

1 9 7 0

Nr 53

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI





PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 10

WARSZAWA 1970

NR 53

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cejner, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 30

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 770. Druk ukończono
w październiku 1970 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Sławoj Walaszek

STRATEGIA UTRZYMANIA CENTRAL TELEFONICZNYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Wyjściowa jakość sprzętu komutacyjnego	7
3. Kwalifikacje personelu eksploatacyjnego	8
4. Organizacja eksploatacji central telefonicznych	10
5. Analiza przyczyn i skutków wad	11
5.1. Pojęcia wstępne	11
5.2. Klasyfikacja wad i uszkodzeń	12
5.3. Przyczyny i skutki wad	16
5.4. Uszkodzenia pilne i niepilne	23
6. Strategie konserwacji	25
6.1. Rodzaje strategii	25
6.2. Teoretyczne strategie konserwacji	26
6.3. Okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej	32
6.4. Okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej	34
6.5. Odmianny konserwacji stosowane w praktyce	36

	Str.
6.6. Rozwój metod konserwacji central biegowych	40
7. Analiza reklamacji abonenckich	46
7.1. Metody analizy reklamacji	46
7.2. Centrum koordynacji usług	49
7.3. Analiza reklamacji abonenckich w centra- lach krzyżowych	54
7.4. Wskaźniki	55
7.5. Automatyzacja analizy reklamacji abonenckich	57
8. Nadzór statystyczny	59
8.1. Wymagany poziom jakości usług	59
8.2. Nadzór statystyczny jakości usług	63
8.3. Zasady realizacji połączeń próbnych	75
9. Wybór urzędzeń badaniowych	80
10. Tendencje centralizacji nadzoru automatycz- nych central telefonicznych	84
11. Strategia utrzymania central telefonicznych	95
Wykaz literatury	98

Sławoj Walaszek

STRATEGIA UTRZYMANIA CENTRAL TELEFONICZNYCH

1. WPROWADZENIE

Abonenci korzystający z usług central telefonicznych domagają się nie tylko ilościowego zaspokojenia potrzeb, ale również żądają usług odpowiedniej jakości. Muszą więc być spełnione pewne wymagania dotyczące pewności i szybkości zestawienia połączenia, jakości transmisji rozmowy, dopuszczalnego poziomu zakłóceń i właściwego rozłączenia połączenia. Aby spełnić te wymagania, należy realizować szereg potrzebnych czynności mających na celu utrzymanie centrali telefonicznej w stanie wymaganej sprawności technicznej. Wszystkie te czynności obejmujemy wspólną nazwą "utrzymanie centrali telefonicznej". Celem tej pracy jest analiza ważniejszych elementów tego pojęcia.

Należy tutaj zaznaczyć, że na jakość usług będą również wpływać czynniki związane z pojęciami sprawności usługowej i użytecznej, jak np. ilości wyposażenia w poszczególnych grupach komutacyjnych, obciążenie poszczególnych abonentów itp. Te czynniki związane z zagadnieniem właściwego wykorzystania centrali telefonicznej nie będą jednak w tej pracy rozważane.

Celem stosowania czynności utrzymania jest niedopuszczenie do pogorszenia pracy central w miarę wpływu cza-

su, a więc utrzymanie jakości usług stale na jednakowym poziomie. Doświadczenie uczy, że zadanie to jest trudne do spełnienia i wymaga przede wszystkim troskliwego dobrania odpowiednich metod utrzymania. Metody te podlegają ciągłemu rozwojowi, co wynika ze stałego dążenia do ich usprawnienia.

Dążenie do poprawienia metod utrzymania wynika przede wszystkim z przyczyn ekonomicznych i technicznych. Przyczyny ekonomiczne to dążenie do obniżenia kosztów eksploatacji w wyniku jak najlepszego wykorzystania urządzeń komutacyjnych, urządzeń kontrolno-badaniowych i personelu, przy spełnieniu określonych wymagań dotyczących jakości usług. Przyczyny techniczne wynikają z rozwoju bazy technicznej urządzeń. Coraz szersza automatyzacja łączności telefonicznej obejmująca całą sieć międzymiastową powoduje, że liczba potencjalnych źródeł uszkodzeń w połączeniach telefonicznych gwałtownie wzrasta i należy stosować coraz skuteczniejsze metody, służące do utrzymania eksploatowanych urządzeń w stanie gwarantującym jakość usług na wymaganym poziomie.

Można wymienić trzy podstawowe czynniki utrzymania, które tak z punktu widzenia ekonomicznego jak i technicznego mają zasadnicze znaczenie dla realizacji wymagań wpływających na jakość usług. Są one następujące:

- wyjściowa jakość sprzętu komutacyjnego;
- kwalifikacje personelu eksploatacyjnego;
- organizacja eksploatacji posiadanego sprzętu.

Z dwóch pierwszych czynników wynikają takie czynno-

ści utrzymania, jak wybór sprzętu i szkolenie personelu.

Wpływ wyjściowej jakości sprzętu na jakość i koszty usług jest oczywisty; ale nawet najlepszy sprzęt w dłuższym okresie czasu nie zapewni usług odpowiedniej jakości, jeżeli nie zostanie zastosowana właściwa organizacja eksploatacji tego sprzętu, realizowana przez ludzi o odpowiednich kwalifikacjach. W praktyce często znajdujemy się w takiej sytuacji, że przy danym sprzęcie i danym zespole ludzi o znanych kwalifikacjach należy tak zorganizować prace związane z utrzymaniem centrali, by uzyskać jakość usług na wymaganym poziomie.

Wymienione podstawowe czynniki, wpływające na jakość usług, są zróżnicowane w zależności od eksploatowanego systemu central telefonicznych. W Polsce można w zasadzie rozpatrywać dwa systemy central telefonicznych:

- szeroko rozpowszechniony system Strowgera, o którym będziemy dalej mówić jako o systemie biegowym,
- system krzyżowy, wprowadzany obecnie do eksploatacji.

Wspomniane zróżnicowanie metod utrzymania tych systemów wynika z różnicy w budowie wybieraków oraz z odmiennego rozwiązania ich sterowania. Na przykład wybieraki stosowane w systemach biegowych zawierają wiele ruchomych elementów mechanicznych, które wymagają smarowania i regulacji. Te czynniki w istotny sposób wpływają na wybór metody utrzymania danej centrali telefonicznej, co zostanie dalej szerzej uzasadnione.

Przy ustalaniu metod postępowania podczas utrzymania central telefonicznych dotychczas górowała intuicja i doświadczenie. Obecnie w wyniku rosnących potrzeb i na skutek pozytywnych wyników w innych dziedzinach techniki powstaje tendencja do wprowadzenia teoretycznego i inżynierskiego podejścia do zagadnienia utrzymania central telefonicznych.

Najważniejszym składnikiem trzeciego z wymienionych czynników utrzymania, a mianowicie organizacji eksploatacji, jest konserwacja. Obejmuje ona badania, pomiary i regulacje wykonywane w czasie eksploatacji centrali telefonicznej. Z teoretycznego punktu widzenia rozróżnia się wiele różnych metod konserwacji, zwanych strategiami konserwacji, z których pewna część może znaleźć bezpośrednie zastosowanie przy utrzymaniu central telefonicznych. Tutaj przez pojęcie "strategia" będziemy rozumieli pewien określony sposób postępowania, służący do realizacji określonego celu, np. w przypadku strategii konserwacji do osiągnięcia celu konserwacji, jakim jest poprawienie jakości usług.

W praktyce rozróżnia się trzy metody konserwacji [5], [13], [20]:

- konserwację zapobiegawczą (zwaną też często konserwacją profilaktyczną) stosowaną powszechnie w Polsce, a dawniej również w wielu innych krajach;
- konserwację korekcyjną wprowadzaną obecnie w Polsce i stosowaną w Anglii oraz Australii w centralach telefonicznych tego samego systemu;

- konserwację korekcyjną z kontrolą (zwaną też konserwacją korekcyjno-kontrolną) stosowaną w zasadzie w centralach systemu krzyżowego i przeznaczoną głównie dla central ze sterowaniem obejściowym.

Te metody konserwacji będą dalej dokładnie omówione.

Oprócz strategii konserwacji można wyróżnić szersze pojęcie strategii utrzymania. Strategia konserwacji jest częścią strategii utrzymania, która określa sposób realizacji wszystkich czynności służących do utrzymania danego urządzenia technicznego w stanie wymaganej sprawności. Dokładne omówienie i definicje tych pojęć zostaną szczegółowo podane dalej.

