekonomiczności urządzeń.

Określoną niezawodność urządzeń osiągnąć można, zgodnie z przedstawionymi w punkcie 2 uproszczonymi wzorami, w dwojaki sposób:

1) zmniejszyć częstotliwość uszkodzeń, tj. obniżyć wskaźnik p , a tym samym podnieść wskaźnik R ,

2) zmniejszyć czas trwania uszkodzeń, tj. obniżyć wskaźnik t' , a tym samym podnieść wskaźnik V .

Istnieją następujące możliwości osiągnięcia żądanej niezawodności według sposobu pierwszego:

1) zastosowanie specjalnych, bardziej niezawodnych i odpowiednio droższych elementów;

2) zastosowanie mniej niezawodnych i odpowiednio tańszych elementów z wykorzystaniem możliwości automatycznego zastępowania elementów uszkodzonych (rezerwowania-redundacji);

3) zwiększenie liczby elementów przy jednoczesnym osłabieniu wymagań odnośnie niezawodności osiąganym przez zmniejszenie obciążenia elektrycznego i cieplnego poszczególnych elementów.

Niezawodność znajduje swoje odbicie w cenie urządzenia, a z drugiej strony wywiera także znaczny wpływ na koszty utrzymania i ewentualne straty w związku z zaistniałym uszkodzeniem elementu.

Zależność między niezawodnością a ekonomiką można więc przedstawić jako zmieniającą się proporcję między kosztami zakupu a kosztami utrzymania względnie kosztami niezawodności i kosztami niesprawności urządzeń.

Z ekonomicznego punktu widzenia jest konieczny taki dobór niezawodności elementów, aby suma kosztów zakupu, utrzymania, eksploatacji i przestojów urządzeń miała wartość minimalną (system adekwatny).

4. KOSZTY ROCZNE - MIERNIK OSZACOWANIA NIEZAWODNOŚCI

Realną podstawą do przedstawienia zależności kosztów od niezawodności jak również do dokonywania porównań różnych składników kosztów jest okres roczny.

4.1. Zestawienie kosztów rocznych

Całkowite koszty roczne K_c są sumą następujących składników:

$$K_c = \frac{K_z}{T} + K_u + K_c + K_s \quad (4)$$

gdzie:

K_z - koszty zakupu,

T - czas eksploatacji (trwałość) urządzeń w latach,

K_u - koszty utrzymania,

K_c - koszty eksploatacji,

K_s - koszty specjalne,

$K_a = \frac{K_z}{T}$ - odpisy amortyzacyjne.

W celu wyznaczenia minimum kosztów można zbudować wyrażenie matematyczne, zawierające zasadnicze parametry T , K_z i K_u . Koszty elementów urządzeń zawierają składniki, na które wymagania pod względem niezawodności wpływają w różny sposób.

Koszty zakupu można ująć następująco:

$$K_z = K_r + K_w + K_Q \quad (5)$$

przy czym:

K_r - koszty rozwojowe,

K_w - koszty wytwarzania,

K_Q - koszty kontroli jakości.

Uwzględniając wzór (5) w równaniu (4) otrzymuje się:

$$K_c = \frac{K_r + K_w + K_Q}{T} + K_u + K_c + K_s \quad (6a)$$

względnie zakładając, że $K_u \gg K_c + K_s$:

$$K_c = \frac{K_r + K_w + K_Q}{T} + K_u \quad (6b)$$

W celu uproszczenia zależności matematycznych między stratami wskutek przestojów urządzeń i kosztami rocznymi nie będą dalej uwzględniane koszty sprzętu bez elementów (np. obudowy, konstrukcji itp.). Następujące rozważania pokazują, że takie zawężenie zagadnienia jest możliwe i nie wywiera ono istotnego wpływu na otrzymane wyniki:

1) zasadniczy udział kosztów całkowitych sprzętu elektronicznego (40 do 45%) stanowią zabudowane w nim elementy;

2) koszty wytwarzania i koszty rozwojowe sprzętu nie są wprost proporcjonalne do wymagań niezawodności;

3) koszty kontroli jakości, mimo ważności badań niezawodności, są w przemyśle elektronicznym małe w stosunku do kosztów elementów, utrzymuje się bowiem wciąż mniemanie, że niezawodność urządzenia nie może być "zbadana wewnątrznie".

W dalszych częściach artykułu omówione zostaną szczegółowo najważniejsze parametry wyprowadzonej zależności matematycznej.

4.2. Okres eksploatacji urządzeń (T)

Okres eksploatacji urządzeń wyznaczany jest przez zużycie techniczne i ekonomiczne. Zużycie techniczne określić można, jeżeli znane są charakterystyki uszkodzeń urządzeń elektronicznych. Nowe urządzenie powinno być zainstalowane wtedy, gdy czas pracy poprzedniego urządzenia staje się mniejszy od czasu przestoju.

Zużycie ekonomiczne odgrywa w urządzeniach telekomunikacyjnych dużą rolę, ponieważ urządzenia te ze względu na stosowane w nich elementy nie należą do urządzeń szybko zużywających się. Z tego względu, postęp techniczny w stosunkowo długim okresie 20 + 25 lat powoduje zmniejszenie wartości tych urządzeń. W sprzęcie i urządzeniach telekomunikacyjnych udział mechanicznych części ruchomych i innych części zużywających się, które są wymieniane w określonych okresach lub po uszkodzeniu (lampy, wtyczki, wybieraki), stopniowo maleje, bowiem zastępuje się je półprzewodnikami, przekaźnikami hermetycznymi itp. Wyciągnąć stąd można ważne pod względem ekonomicznym wnio-

ski. Nowoczesne elementy konstrukcyjne o lepszych wskaźnikach niezawodności mogą być tylko wtedy wykorzystane optymalnie, gdy okresy eksploatacji sprzętu i urządzeń dostosowane są do wymaganej trwałości elementów składowych i odwrotnie. Dla okresu eksploatacji nowo opracowywanych urządzeń, wynoszącego na przykład 20 lat, nie jest ekonomicznie usprawiedliwione stosowanie elementów, których pewność łączenia i okres trwałości przekraczają znacznie ten czas.

Tendencję do zwiększania okresu eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych zaobserwować można na przykładzie systemu komutacyjnego ESS Nr 1 (Electronic Switching System) firmy American Telephone and Telegraph Company. System ten, który według wypowiedzi firmy powinien być produkowany do 2000 roku, został tak zaprojektowany, przez zastosowanie niezawodnych elementów i rezerwowania w centralnym organie przetwarzania danych (centralny cechownik sieci, rejestr programujący, zespół sygnałowy), że w okresie przewidywanej 40-letniej eksploatacji może najwyżej tylko jeden raz wystąpić unieruchomienie całego urządzenia (jednoczesne uszkodzenie rezerwowych centralnych zespołów systemu).

Podobnie optymistycznie przedstawiają się dotychczasowe doświadczenia w quasi-elektronicznym systemie telekomutacyjnym HE-60 firmy Standard Electric Lorenz. Z wypowiedzi tej firmy wynika, że w czasie próbnej eksploatacji w okresie jednego roku (10^4 godzin) centrali telefonicznej w Stuttgarcie, co odpowiadało $2 \cdot 10^9$ elementogodzinom, zostały wymienione jedynie: jeden tranzy-

stor, dwie diody germanowe i dwa przekaźniki hermetyczne. Przyczyną uszkodzeń we wszystkich przypadkach było nieprawidłowe działanie zewnętrzne, a w żadnym z tych przypadków nie wystąpił przestój [3]. Z tych danych można obliczyć przeciętną intensywność uszkodzeń elementów:

$$\text{liczba elementów } n \approx \frac{2 \cdot 10^9 \cdot h}{10^4 \cdot h} \approx 2 \cdot 10^5$$

przeciętna intensywność uszkodzeń

$$p \approx \frac{5}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^4 \cdot h} \approx 2,5 \cdot 10^{-9} \cdot h^{-1}$$

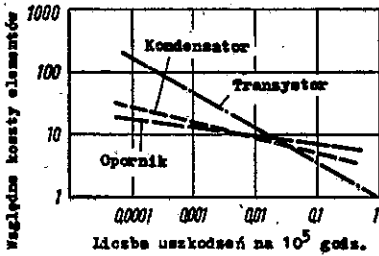
Z powyższych obliczeń wynika, że podawany w wielu miejscach wymagany wskaźnik intensywności uszkodzeń $p = 1 \cdot 10^{-9} \cdot h^{-1}$ dla systemów o długotrwałej eksploatacji jest uzasadniony.