Jak już wyżej wspomniano, jednym z elementów wpływających na jakość usług central telefonicznych jest organizacja eksploatacji posiadanego sprzętu. Zasadniczym czynnikiem organizacji eksploatacji jest przyjęta metoda konserwacji. Jednak zagadnienie organizacji eksploatacji jest zagadnieniem złożonym i zależy od wielu innych czynników.

Jednym z takich czynników jest analiza przyczyn i skutków uszkodzeń. Dokładna analiza przyczyn uszkodzeń umożliwia wprowadzenie takich poczynąń organizacyjnych, które przeciwdziałają powstawaniu uszkodzeń. Natomiast badanie skutków uszkodzeń pozwoli po pierwsze na opracowanie właściwych urządzeń kontrolno-badaniowych, a po drugie ustala podział środków eksploatacyjnych we właściwy sposób. Znając bowiem skutki poszczególnych rodzajów uszkodzeń, należy przede wszystkim prowadzić pra-

ce przy usuwaniu tych uszkodzeń, które najwięcej wpływają na jakość usług centrali telefonicznej.

Innym ważnym czynnikiem organizacji eksploatacji jest statystyczny nadzór jakości usług. Abonenci żądają nie tylko ilościowego zaspokojenia potrzeb w dziedzinie łączności, ale żądają również usług odpowiedniej jakości. Wobec tego trzeba w jakiś sposób na bieżąco nadzorować te usługi, by można było przeciwdziałać, gdy ich jakość obniży się poniżej dopuszczalnego poziomu. W tym celu stosuje się statystyczny nadzór jakości usług, polegający na zbieraniu w centrali odpowiednich informacji i analizowaniu ich za pomocą tzw. ilorazowego testu sekwencyjnego. Aby zebrane informacje dobrze określiły jakość usług centrali, należy spełnić szereg wymagań, które będą dalej szerzej omówione.

Wybór odpowiednich urządzeń badaniowych jest również ważnym czynnikiem organizacji eksploatacji. Wybór ten jest zależny od tego "co i jak" ma być badane. Dlatego zagadnienie to można podzielić na dwie części. Pierwszą z nich będzie program ustalający zakres potrzebnych badań, które mają być zrealizowane. Zakres ten ustala się zwykle na podstawie znajomości konstrukcji i obserwacji pracujących już urządzeń. Druga część to ustalenie sposobu postępowania w czasie badań, określającego jak będziemy badać poszczególne elementy czy parametry. Musimy na przykład ustalić, czy należy stosować badania ręczne, półautomatyczne czy automatyczne.

Można wymienić jeszcze jeden z ważniejszych czynników organizacji eksploatacji, na przykład centralizacja

urządzeń kontrolno-badaniowych i personelu eksploatacyjnego.

Wszystkie wyżej wymienione czynniki będą w tej pracy omawiane w celu bliższego scharakteryzowania najważniejszych tendencji w dziedzinie utrzymania central telefonicznych.

2. WYJŚCIOWA JAKOŚĆ SPRZĘTU KOMUTACYJNEGO

Zasadniczy wpływ na cały okres eksploatacji sprzętu ma wyjściowa jakość sprzętu komutacyjnego.

Znany jest fakt, że zależność kosztu sprzętu od całkowitych nakładów czasu na eksploatację jest hiperbolą [13]. Oznacza to, że im kosztowniejszy jest sam sprzęt, tym mniejsze są koszty jego utrzymania i odwrotnie. Z drugiej strony koszty eksploatacji rosną proporcjonalnie wraz ze wzrostem całkowitych nakładów czasu na eksploatację. Jeżeli zsumujemy obie wspomniane funkcje kosztów, koszt sprzętu i koszt eksploatacji dla różnych rodzajów sprzętu, uzyskamy krzywą kosztów całkowitych. Można to zilustrować za pomocą wykresu przedstawionego na rys. 1^{x)}.

Krzywa (1) na tym rysunku podaje charakter zmian kosztów sprzętu, w zależności od przewidywanego zużycia czasu T personelu eksploatacyjnego na utrzymanie sprzętu w odpowiedniej sprawności, dla różnych rodzajów sprzętu. Krzywa ta jest funkcją malejącą wraz ze wzrostem T

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

i ma kształt hiperboli. Natomiast koszty utrzymania sprzętu rosną proporcjonalnie do czasu T , co ilustruje prosta (2). Łączne koszty eksploatacji są sumą obu powyższych kosztów, co przedstawia krzywa (3). Krzywa ta ma minimum w punkcie M_1 ; wobec tego istnieje pewien optymalny punkt, w którym łączne koszty są najmniejsze. Dlatego o ile istnieje możliwość wyboru, należy instalować taki sprzęt, który zapewnia minimalne łączne koszty eksploatacji. Jest to możliwe przy istnieniu rzetelnej informacji dotyczącej kosztu utrzymania oferowanego sprzętu.

3. KWALIFIKACJE PERSONELU EKSPLOATACYJNEGO

Aby prawidłowo eksploatować sprzęt komutacyjny, otrzymując w wyniku dobre zaspokojenie potrzeb społeczeństwa w zakresie łączności telefonicznej, należy mieć do dyspozycji kadry o odpowiednich kwalifikacjach [12], [19], [46].

Kwalifikacje pracowników wynikają z trzech zasadniczych źródeł:

- z predyspozycji indywidualnych,
- z ukończonych szkół,
- z przebytego szkolenia w zakładzie pracy.

Gdy młody pracownik po raz pierwszy przystępuje do pracy, reprezentuje wówczas dwa pierwsze czynniki. Taki pracownik ma małe doświadczenie praktyczne i nie może zapewnić odpowiedniej wydajności i sprawności pracy w

eksploatacji. Dlatego wymaga szczegółowego przeszkolenia w zakresie obowiązków, które ma wykonywać. Od prawidłowej organizacji szkolenia i predyspozycji indywidualnych zależy przyszła wydajność pracy pracownika na powierzonym mu stanowisku i skuteczność jego działania. Dlatego dla zakładu pracy szkolenie pracowników jest bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na wyniki końcowe działalności zakładu.

W dziedzinie eksploatacji central telefonicznych stanowiących bardzo złożone urządzenia techniczne, które w wyniku dynamicznego postępu technicznego stale ulegają zmianom, sprawa właściwego szkolenia technicznego jest również bardzo ważna. W tym przypadku w programie szkolenia szczególnie ważny jest szeroki udział zagadnień eksploatacyjnych, takich jak organizacja eksploatacji oraz metody badań, pomiarów i regulacji sprzętu komutacyjnego. Ponieważ metody konserwacji stale są modyfikowane, należy to uwzględnić w programach szkolenia. Wprowadzenie na przykład od pewnego czasu do praktyki eksploatacji central telefonicznych metod statystycznej analizy wyników wymaga wprowadzenia zupełnie nowych zagadnień do programu szkolenia.

Ze względu na różne rodzaje sprzętu istnieją różnice w metodach eksploatacji, a więc tutaj są potrzebne specjalizacje. Podejście do eksploatacji central systemów biegowego i krzyżowego będzie różnić się dość istotnie ze względu na różnice w konstrukcji zespołów komutacyjnych i różnice w sposobie sterowania zespołów. W większości starszych systemów telefonicznych ustawienie wy-

bieraka na żądanym wyjściu, czyli jego sterowanie odbywa się w tym samym obwodzie, w którym odbędzie się rozmowa. A więc abonent wybierając numer wzywanego abonenta, ustawia kolejne wybieraki na odpowiednich wyjściach. Taki sposób wybierania nazywamy wybieraniem bezpośrednim, jest stosowany w centralach biegowych systemu Strowgera 32 AB, szeroko rozpowszechnionego w Polsce. W centralach systemu krzyżowego stosuje się przekazywanie sygnałów sterujących w centralach inną drogą niż droga rozmówna i taki sposób sterowania nazywany jest sterowaniem obejściowym. W związku z tym w centralach systemu krzyżowego pojawiają się nowe zespoły, zwane rejestrkami i cechownikami, które "centralizują" czynności sterowania. Te wszystkie zasadnicze różnice stosowanych u nas systemów central telefonicznych mają istotny wpływ na organizację eksploatacji i ten wpływ musi być szczegółowo omówiony w programie szkolenia pracowników eksploatacji.

Można więc powiedzieć, że właściwe wyszkolenie pracowników eksploatacji i odpowiednie doszkalanie w miarę potrzeby w czasie pracy jest bardzo ważnym czynnikiem rzutującym na jakość usług central telefonicznych.

4. ORGANIZACJA EKSPLOATACJI CENTRAL TELEFONICZNYCH

Przejdziemy teraz do zagadnienia organizacji eksploatacji, ale ze względu na jego złożoność podzielimy to zagadnienie na szereg punktów. W punktach tych (5 + 10) będziemy kolejno analizować czynniki mające wpływ na

kończącą postać strategii utrzymania central telefonicznych. Zagadnienie to jest bardzo złożone i niedostatecznie opracowane oraz jego składniki nie zostały dotychczas odpowiednio usystematyzowane. Dlatego w pracy tej przedstawiono próbę wyjaśnienia szeregu aspektów strategii utrzymania central telefonicznych, uwzględniającą istniejące poglądy na ten temat, ze wskazaniem możliwości pewnych powiązań teorii i praktyki.

Jak poprzednio zaznaczono, w pracy tej będą dalej rozważane tylko zagadnienia związane z pojęciami utrzymania i konserwacji, bez analizy czynników eksploatacyjnych związanych z pojęciami sprawności usługowej i użytecznej.

5. ANALIZA PRZYCZYŃ I SKUTKÓW WAD

5.1. Pojęcia wstępne

W centralach telefonicznych rozróżniamy zespoły komutacyjne (wybieraki) i zespoły przekaźnikowe. Wszystkie te urządzenia będziemy w skróceniu nazywać zespołami lub ogólniej obiektami. Zespoły (obiekty) są urządzeniami złożonymi z wielu elementów prostych, które nie mogą być dalej rozłożone na elementy prostsze.

Są możliwe dwa graniczne stany każdego zespołu. Stany te będziemy nazywać stanem zdatności i stanem niezdatności. Za zespół zdatny będziemy uważać taki zespół, który jest zdolny do wykonania przewidzianych dla niego zadań zgodnie z wymaganiami. Zespół niezdatny nie może

wykonać przewidzianych dla niego zadań. Między tymi dwoma stanami może istnieć wiele innych pośrednich stanów, które opisują różny stopień pogorszenia właściwości zespołu. Można rozważać również stany zdatności i niezdatności całej centrali telefonicznej, ale tego zagadnienia nie będziemy tutaj analizować.

Przejścia od stanu do stanu podlegają pewnemu mechanizmowi probabilistycznemu, którego prawa mogą być:

- całkowicie znane,
- częściowo znane,
- zupełnie nieznanne.

W naszym przypadku, rozważając różne rodzaje strategii, będziemy zakładać, że prawa te są znane, chociaż można by podać szereg wątpliwości

Stany nie nadzorowanego zespołu zmieniają się w naturalny i spontaniczny sposób, aż do uszkodzenia. To zachowanie się urządzenia może być jednak kontrolowane i sterowane za pomocą odpowiedniego nadzoru i czynności podejmowanych w odpowiednich momentach. Ciąg kolejnych czynności wpływających na zachowanie się poszczególnych zespołów lub całej centrali telefonicznej tworzy strategię konserwacji lub strategię utrzymania. Różnica między kontrolowanym i swobodnym zachowaniem się zespołu lub centrali jest miarą wpływu strategii.

5.2. Klasyfikacja wad i uszkodzeń

Analizując zagadnienia strategii utrzymania i konserwacji, można rozpocząć od analizy przyczyn wad i u-

stalić pewną klasyfikację wad; następnie badając skutki wad, określić odpowiednie strategie. Oczywiście wszystkie wnioski uzyskane w takich rozważaniach powinny być zweryfikowane w praktyce. W pracy tej ze względu na jej zakres omówiono te zagadnienia głównie w sposób jakościowy.

Określimy teraz podstawowe pojęcia, które będziemy stosować dalej lub które zostały już wspomniane.

Wada zespołu jest to niezgodność z wymaganiami co najmniej jednej z jego właściwości. Rozróżniamy wady konstrukcyjne, produkcyjne, materiałowe itp. Należy zwrócić uwagę, że istnienie wady nie świadczy o niezdatności zespołu. Zespół wadliwy może poprawnie wykonać przewidziane dla niego czynności, ale zwykle prawdopodobieństwo uszkodzenia jest wówczas większe. Wady dzielimy na pogorszenia i uszkodzenia.

Pogorszenie jest to jeden z możliwych stanów zespołu pomiędzy stanami zdatności i niezdatności.

Uszkodzenie jest to przejście zespołu do stanu niezdatności ze stanu zdatności lub pogorszenia. Zespół uszkodzony nie może poprawnie wykonać przewidzianych dla niego czynności.

Mówiąc ogólnie, wady zespołów mogą występować na skutek [10]:

- pojawienia się fizycznych procesów odwracalnych, na przykład w wyniku przekroczenia dopuszczalnej wartości jednego z czynników wymuszających;
- skokowej zmiany cech mierzalnych lub niemierzalnych zespołu poza granice dopuszczalne;

- wystąpienia nieodwracalnych procesów fizycznych w zespole lub elemencie zespołu, czyli tzw. starzenie występujące po pewnym okresie eksploatacji.

Czas eksploatacji dowolnego zespołu, grupy zespołów lub całej centrali można podzielić na trzy okresy, z którymi można powiązać trzy podane wyżej przyczyny występowania wad. Jeżeli częstość uszkodzeń (p) określimy na przykład dla zespołu jako stosunek liczby uszkodzeń do liczby zadziałań, zależność tej częstości od czasu można przedstawić w sposób podany na rys. 2.

Na tym rysunku odcinek A stanowi początkowy okres eksploatacji, w którym częstość uszkodzeń stale maleje. W tym okresie uszkodzenia wynikają głównie z wad instalacyjnych, które w większości zostaną wykryte i usunięte. Ponieważ w większej grupie nowych zespołów są zawsze egzemplarze o ukrytych wadach produkcyjnych, materiałowych i konstrukcyjnych, zespoły te ulegną uszkodzeniu stosunkowo szybko po rozpoczęciu pracy. Jest to druga przyczyna występowania uszkodzeń w tym okresie. Wszystkie uszkodzenia na skutek wymienionych wad zostają w większości wykryte i usunięte. Dlatego liczba uszkodzeń na skutek tych wad szybko maleje i pod koniec omawianego okresu zbliża się do zera. Wymienione wady będą powodować uszkodzenia na skutek przekroczenia dopuszczalnych wartości czynników wymuszających lub przez błędne wykonanie przewidzianych czynności. Trzeci rodzaj uszkodzeń występujących w tym okresie to uszkodzenia występujące w sposób przypadkowy na skutek skokowej zmiany cech elementów. Uszkodzenia tego rodzaju występują przez

cały okres eksploatacji urządzenia.

W pracy [25] wyżej omówiony okres dla central telefonicznych określa się na około 18 miesięcy.

W drugim okresie (odcinek B na rys. 2), który jest okresem normalnej eksploatacji urządzenia, częstość uszkodzeń będzie w przybliżeniu stała i zależna od zastosowanej metody konserwacji. Uszkodzenia występujące w tym okresie występują również w okresach A i C; są to uszkodzenia przypadkowe na ogół powstające w wyniku skokowej zmiany cech elementów.

Po pewnym okresie eksploatacji zespołu następuje zużycie jego elementów i występuje zjawisko starzenia, a więc częstość uszkodzeń zaczyna wzrastać. Wówczas jesteśmy w okresie C (rys. 2) i jeżeli urządzenie ma nadal pracować, należy wymienić niezdatne elementy oraz przeprowadzić regulację. Jeżeli jednak zużycie i starzenie osiągnęło pewne dopuszczalne granice, wówczas należy wymienić cały zespół, a nawet w pewnych przypadkach całą centralę. Okres C nazywany jest okresem starzenia.

Z powyższych rozważań wynika, że składnik opisujący uszkodzenia przypadkowe jest w przybliżeniu stały przez cały czas użytkowania obiektu. Natomiast w okresie początkowym dochodzi czynnik składający się z uszkodzeń powstających na skutek wad instalacyjnych oraz ukrytych wad elementów, a w okresie końcowym dochodzi czynnik opisujący wzrost uszkodzeń na skutek zużycia i starzenia. Częstości uszkodzeń dla tych trzech czynników są oczywiście różne dla różnych systemów central i zależą od wielu przyczyn.

Należy powiedzieć, że podany wyżej opis zmian i charakteru uszkodzeń w czasie dotyczy w zasadzie nowszych systemów central, na przykład systemu krzyżowego. Dla central systemu biegowego należałoby do rys. 2 wprowadzić pewną poprawkę. Ponieważ zespoły komutacyjne tych systemów składają się z dużej liczby elementów mechanicznych podlegających zużyciu w okresie normalnej eksploatacji (okres B), w tym więc okresie oprócz stałego składnika uszkodzeń przypadkowych występuje rosnący składnik uszkodzeń na skutek zużycia. Jeżeli stosowane są w pewnych momentach czynności konserwacji profilaktycznej, to w tych momentach wartość tego składnika obniża się do poziomu uszkodzeń przypadkowych. Zilustrowano to na rys. 3, gdzie momenty t_1 , t_2 są momentami, w których wykonano czynności profilaktyczne.