Okres eksploatacji wywiera poprzez wysokość stawek amortyzacyjnych zasadniczy wpływ na koszty roczne.

4.3. Koszty zakupu (K_z)

Zależność kosztów zakupu od wymaganego wskaźnika intensywności uszkodzeń nie była dotychczas bliżej analizowana. W pracy [5] podano kształtowanie się względnych kosztów różnych elementów w funkcji intensywności uszkodzeń. Badania te służą jednak do celów wojskowych (Zeus-Computer) i wobec tego nie jest możliwe przeniesienie ich wyników do analizy warunków w telekomunikacji handlowej. Ponadto dochodzi jeszcze fakt, że podawane wyma-

gania są zupełnie błędne oraz że dla każdego typu elementu są one inne. Jednak do teoretycznego rachunku optymalizacyjnego przedstawiona tendencja może być bardzo interesująca.

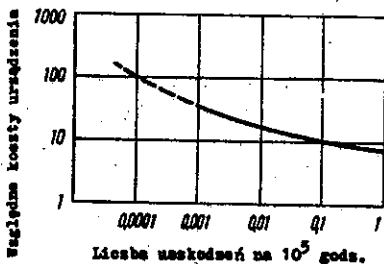


Rys. 1. Względne koszty elementów w funkcji intensywności uszkodzeń tych elementów

Rysunek 1 dotyczy zwykłego handlowego tranzystora o wskaźniku intensywności uszkodzeń $p = 1 \cdot 10^{-5} \cdot h^{-1}$ i względnych kosztach 1,0. Krzywa dla tranzystorów odpowiada wymaganiom wyższej niezawodności, takiej jaką stosuje się w instalowanych urządzeniach wojskowych. Jak widać, stokrotne zmniejszenie intensywności uszkodzeń prowadzi przeciętnie do 10-krotnego podrożenia, czyli:

$$\frac{\Delta K_z}{\Delta p} \approx 0,1$$

Rysunek 2 pokazuje zależność kosztów względnych całego urządzenia, poprzednio już wspomnianej maszyny mate-



Rys. 2. Względne koszty urządzenia w funkcji przeciętnej intensywności uszkodzeń elementów

matycznej "Zeus" w funkcji średniego wskaźnika intensywności uszkodzeń elementów. W obszarze zmienności wskaźnika od 1,0 do $0,001 \cdot 10^{-5} \cdot h^{-1}$ obliczono koszty względne urządzenia przy rzeczywistych kosztach elementów. Ekstrapolacja krzywej wykonana została w oparciu o spodziewane koszty elementów, zgodnie z rys. 1.

Jeszcze bardziej problematyczne jest odrębne przedstawienie takich zależności dla kosztów rozwojowych, wytwarzania i kontroli jakości. Donati [6] próbował wyprowadzić powyższe zależności. Według niego koszty wytwarzania standardowego tranzystora germanowego małej częstotliwości wynoszą 96%, a koszty rozwojowe i kontroli jakości po 2%. Przy większej niezawodności i mniejszej produkcji rocznej udział kosztów wytwarzania spada i jednocześnie rośnie udział kosztów kontroli jakości w ogólnych kosztach produkcji. Udział kosztów rozwojowych pozostaje w przybliżeniu na tym samym poziomie. Z ekonomicznego punktu widzenia wyciągnąć można z powyższych rozważań następujący wniosek odnośnie produkcji elementów: korzystniej jest produkować elementy z tak dobranymi właściwościami, aby miały szeroki zakres stosowności, niż elementy typu zupełnie specjalnego. Niska cena elementów jest związana bowiem z dużą serią produkcyjną. Wzrost kosztów wytwarzania K_w jest uwarunkowany wzrostem ilości wybrakowanych elementów K_p typów profesjonalnych. Koszty rozwojowe K_r , w przeciwieństwie do kosztów wytwarzania, ponoszone są na każdy typ elementów tylko jeden raz i dlatego istnieje duża zależność między narzutem tych kosztów na poszczególny element i