5.3. Przyczyny i skutki wad

Analizę przyczyn i skutków wad można przedstawić szkicowo w sposób podany na rys. 4. Z punktu widzenia przyczyn rozróżniamy wady instalacyjne, konstrukcyjne, produkcyjne i materiałowe. Jako skutki wady wyróżniamy dwa stany: pogorszenie i uszkodzenie. Pogorszenie oznacza niekorzystną zmianę cech obiektu, ale pozostaje możliwość poprawnego wykonania przewidzianych dla tego obiektu czynności. Jako drugi możliwy skutek pojawienia się wady wyróżniamy uszkodzenie. Uszkodzenia występujące w centralach telefonicznych można podzielić na cztery grupy.

Do pierwszej grupy zaliczamy uszkodzenia okresu początkowego (okres A) wynikające z wad typowych dla tego okresu, jak instalacyjne, konstrukcyjne itd. Druga grupa to uszkodzenia przewidywane na skutek zużycia elementów. Trzecia grupa to uszkodzenia przypadkowe, nieprzewidywane, wynikające głównie z zapylenia pomieszczeń central i korozji powierzchni stykowych. Wreszcie ostatnia, czwarta grupa, obejmuje uszkodzenia okresu końcowego eksploatacji, wynikające ze starzenia i zużycia elementów. Grupa druga i trzecia uszkodzeń występują w okresie normalnej eksploatacji (okres B), z tym że grupa druga głównie w centralach biegowych. Te dwie grupy uszkodzeń omówimy teraz szerzej.

Uszkodzenia przewidywane powstają w sytuacji, gdy intensywność uszkodzeń obiektu jest funkcją rosnącą, a więc w obiektach składających się z elementów podlegających zużyciu. Dlatego na podstawie znajomości charakterystyk tych elementów można przewidywać, kiedy ulegną uszkodzeniu. Na podstawie przeprowadzonych badań okazało się [37], [41], że częsta regulacja mechanizmów złożonych z takich elementów, na przykład wybieraków w centralach biegowych jest szkodliwa dla dalszej pracy sprzętu. Wynika to z omylności pracowników regulujących sprzęt oraz z istnienia okresu "docierania" elementów po regulacji.

"Omylność pracowników" podczas regulacji wynika z faktu, że warunki regulacji są pewnym wskaźnikiem dopuszczalnych granic regulacji i nawet najlepiej wyszkolony i doświadczony technik popełnia omyłki w toku wyte-

żonej pracy przy sprawdzaniu i regulacji wybieraków, na przykład na skutek niedokręcenia nakrętki lub zbyt mocnego dokręcenia. Jak trudna jest regulacja wynika z doświadczeń opisanych w pracy [37]. W jednym z opisanych tam doświadczeń dziesięciu teletechników regulowało kolejno jeden wybierak nie wiedząc, że to jest ten sam wybierak. W czasie doświadczenia wybierak nie pracował. Tych dziesięciu teletechników już poprzednio w innym doświadczeniu wykazało, że wybieraki przez nich wyregulowane mogą pracować poprawnie w okresie odpowiadającym 20-letniej pracy przy znikomej liczbie uszkodzeń, a więc zostały stwierdzone ich wysokie kwalifikacje. Każdy z nich pracował teraz kolejno, regulując ten sam wybierak, który nie wykonywał żadnej pracy. Trwało to około 9 godzin straconych na poprawianie jeden drugiego, przy wykorzystaniu instrukcji regulacji. Potwierdziło to podejrzenie, że często bez potrzeby reguluje się mechanizmy wybieraków.

Zjawisko "docierania" po regulacji wynika z faktu, że powierzchnie trące lub zderzające się ze sobą w pewnym sensie utwardzają się i dopasowują do siebie w czasie współpracy i dalsze ich zużywanie się po dotarciu jest bardzo powolne. Ponieważ naruszenie tego stanu rozpoczyna nowy okres docierania, w którym intensywność uszkodzeń wzrasta, należy dążyć do przyjęcia takiego sposobu postępowania, by regulacja była dokonywana tylko w przypadkach niezbędnych.

Uszkodzenia przypadkowe w centralach telefonicznych powstają w sposób skokowy i nie można ich przewidzieć.

Są to przede wszystkim uszkodzenia powodowane przez kurz i korozję powierzchni styków. Środkiem zaradczym w obu przypadkach jest czyszczenie zestyków, chociaż często nie wiadomo, jaka jest przyczyna uszkodzenia, kurz czy korozja. Kurz i włókna, pochodzące z odzieży personelu, izolacji okablowania oraz nawet ze skóry, są stałą przyczyną uszkodzeń przypadkowych. Wszystkie administracje telefoniczne i producenci sprzętu zgodni są co do tego, że należy dążyć, by pomieszczenia przeznaczone na sprzęt komutacyjny były wolne od kurzu [13], [16], [27], [53].

Dodatkowo stwierdzono szkodliwy wpływ niewłaściwej wilgotności na pracę zestyków poprzez wpływ na proces koncentracji kurzu. Wprawdzie przy zbyt dużej wilgotności lekkie cząsteczki kurzu łącząc się z cięższymi od nich cząsteczkami wody, szybciej spadają w dół, ale równocześnie wzrasta podatność na korozję i pogarsza się izolacja okablowań i pól wielokrotnych. Przy zbyt małej wilgotności wzrasta wydzielanie się kurzu przy każdym ruchu z włóknistej izolacji różnych okablowań, odzieży personelu itp., co powoduje wzrost koncentracji kurzu. Wówczas występują również zmiany w warstwie tlenków na stykach, powodujące zmiany oporności i trzaski. Dlatego należy utrzymywać określony poziom wilgotności w pomieszczeniach ze sprzętem komutacyjnym. Temperatura występująca w strefie klimatycznej umiarkowanej nie wpływa w sposób uchwytny na działanie sprzętu komutacyjnego, jeżeli utrzymywany jest stały poziom wilgotności w pomieszczeniach ze sprzętem. Z podanych rozważań wynika, że utrzymywanie właściwych warunków klimatycznych i czysto-

ści pomieszczeń ze sprzętem ma istotny wpływ na liczbę uszkodzeń przypadkowych w centralach telefonicznych.

Dlatego aby zmniejszyć do minimum uszkodzenia przypadkowe, zaleca się spełnienie następujących warunków:

- nie stosować okien w pomieszczeniach ze sprzętem komutacyjnym lub stosować całkowicie szczelne i nie otwierane okna specjalnej konstrukcji;

- jeżeli okna są, to otwory okienne powinny być wyposażone od zewnątrz w żaluzje z lekkiego wypolerowanego i polakierowanego metalu, chroniące pomieszczenie od bezpośrednich promieni słońca;

- wewnętrzne zasłony tekstylne na okna są niedopuszczalne;

- ściany pomieszczeń ze sprzętem komutacyjnym powinny być wykonane z materiałów o dobrej izolacji cieplnej;

- ściany tych pomieszczeń powinny być pokryte nie ścierającymi się farbami, a podłoga warstwą linoleum lub innym materiałem o odpowiednich właściwościach;

- wejścia powinny być wyposażone w tzw. śluzy powietrzne;

- z pomieszczeń ze sprzętem komutacyjnym powinny być usunięte wszystkie zbędne urządzenia i sprzęt pomocniczy;

- pomieszczenia pomocnicze powinny być zlokalizowane w pobliżu pomieszczeń ze sprzętem komutacyjnym;

- wszystkie urządzenia kontrolno-badaniowe i pomiarowe powinny być zlokalizowane w oddzielnym pomieszczeniu;

- należy stosować klimatyzację pomieszczeń ze sprzętem komutacyjnym;

- sprzęt powinien być zabezpieczony od kurzu odpowiednimi pokrywami i osłonami;

- zaleca się stosować specjalną odzież.

Następujący przykład oparty na danych z publikacji [11] wykazuje wpływ uszkodzeń przypadkowych na statystykę uszkodzeń. Uszkodzenia przypadkowe można podzielić na uszkodzenia chwilowe i trwałe. Uszkodzenia chwilowe, na przykład na skutek zabrudzenia zestyku, mogą same zniknąć i w następnym połączeniu już nie wystąpić. Tego typu uszkodzenia są szczególnie nieprzyjemne, bo personel zaangażowany do ich wyszukiwania nic nie znajduje i traci zaufanie do reklamacji i urzędzeń kontrolno-badaniowych, które stwierdziły uszkodzenie.

Przykład rozpoczniemy od zestawienia danych podanych w pracy [11], które wykorzystamy do dalszych rozważań. Dane te dotyczące liczby reklamacji są następujące:

- w Szwecji ogólna liczba reklamacji wynosiła 80 na 100 abonentów rocznie, w tym 88% reklamacji było uzasadnionych;

- w Holandii ogólna liczba reklamacji wynosiła 145 na 100 abonentów rocznie, w tym tylko 47% reklamacji było uzasadnionych;

- w Irlandii ogólna liczba reklamacji była równa 148 na 100 abonentów, w tym znalezionych wad było 46%.

Dane powyższe dla Szwecji i Holandii dotyczą sieci telefonicznych wyposażonych w centrale produkowane przez firmę L.M. Ericsson, natomiast dane dotyczące Irlandii dotyczą sieci obsługiwanych przez centrale systemu Strowgera.

Przytoczone dane możemy przeliczyć, otrzymując liczbę uzasadnionych reklamacji na 100 abonentów. Otrzymamy:

- dla Szwecji 71,
- dla Holandii 69,
- dla Irlandii 68.

Z powyższego przeliczenia wynika więc, że dla wszystkich trzech przypadków liczba uzasadnionych reklamacji jest prawie identyczna. Tak dużą liczbę reklamacji nieuzasadnionych dla drugiego i trzeciego przypadku (Holandia i Irlandia) można tłumaczyć:

- dużą liczbą błędów przypadkowych zanikających (chwilowych), wynikających z warunków otoczenia;
- niewłaściwym posługiwaniem się telefonem przez abonentów;
- wyjściową jakością sprzętu komutacyjnego;
- jakością urządzeń kontrolno-badaniowych.

Dla pierwszego przypadku (Szwecja) liczba reklamacji na 100 abonentów jest mniejsza od pozostałych o około 45%, a więc z punktu widzenia abonenta jakość usług była znacznie lepsza, mimo że liczba uzasadnionych reklamacji jest prawie równa dla wszystkich trzech przypadków. Można postawić hipotezę, że wynik ten osiągnięto

przede wszystkim dzięki zastosowaniu w maksymalnym stopniu wszystkich czynników zmniejszających uszkodzenia przypadkowe, takich jak "zasada zamkniętego pomieszczenia", klimatyzacja, wydzielenie pomieszczeń ze sprzętem kontrolno-badaniowym i pomiarowym, ograniczenie do niezbędnego minimum pobytu personelu w salach ze sprzętem itp.

5.4. Uszkodzenia pilne i niepilne

Celem konserwacji nie jest utrzymanie sprzętu w stanie zupełnie bezbłędnym, ale zapewnienie minimalnego wpływu uszkodzeń na sprawność usługową centrali, zanim te uszkodzenia zostaną wykryte. Dlatego uszkodzenia powinny być również sklasyfikowane według ich wpływu na usługi. Wpływ uszkodzeń na jakość usług powinien więc stanowić kryterium dla określenia zakresu wysiłków zmierzających do zlokalizowania i usunięcia tych uszkodzeń. Z tego punktu widzenia dzielimy uszkodzenia na pilne i niepilne. Do uszkodzeń pilnych zaliczamy uszkodzenia wynikające zwykle z reklamacji abonentów, dotyczące najczęściej indywidualnego wyposażenia abonenta, odczuwane tylko przez jednego abonenta lub niewielką grupę abonentów; do pilnych zaliczamy również uszkodzenia, które można nazwać poważnymi z tego względu, że wpływają poważnie na usługi dla dużej liczby abonentów. Oba powyższe rodzaje uszkodzeń pilnych są zwykle wyraźnie zlokalizowane i ich usunięcie nie sprawia trudności. Natomiast do uszkodzeń niepilnych zaliczamy uszkodzenia

niepoważne, ale wpływające na dużą liczbę abonentów. Te uszkodzenia są trudne do zlokalizowania i duży wysiłek kieruje się w celu ich usunięcia.

Stopień pilności usuwania poszczególnych rodzajów uszkodzeń ma wpływ na szybkość ich usuwania. Tutaj różniamy trzy rodzaje realizacji czynności związanych z usuwaniem uszkodzeń:

- natychmiastowa realizacja tych czynności nawet poza normalnymi godzinami pracy;

- realizacja potrzebnej czynności tak szybka jak to jest możliwe, ale tylko w czasie normalnych godzin pracy;

- realizacja potrzebnej czynności w najbardziej dogodnym czasie z punktu widzenia personelu, który jest do dyspozycji, i ewentualnie transportu (w przypadku central bez obsługi).

Z podanego przeglądu wynika, że aby ustalić odpowiedni sposób postępowania przy wyszukiwaniu i usuwaniu uszkodzeń, należy znać dobrze przyczyny i skutki uszkodzeń. Należy likwidować przyczyny wpływające na wzrost liczby uszkodzeń oraz przede wszystkim usuwać te uszkodzenia, których skutki dla jakości usług są najgroźniejsze.

6. STRATEGIE KONSERWACJI

6.1. Rodzaje strategii

Jak wspomniano poprzednio, analizując zagadnienie powstawania uszkodzeń w centralach telefonicznych, należy wyjść od analizy przyczyn uszkodzeń; następnie analizując skutki uszkodzeń, będziemy mogli dobrać odpowiednią strategię utrzymania, której część będzie stanowić strategia konserwacji. Aby to stwierdzenie stało się jasne, podamy teraz definicje pojęć "utrzymanie" i "konserwacja" według CCITT [3] oraz określimy pojęcia strategii utrzymania i konserwacji.

Zgodnie z definicją CCITT, przez utrzymanie urządzenia technicznego rozumiemy wszystkie czynności mające na celu utrzymanie tego urządzenia w stanie dobrej sprawności. Obecnie tego można powiedzieć, że strategią utrzymania będzie odpowiednie dobranie tych czynności w czasie ich realizacji.

Według CCITT pewną część tych czynności, a mianowicie badania, pomiary i regulacje nazywamy konserwacją. Rozróżniamy różne rodzaje konserwacji, jak np. dla central telefonicznych konserwację zapobiegawczą i korekcyjną.

Podamy tutaj definicje tych konserwacji ustalone przez CCITT.

"Konserwacja zapobiegawcza - są to badania, pomiary i regulacja na wartości przepisowe przed pojawieniem się uszkodzenia".

"Konserwacja korekcyjna - są to badania, pomiary i regulacja na wartości przepisowe, które wykonuje się w następstwie uszkodzenia"

Strategia konserwacji będziemy nazywać wybrany zestaw badań, pomiarów i regulacji oraz program ich realizacji w czasie.

Przez optymalną strategię utrzymania czy konserwacji będziemy rozumieć realizację celu strategii przy możliwie najniższych kosztach względnie dającą najlepsze wyniki z innego punktu widzenia.

Z powyższych rozważań wynika, że pojęcie strategii utrzymania jest szersze niż pojęcie strategii konserwacji, gdyż strategia utrzymania obejmuje oprócz strategii konserwacji jeszcze szereg innych przedsięwzięć mających na celu utrzymanie eksploatowanych urządzeń technicznych w stanie wymaganej sprawności. Na przykład w przypadkach central telefonicznych takimi czynnościami wchodzącymi do strategii utrzymania, a nie objętych strategią konserwacji są:

- początkowy wybór sprzętu,
- dobranie personelu o odpowiednich kwalifikacjach,
- analiza reklamacji abonenckich itp.

6.2. Teoretyczne strategie konserwacji

Z teoretycznego punktu widzenia strategie konserwacji można podzielić dalej na pewne grupy, co wynika z różnic w organizacji konserwacji względnie z ograniczonego zakresu danych wyjściowych.

Z wielu strategii konserwacji rozważanych w teorii strategii [2] można wybrać dwie, które mogą być bezpośrednio zastosowane do konserwacji central telefonicznych. Są to:

- okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej,
- okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej.

Słowo okresowa oznacza tutaj, że podejmowane czynności wymiany czy nadzoru wykonywane są w jednakowych odstępach czasu.