wielkością serii produkcyjnej. Ponieważ wielkość produkcji zależy w pewnej mierze od intensywności uszkodzeń, a więc koszty rozwojowe i intensywność uszkodzeń są ze sobą związane. W przeciwieństwie do kosztów wytwarzania i kosztów rozwojowych, koszty kontroli jakości K_Q są mocno uzależnione od intensywności uszkodzeń. Im ostrzejsze są wymagania odnośnie intensywności uszkodzeń, tym większe są także nakłady, potrzebne do spełniania tych wymagań. Wzrost kosztów kontroli powodowany jest albo zwiększeniem kontrolnej próbki losowej, albo przedłużeniem czasu badań kontrolnych, przy czym iloczyn obydwóch tych wielkości odpowiada w przybliżeniu wskaźnikowi intensywności uszkodzeń wyrażonemu w elementogodzinach. Z tabelicy poniżej widać, że ze zmniejszaniem się intensywności uszkodzeń, poważnie wzrasta ilość badanych elementów przy stałym czasie próby trwałości [7].

Ilość elementów niezbędnych do badania niezawodności przy poziomie ufności 90%

Wskaźnik intensywności uszkodzeń w 10^5 godzin	Wielkość próbki przy próbie trwałości przez 10^3 godzin		
	bez uszkodzeń	1 uszkodzenie	3 uszkodzenia
1,0	231	390	668
0,1	2303	3891	6681
0,01	23026	38980	66808

Wielkość próbki losowej zmniejsza się przykładowo dziesięciokrotnie, gdy czas próby trwałości zostaje zwiększony do 10^4 godz. (około 1 roku). Który z obu wariantów badania jest bardziej ekonomiczny nie można tutaj stwierdzić, jednakże za długie czasy badań kolidują z dążeniem do skrócenia czasu prac rozwojowych.

4.4. Koszty utrzymania (K_u)

Koszty utrzymania przejawiają odwrotną w stosunku do poprzednio omówionych kosztów tendencję kształtowania się w zależności od wskaźnika intensywności uszkodzeń. Dotyczy to szczególnie pewnej części kosztów utrzymania, a mianowicie kosztów usuwania uszkodzeń (remonty, naprawy). Do kosztów utrzymania należą ponadto: koszty konserwacji i nadzoru urządzeń. Dla przyszłych systemów telekomunikacyjnych, w których udział czynności konserwacyjnych może być znacznie zredukowany i gdzie czynności badania wykonywane są samoczynnie lub za pomocą urządzeń automatycznych (np. rutinerów), personel eksploatacyjny może być prawie wyłącznie zatrudniony do usuwania uszkodzeń. Ilość tych uszkodzeń - uwarunkowana intensywnością uszkodzeń elementów - będzie więc decydować w coraz większym stopniu o liczności personelu eksploatacyjnego, a z powodu wysokich kwalifikacji tego personelu (rozpoznanie uszkodzenia, lokalizacja itd.), także na koszty utrzymania. Z tego punktu widzenia można uznać, że nakłady na utrzymanie są w przybliżeniu proporcjonalne do intensywności uszkodzeń odpowiednich urządzeń.

Do obliczenia rocznych kosztów utrzymania służy wyrażenie:

$$K_u = n \cdot t \cdot p \cdot (K_m + K_h \cdot t') \quad (7)$$

gdzie:

- n - liczba elementów w urządzeniu,
- p - przeciętny wskaźnik intensywności uszkodzeń elementów,
- t - czas eksploatacji (w danym przypadku 1 rok /8760 godz/),
- K_m - przeciętne koszty materiałowe na części zamienne, które wznoszą się przy zmniejszeniu wskaźnika p,
- K_h - koszty na godzinę (płace, ogólne itp.),
- t' - średni czas usuwania uszkodzenia w godzinach.