Aby wyjaśnić bliżej obie powyższe strategie, należy wprowadzić co najmniej jakościowo pojęcie intensywności uszkodzeń, wspomniane już poprzednio. Pojęcie to określamy jako pewną skłonność danego elementu lub zespołu do uszkodzenia, wyrażoną liczbowo i odniesioną do jednostki czasu względnie wyrażonej jako funkcja czasu. Intensywność uszkodzeń może być w czasie stała, rosnąca (najczęściej) lub malejąca. Intensywność uszkodzeń rosnąca jest najbardziej naturalna, gdyż w miarę zużycia dany element jest coraz bardziej narażony na uszkodzenie i ta jego właściwość jest zdeterminowana.

Intensywność uszkodzeń jest stała, gdy rozpatrywany element ma zawsze jednakowe właściwości eksploatacyjne, czyli jakby nie ulegał zużyciu i prawdopodobieństwo jego uszkodzenia w jednostce czasu jest zawsze jednakowe. Oczywiście w rzeczywistości takie warunki mogą zacho- dzić tylko w przybliżeniu w określonym przedziale czasu. Można powiedzieć, że uszkodzenie takiego elementu występuje w sposób przypadkowy lub losowy.

Aby wyjaśnić pojęcie okresowej strategii konserwacji zapobiegawczej, należy najpierw sformułować teoretyczne pojęcie konserwacji zapobiegawczej, nieco inne od definicji CCITT. Pojęcie to można podać krótko w postaci: konserwacja zapobiegawcza polega na wymianach danego obiektu, realizowanych w pewnych odstępach czasu przed pojawieniem się uszkodzenia.

Jeżeli dany obiekt wykazuje wzrastającą intensywność uszkodzeń i uszkodzenie w czasie normalnej pracy obiektu przynosi większe straty niż wymiana przed uszkodzeniem, wówczas będzie celowe wymienić ten obiekt przed uszkodzeniem, po przepracowaniu przez niego pewnego okresu czasu. Jeżeli intensywność uszkodzeń jest stała, wówczas stosowanie konserwacji zapobiegawczej nie ma sensu, gdyż po zapobiegawczej wymianie dobrego elementu, wstawiony nowy element ma identyczną intensywność uszkodzeń i może ulec uszkodzeniu w najbliższym momencie.

Na podstawie tych rozważań możemy teraz podać końcowe określenie pierwszej strategii:

"okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej polega na wymianach danego obiektu, realizowanych w jednakowych odstępach czasu przed pojawieniem się uszkodzenia; w przypadku wystąpienia uszkodzenia wymiany dokonuje się natychmiast".

Optymalną strategię zapobiegawczą mamy wówczas, gdy odstęp czasu są dobrane w ten sposób, by koszty konserwacji były najmniejsze przy określonych wymaganiach jakości pracy obiektu. Strategia ta może mieć zastosowanie tylko do obiektów o wzrastającej intensywności uszkodzeń.

Odnośnie zastosowań w centralach telefonicznych można powiedzieć, że centrale systemów biegowych, wykorzystujące wybieraki dwuruchowe zbudowane z wielu ruchomych części mechanicznych o wzrastającej intensywności uszkodzeń (zużywające się), mogą być przedmiotem zastosowań okresowej strategii konserwacji zapobiegawczej. Wprawdzie zakres wykorzystania tej strategii został znacznie ograniczony w tych centralach z powodów, które dalej zostaną omówione, to jednak w zespołach zawierających zużywające się części mechaniczne całkowite wyeliminowanie tej strategii nie jest możliwe. W centralach telefonicznych badania objęte tą strategią noszą nazwę systematycznych badań i są oznaczane w skróceniu SB.

Druga wymieniona strategia może być stosowana w przypadku występowania stałego współczynnika intensywności uszkodzeń. Tę strategię możemy więc stosować do obiektów ulegających uszkodzeniom w sposób przypadkowy, a więc na przykład w centralach systemu krzyżowego. Wynika to z charakteru uszkodzeń w tych centralach, które mają przeważnie charakter przypadkowy. Strategię tę stosujemy, gdy nie mamy bieżącej informacji o aktualnym stanie danego obiektu. Tutaj co pewien określony czas dokonuje się sprawdzenia, czyli inspekcji, czy obiekt jest dobry czy uszkodzony.

Można więc podać następującą definicję tej strategii: "okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej polega na sprawdzaniu danego obiektu w jednakowych odstępach czasu w celu stwierdzenia, czy dany obiekt jest zdalny do pracy czy niezdatny; obiekty niezdatne natychmiast wymie-

nia się lub przez naprawę doprowadza do stanu pełnej zdatności". Optymalną strategię otrzymujemy, gdy odstępy czasu są dobrane w ten sposób, by koszty konserwacji były najmniejsze przy określonych wymaganiach jakości pracy obiektu. Strategia ta może mieć zastosowanie do obiektów o stałej intensywności uszkodzeń.

Reasumując omówione zagadnienia, można powiedzieć, że w czasie eksploatacji jakiegoś urządzenia można wybrać jeden z następujących sposobów postępowania:

- 1) nic nie robić;
- 2) wymieniać obiekty po określonym czasie pracy niezależnie od ich zużycia;
- 3) wymieniać lub naprawiać obiekty układu w przypadku ich uszkodzenia.

W ostatnim z tych sposobów, aby wiedzieć czy dany obiekt jest uszkodzony, należy:

- a) nadzorować obiekt w sposób ciągły i w zależności od zmian stanu wykonywać przewidziane przez strategię czynności;
- b) sprawdzać (przeprowadzać inspekcję) w jednakowych odstępach czasu stan danego obiektu układu i w zależności od stanu wykonywać ewidencjonowane czynności.

W teorii strategii konserwacji strategię objęte punktami (2) oraz (a) są strategiami zapobiegawczymi, a strategię objęte punktami (3) i (b) są strategiami inspekcyjnymi. Zwykle rozważa się różne kombinacje czynności (2) i (3).

Rozważając centrale telefoniczne, możemy przyjąć, że przy badaniu uszkodzeń elementów w mechanizmach zespołów będziemy mieli rosnącą intensywność uszkodzeń w zależności od czasu, a więc do dalszych analiz musimy mieć dany rozkład uszkodzeń. Natomiast przy badaniu uszkodzeń typu przypadkowego intensywność uszkodzeń jest stała i rozkład uszkodzeń można przyjąć za znany. W takiej sytuacji w pierwszym przypadku należy stosować strategię konserwacji zapobiegawczej, a w drugim inspekcyjnej. Tak więc w centralach systemów biegowych, zawierających znaczną liczbę elementów mechanicznych, należałoby stosować obie strategie równolegle, gdyż część elementów ulega zużyciu i ma rosnącą intensywność uszkodzeń, a uszkodzenia przypadkowe występują we wszystkich systemach central, a więc i tutaj. Natomiast w nowszych systemach central telefonicznych w okresie normalnej eksploatacji występują w zasadzie tylko uszkodzenia typu przypadkowego, wobec tego strategia konserwacji profilaktycznej prawie całkowicie zanika, natomiast strategia konserwacji inspekcyjnej odgrywa główną rolę.

Należy jeszcze wspomnieć, że omówione tutaj dwie strategie teoretyczne odnoszą się w zasadzie do pojedynczych zespołów i takie strategie można nazywać indywidualnymi strategiami. W teorii strategii utrzymania bada się również strategie dotyczące równocześnie wielu zespołów, nazywane dla odróżnienia strategiami grupowymi. Strategie grupowe nie będą w tej pracy rozważane ze względu na ograniczony jej zakres, ale należy powiedzieć, że mogą one znaleźć zastosowanie w centralach telefonicznych.

Stosując na przykład strategię konserwacji zapobiegawczej, możemy rozpatrywać każdy zespół oddzielnie lub grupę zespołów jako całość i wymieniać (badać) wszystkie zespoły grupy równocześnie w jednakowych odstępach czasu.

6.3. Okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej

W teorii strategii konserwacji rozróżnia się również szereg odmian okresowej strategii konserwacji zapobiegawczej. Podamy tutaj dwie z nich.

Pierwsza strategia

Wykonuje się zaplanowaną konserwację zapobiegawczą po czasie t ciągłej pracy bez uszkodzenia; jeżeli obiekt uszkodzi się przed czasem t , wykonuje się naprawy lub dokonuje wymiany w chwili uszkodzenia i czas do zapobiegawczej konserwacji liczy się od początku. Toteż po każdej czynności (konserwacja zapobiegawcza, czyli naprawa lub wymiana) obiekt powraca do stanu pełnej sprawności, tzn. że rosnąca intensywność uszkodzeń zmienia się i jej wartość powraca do wartości początkowej.