Najbardziej problematyczne jest wyznaczenie wielkości t' i K_m . Interesująca z tego względu jest pewna notatka w amerykańskim czasopiśmie, w której wykorzystano wyniki z eksploatacji 258 telekomunikacyjnych urządzeń szkoleniowych [8]. Dla 72 prostych uszkodzeń, do usunięcia których wystarczała jedna osoba, czas jednej naprawy lub inaczej mówiąc czas usunięcia uszkodzenia wynosił około 60 min. 128 uszkodzeń, wymagających zatrudnienia dwóch osób, wykazywało czas przestoju rzędu 120 min. Z pozostałych 58 poważnych uszkodzeń, przy usunięciu których pracowało więcej niż dwóch pracowników, każde wymagało do naprawy około 250 minut. Średni czas usuwania uszkodzeń t' wynosił więc w tych warunkach 2 godz. Analiza

tych czasów w doświadczalnej centrali przy ulicy Boxhagen-Strasse w Berlinie (urządzenia częściowo elektroniczne), eksploatowanej w okresie 1,5 roku wykazała, że średni czas trwania uszkodzeń t' wynosił nawet 3 godz.

Przy obliczaniu przeciętnych kosztów materiałowych K_m należy brać pod uwagę cenę i udział poszczególnych elementów w urządzeniach ulegających uszkodzeniom.

5. OKREŚLENIE OPTIMALNEJ PRZECIĘTNEJ INTENSYWNOŚCI USZKODZEŃ

We wszystkich rozważaniach i obliczeniach dotyczących niezawodności głównym kryterium powinna być zasada: "Maksymalna niezawodność przy optymalnej ekonomiczności".

Aby móc uzasadnić rachunkiem rozwój systemu spełniającego tę zasadę, konieczne jest określenie przeciętnej intensywności uszkodzeń tego systemu, przy której roczne koszty całkowite osiągają minimum. Należy znaleźć takie wyrażenie matematyczne, które obejmowałoby zależność kosztów K_c od wskaźnika intensywności uszkodzeń p i pozwalało wyprowadzić optymalny wskaźnik intensywności uszkodzeń przy minimalnych rocznych kosztach całkowitych. Jeżeli założy się, że K_r , K_w , K_Q i K_m są odwrotnie, a K_g wprost proporcjonalne do wskaźnika intensywności uszkodzeń p , wtedy ułożyć można następujące równanie:

$$f(p) = K_c = \frac{K_r}{p} + \frac{K_w}{p} + \frac{K_Q}{p} + n \cdot t \cdot p \left(\frac{K_m}{p} + K_g \cdot t' \right) \quad (8a)$$

a po przekształceniu:

$$f(p) = K_c = \frac{1}{p} (K_r + K_w + K_Q) + p(n \cdot t \cdot K_g \cdot t') + n \cdot t \cdot K_m \quad (8b)$$

W celu wyznaczenia optymalnego wskaźnika intensywności uszkodzeń różniczkuje się równanie (8b) względem p i przyrównuje pierwszą pochodną do zera.

Po zastosowaniu prawideł rachunku ułamkowego w pierwszym składniku, otrzymuje się następujące równanie kwadratowe:

$$\frac{dK_c}{dp} = f'(p) = \frac{\frac{1}{T} (K_r + K_w + K_Q)}{p^2} + n \cdot t \cdot K_h \cdot t' = 0 \quad (9)$$

Stąd otrzymuje się optymalny wskaźnik intensywności uszkodzeń:

$$p_{opt}^2 = \frac{\frac{1}{T} (K_r + K_w + K_Q)}{n \cdot t \cdot K_g \cdot t'} = \frac{K_Q}{n \cdot t \cdot K_h \cdot t'} \quad (10a)$$

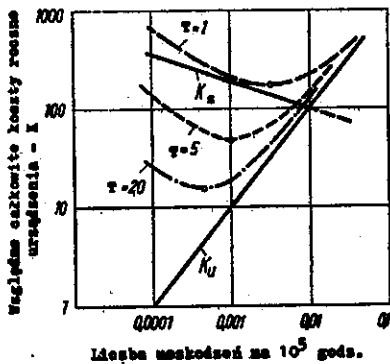
względnie:

$$p_{opt} = \sqrt{\frac{\frac{1}{T} (K_r + K_w + K_Q)}{n \cdot t \cdot K_h \cdot t'}} = \sqrt{\frac{K_Q}{n \cdot t \cdot K_h \cdot t'}} \quad (10b)$$