Druga strategia

Wykonuje się zaplanowaną konserwację zapobiegawczą po przepracowaniu przez obiekt czasu t , niezależnie od liczby uszkodzeń, które wystąpiły w obiekcie w czasie t ; po każdym uszkodzeniu jest wykonywana tylko niezbędna naprawa, tzn. zostaje naprawiony lub wymieniony tylko element uszkodzony; natomiast po każdej konserwacji zapobiegawczej obiekt powraca do stanu pełnej sprawno-

ści. Wartość chwilowa rosnącej intensywności uszkodzeń po wykonaniu niezbędnej naprawy nie zmienia się, a po wykonaniu konserwacji zapobiegawczej jej wartość zmienia się do wartości początkowej.

Można wyjaśnić, że jeżeli w zespole złożonym z dużej liczby elementów w czasie niezbędnej naprawy na skutek uszkodzenia wymienimy jeden element na nowy, pozostawiając pozostałe bez zmiany, to intensywność uszkodzeń zespołu jako całości prawie się nie zmienia.

Analizując oba powyższe modele, można stwierdzić, że drugi model dobrze odpowiada praktycznym czynnościom stosowanym w czasie konserwacji central systemów biegowych, gdyż w centralach tego systemu systematyczne badania są realizowane w jednakowych odstępach czasu, a w czasie uszkodzenia usuwa się tylko bezpośrednią przyczynę złej pracy zespołu.

Wobec tego można powiedzieć, że zależności matematyczne, opracowane dla tego przypadku w teorii strategii konserwacji [2], mogą mieć bezpośrednie zastosowanie dla central telefonicznych. Korzystając z tych zależności, można powiedzieć, że dla określenia optymalnego okresu omawianej strategii należy rozwiązać następujące równanie względem T:

$$\int_0^T s \lambda'(s) ds = T_p/T_a,$$

gdzie

$\lambda(s)$ - funkcja intensywności uszkodzeń,

T_p - wartość oczekiwana czasu trwania wymiany zapobiegawczej,

T_a - wartość oczekiwana czasu trwania wykonania niezbędnej naprawy.

To, że ta strategia nie może być stosowana w przypadku, gdy intensywność uszkodzeń jest stała, o czym poprzednio wspomniano, wynika bezpośrednio z podanego wzoru, gdyż wówczas $\lambda'(s) = 0$.

6.4. Okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej

Porównując teoretyczne określenie okresowej strategii konserwacji inspekcyjnej podane poprzednio z definicją konserwacji korekcyjnej podanej przez CCITT, widzimy wyraźne związki. Ponieważ podane w definicji konserwacji korekcyjnej czynności wykonuje się w następstwie uszkodzenia, wobec tego jest to naprawa elementu lub zespołu, a więc mamy ścisły związek ze strategią konserwacji inspekcyjnej. W podanym określeniu konserwacji korekcyjnej nie jest powiedziane, w jaki sposób znajdujemy uszkodzone zespoły.

Praktycznie są możliwe różne rozwiązania tego zagadnienia, na przykład wszystkie zespoły są nadzorowane w sposób ciągły (nadzór ciągły), co jest jednak bardzo kosztowne. Inny sposób to sprawdzanie (inspekcja) co pewien okres czasu każdego zespołu (nadzór okresowy) i wówczas mamy do czynienia z okresową strategią konserwacji inspekcyjnej.

Poszczególne zespoły można co pewien okres czasu sprawdzić w sposób systematyczny ręcznie albo automatycznie lub w sposób przypadkowy. Badania systematyczne polegają na realizowaniu badań wszystkich zespołów w zaprogramowanej kolejności. Sposób przypadkowy polega na zastosowaniu badań statystycznych, przez badanie zespołów za pomocą przypadkowych połączeń próbnych.

Na podstawie podanych rozważań można również przytoczyć przykład zastosowania do central telefonicznych zależności matematycznych, opracowanych w teorii strategii konserwacji dla okresowej strategii konserwacji inspekcyjnej [2]. Jeżeli założymy, że rozkład czasów pracy do pierwszego uszkodzenia jest wykładniczy, to wyjściowe równanie ma postać:

$$G(N) = \frac{\int_0^N \exp(-\lambda t) dt}{N + H + [1 - \sigma \exp(-\lambda N)] K}$$

gdzie:

$G(N)$ - stosunek czasu, w którym zespół pracował poprawnie do całkowitego rozważanego czasu;

N - przedział czasu pomiędzy końcem jednej naprawy a początkiem drugiej, czyli czas poprawnej pracy zespołu;

K - czas użyty na naprawę lub czas potrzebny na wymianę;

λ - stała intensywność uszkodzeń;

H - czas potrzebny na sprawdzenie danego zespołu;

σ - prawdopodobieństwo, że zespół nie ulegnie uszkodzeniu w czasie sprawdzania, jeżeli był zdalny przy rozpoczęciu sprawdzania.

Aby znaleźć optymalny okres sprawdzania N , należy obliczyć maksimum tej funkcji względem N . Różniczkujemy więc dwa razy równanie wyjściowe i po wprowadzeniu kwadratowego przybliżenia na miejsce $\exp(-\lambda N)$ ostatecznie otrzymamy następujący wzór na optymalny odstęp sprawdzania:

$$N = \sqrt{\left\{ 2 \left[H + (1 - \sigma) K \right] \right\} / \lambda}$$

Powyższe zależności podano jedynie dla zilustrowania możliwości i konieczności stosowania zależności analitycznych do ustalania praw rządzących konserwacją central telefonicznych, co dotychczas bardzo mało jest wykorzystywane w praktyce. Szczegółowe wyjaśnienie tych zagadnień wymaga zastosowania obszernego aparatu matematycznego, szczególnie rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej, teorii odnowy i teorii masowej obsługi. Zagadnienia te wykraczają poza ramy ustalone dla tej pracy i nie będą tutaj szerzej omawiane.

6.5. Odmiiany konserwacji stosowane w praktyce

Zobaczmy teraz, jak wyglądają metody konserwacji stosowane w rzeczywistości w centralach telefonicznych

na tle teoretycznych określeń jakościowych podanych wyżej.

W praktyce rozróżnia się obecnie trzy metody konserwacji central telefonicznych, z których trzecia jest pewnym rozwinięciem drugiej metody [5], [13], [20].

Są to:

- konserwacja zapobiegawcza (profilaktyczna);
- konserwacja korekcyjna;
- konserwacja korekcyjna z kontrolą (korekcyjno-kontrolna);

Stosowanie pojęcia "korekcyjna" w nazwie drugiej i trzeciej metody konserwacji wynika z przyjętej metody postępowania. Mianowicie w korekcyjnych metodach do naprawy przystępujemy tylko w wyniku uszkodzenia i usuwamy w zasadzie tylko bezpośrednią przyczynę uszkodzenia.

Konserwacja zapobiegawcza była tradycyjną metodą, polegającą na okresowym czyszczeniu, oliwieniu, regulacji i badaniu zespołów. Wszystkie te czynności są ogólnie nazywane systematycznymi badaniami. Metoda ta powstała na podstawie intuicji i doświadczenia. Dlatego systematyczne badania były wykonywane najczęściej bez głębszej analizy potrzeby i skuteczności wykonywanych zabiegów, bez analitycznej oceny celowości ustalonych okresów i bez dążenia do uproszczenia sposobu przeprowadzanych badań. Oprócz tego przy stosowaniu tej metody występuje zupełny brak informacji o pracy poszczególnych zespołów czy grup zespołów w okresie między z góry wyznaczonymi momentami sprawdzania. Zaletą konserwacji zapobiegawczej

jest to, że nie wymaga dodatkowego wyposażenia centrali i wystarczają proste urządzenia kontrolno-badaniowe i pomiarowe, dzięki temu wymagania co do kwalifikacji personelu nie są wysokie.

Konserwację zapobiegawczą można zilustrować graficznie w sposób podany na rys. 5. Wykreślona krzywa (1) podaje koszt utrzymania centrali przy stosowaniu konserwacji zapobiegawczej, a krzywa (2) jakość usług występującą przy tej metodzie konserwacji. Z wykresu wynika, że konserwacja zapobiegawcza po okresie początkowym daje stałą jakość usług przy dużych i stałych kosztach konserwacji. Okres początkowy do chwili t_0 wynika ze zwiększonej liczby uszkodzeń w okresie początkowym, bezpośrednio po uruchomieniu centrali telefonicznej. Okres ten może trwać od jednego do dwóch lat. W tym okresie koszty konserwacji początkowo są duże i powoli maleją, natomiast jakość usług rośnie do wartości nominalnej.