Zgodnie z równaniem (10a), kwadrat optymalnej intensywności uszkodzeń równy jest ilorazowi odpisów amortyzacyjnych przez roczne koszty utrzymania (z wyłączeniem kosztów K_m na części zamienne). Za pomocą podanych wzo-

rów jest możliwe tak oszacować średni wskaźnik intensywności uszkodzeń, że zwiększone wydatki na rozwój i przygotowanie produkcji nowych bardziej niezawodnych elementów stają się opłacalne przez większą trwałość i zmniejszone odpisy amortyzacyjne, jak i niższe koszty utrzymania nowego systemu.

W pracy [5] przedstawiono względne całkowite koszty roczne w funkcji intensywności uszkodzeń elementów. Choć badanie to dotyczy wojskowej maszyny liczącej, daje się zauważyć interesującą tendencję aktualną także dla handlowych urządzeń telekomunikacyjnych.



Rys. 3. Względne całkowite koszty roczne urządzenia w funkcji przeciętnej intensywności uszkodzeń elementów

Podana na rys. 3 krzywa dla $T = 1$ ma znaczenie jedynie teoretyczne. Wystarcza ona jednak do pokazania, że przy dużej intensywności uszkodzeń $K_z (K_a) \ll K_u$. Przy $p = 4 \cdot 10^{-7} \cdot h^{-1}$ stosunek $K_z : K_u \approx 0,1$, a przy $p = 1 \cdot 10^{-8} \cdot h^{-1}$ stosunek ten osiąga już $K_z : K_u \approx 20$. Dla $T = 5$ minimum kosztów uzyskuje się, gdy:

$$p = 1 \cdot 10^{-8} \cdot h^{-1}.$$

Inaczej mówiąc, dla tak zaprojektowanych urządzeń,

wystarczają elementy o powyższej intensywności uszkodzeń. Dla $T = 20$, minimum kosztów osiąga się przy $p = 4 \cdot 10^{-9} \cdot h^{-1}$. Wyciągnąc stąd można wniosek, że dla systemów o długich okresach eksploatacji słuszne jest pod względem ekonomicznym wymaganie, aby elementy składowe cechowała bardzo duża niezawodność.

Za pomocą równań (10a) względnie (10b), po podstawieniu odpowiednich danych bezwzględnych, możliwe jest wykonanie obliczeń, na podstawie których dojdzie się do analogicznych krzywych.

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonych wywodów dochodzi się do wniosku, że nie jest możliwe rozdzielenie obliczeń niezawodności od rachunku ekonomicznej efektywności. Poruszona w niniejszym czasopiśmie po raz pierwszy problematyka zaczyna odgrywać coraz większą rolę w dziedzinie elektroniki. Współpraca między przemysłem elementów i przemysłem urządzeń jak też użytkownikami powinna się tak układać, aby można było przedstawione tu teoretycznie zależności poprzeć odpowiednim materiałem liczbowym.

WYKAZ LITERATURY

1. Proc. 10th National Symposium on Reliability and Quality Control in Electronic, Washington 1964, January 7-8-9, s. IV, 654, IEEE.
2. Electronic Switching System No 1, Bell System Techn. J. 1964, t. 43, nr 5, s. 1831-2609.

3. Maywald M.: Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik (Hannover-Messe 1965). Fernmelde-Praktiker 1965, t. 5, nr 8, s. 184-190.
4. Bilke E.: Halbleiterbauelemente für die erhöhten Forderungen der Weitverkehrstechnik. Nachrichtentechnik 1962, t. 12, nr 5, s. 177-179.
5. James L.N.St.: System Reliability Symposium, San Diego, Calif. 1962, s. 355-361.
6. Donati B.: Zuverlässigkeitsüberlegungen unter dem Gesichtspunkt der Kosten, angewandt auf Halbleiterbauelemente. Nachrichtentechnische Fachberichte 1961, t. 24, s. 303-315.
7. Dummer G.W.A.: Component Reliability- a Survey. British Communication and Electronics 1963, t. 10, nr 6, s. 434-437.
8. Kentry u a.: Assesing Maintainability. Electronic Industries 1960, t. 19, nr 10, s. 194-195.