Koszty utrzymania central mogą być zmniejszone przez wykorzystanie postępu technicznego oraz przez zastosowanie lepszej organizacji utrzymania i konserwacji, oczywiście przy zachowaniu jakości usług na wymaganym poziomie. Wysokie koszty konserwacji zapobiegawczej wynikają z potrzeby wykonywania tysięcy badań w celu wykrycia ewentualnego uszkodzenia. Aby obniżyć koszty, celowe byłoby zastosowanie konserwacji polegającej na badaniu i naprawie tylko tych obiektów, które pracują wadliwie. Należy więc dążyć do uzyskania informacji, gdzie i kiedy powstają uszkodzenia w czasie realizacji połączeń.

W wyniku takich rozważań powstała metoda konserwacji korekcyjnej, która polega na koncentrowaniu czynności konserwacyjnych w tych okresach i miejscach, w których jakość usług obniży się poniżej określonej dopuszczalnej wartości.

Wykres kosztów konserwacji i jakości usług przy stosowaniu konserwacji korekcyjnej podano na rys. 6, na którym jakość usług i koszty konserwacji ulegają znacznym wahaniom w czasie pracy centrali, co jest dość istotną wadą tej metody. Jednak konserwacja korekcyjna daje duże efekty ekonomiczne w porównaniu z konserwacją zapobiegawczą ze względu na znaczne obniżenie kosztów utrzymania personelu technicznego centrali; wynika to z ograniczenia potrzebnych czynności do niezbędnego minimum.

Przy stosowaniu konserwacji korekcyjnej przyjmuje się jako zasadę, że nie należy regulować zespołów, gdy te pracują poprawnie, mimo że regulacja nie odpowiada obowiązującej instrukcji regulacji. Natomiast należy stosować nadzór jakości usług centrali i jeżeli ta obniży się poniżej dopuszczalnego poziomu, to wówczas dopiero należy przystąpić do badań i regulacji tych zespołów, które są tego przyczyną. Informacje o jakości usług uzyskuje się przede wszystkim na podstawie obserwacji połączeń telefonicznych rzeczywistych i sztucznych oraz z analizy reklamacji abonenckich. Dlatego konieczne jest prowadzenie dokładnej statystyki uszkodzeń, która ilustruje pracę centrali i stanowi podstawę decyzji dotyczących badań odpowiednich fragmentów centrali.

Aby uniknąć wspomnianej wady metody konserwacji korek-

cyjnej, polegającej na dużych wahaniami jakości usług, firma L.M. Ericsson opracowała nową metodę konserwacji, nazwaną konserwacją korekcyjną z kontrolą. W porównaniu z konserwacją korekcyjną, wprowadzono tutaj dodatkowo stały nadzór (kontrolę) ważniejszych zespołów sterujących centrali. Źródłem dodatkowych informacji są rejestratory uszkodzeń i liczniki statystyczne, nadzorujące pracę tych zespołów. Przy stosowaniu tej metody jakość usług centrali podlega bardzo małym wahaniami, przy stosunkowo niewielkich kosztach konserwacji (rys. 7), złożonych z dwóch składników, stałego i zmiennego. Składnik stały reprezentuje koszty stałego nadzoru ważniejszych urządzeń centrali, natomiast składnik zmienny ma podobne znaczenie jak poprzednio.

W obu metodach korekcyjnych stosowany jest statystyczny nadzór jakości usług, realizowany za pomocą tzw. próbników dróg połączeniowych, generujących w sposób automatyczny połączenia badaniowe. Natomiast zasada podejmowania decyzji oparta jest na teście sekwencyjnym, co dalej będzie szerzej omówione.

6.6. Rozwój metod konserwacji central biegowych

Konserwacja central biegowych tradycyjnie opierała się początkowo na intuicji i doświadczeniu. Stosowano zasadę badań systematycznych, polegających na badaniu, czyszczeniu, oliwieniu i regulacji poszczególnych zespołów centrali w jednakowych odstępach czasu niezależnie od tego, jak te zespoły realizowały powierzone im

czynności. Była to jedyna wówczas metoda konserwacji zapobiegawczej.

Ze względu na to, że systematyczne badania realizowano bez analizy skuteczności wykonywanych zabiegów i bez ścisłego analitycznego określenia celowości stosowanej częstości czynności konserwacyjnych oraz ze względu na brak informacji na temat pracy poszczególnych zespołów między momentami konserwacji, taki sposób postępowania zaczął budzić wątpliwości. Oprócz tego konserwacja zapobiegawcza była bardzo pracochłonna, co wynikało z przyjętej zasady okresowego badania tysięcy zespołów łączeniowych i pomocniczych w celu wykrycia ewentualnych uszkodzeń.

W roku 1954 ukazała się podstawowa praca Preista [37], która zapoczątkowała gwałtowną zmianę w poglądach dotyczących konserwacji central biegowych. W pracy [37] zreferowano wyniki doświadczeń z wybierakami central typu Strowgera 32 A, wykonanych w warunkach sztucznych. Uzasadniają one w sposób nie budzący wątpliwości, że najlepszą pracę takich wybieraków uzyska się, jeżeli:

- każdy wybierak zostanie dokładnie sprawdzony przed oddaniem centrali do użytku; sprawdzenie to jest konieczne, gdyż wybieraki mogą ulec rozregulowaniu od chwili przeprowadzenia kontroli fabrycznej do momentu zainstalowania w centrali;
- każdy wybierak będzie raz do roku smarowany bez zdejmowania ze stojaka;

- pola stykowe będą czyszczone, jednak nie częściej niż to jest konieczne dla właściwej pracy: ma to na celu zmniejszenie do minimum zakłóceń;
- każdy wybierak będzie poddawany często funkcjonalnym próbom działania typu "tak lub nie" (wg określenia CCITT [3]) w celu stwierdzenia czy pracuje poprawnie;
- regulacja będzie przeprowadzana tylko w przypadku niewłaściwego działania wybieraka;
- zaleca się stosować badania za pomocą próbników dróg połączeniowych; częste badania wybieraków za pomocą automatycznych rutinerów prowadzi do częstych regulacji, a więc jest wręcz szkodliwe.

Powyższe stwierdzenia stały się podstawą wprowadzenia metody konserwacji korekcyjnej dla central biegowych.

W roku 1957 opublikowano pracę [41] opartą tym razem o badania wykonane w warunkach rzeczywistych, która potwierdza wnioski Preista i podaje nowe wyniki. Zasadnicze wnioski podane w tej pracy, a dotyczące tego samego systemu central, są następujące:

- istnieje bezpośrednia zależność między liczbą uszkodzeń a liczbą zadziałań wybieraka; liczba zadziałań wybieraka jest zależna od numeru wyjścia, do którego jest przyłączony w polu wielokrotnym;
- ustalono, że wybierak bezpośrednio po regulacji jest podatny na uszkodzenia przez pewien okres czasu, zwany okresem stabilizowania względnie "docierania"; o-

kres stabilizowania wybieraka ocenia się na kilka miesięcy;

- zauważono, że po pewnym czasie występuje tendencja wzrostu liczby uszkodzeń; następuje to po około 4,5 latach pracy wybieraka bez przeglądu;
- jest nieprawdopodobne, aby przy poprzednio stosowanych metodach konserwacji w praktyce zachodziła konieczność systematycznych przeglądów mechanizmów częściej niż jeden raz na pięć lat.

W Anglii już od roku 1952 wprowadzono tzw. przeglądy kontrolowane. Dotychczas stosowane badania przerwano, a decyzję co do potrzeby przeprowadzenia przeglądu pozostawiono kierownikowi centrali. Przy stosowaniu przeglądów kontrolowanych, o potrzebie przeprowadzenia przeglądu nie decyduje sam fakt pojawienia się nieprawidłowości, lecz jej rodzaj; oznacza to, że o przeglądzie decydują zwykle nieprawidłowości, które wynikły na skutek zużycia części mechanizmu, natomiast pojedyncze nieprawidłowości typu przypadkowego nie prowadzą do przeglądu. Przy tej metodzie konserwacji ustalono również wskaźniki określające liczbę badań przypadających na liczbę wykrytych wadliwych zespołów. Umożliwiło to takie dobranie okresowości badań, aby uzyskać jednakowy poziom usług przy możliwie najmniejszej liczbie badań. Dla szukaczy, wybieraków grupowych i wybieraków liniowych ustalono wskaźnik 50, a dla zespołów, dla których wymaga się czterokrotnie lepszej jakości usług wskaźnik powinien wynosić 200. Na przykład wskaźnik 50 oznacza, że powin-

no być przeprowadzone 50 badań zespołów na jeden wykryty wadliwy zespół. Wyrażono pogląd, że przy stosowaniu tych wskaźników będzie można utrzymać jakość usług centrali w pobliżu 0,5% połączeń straconych z powodu złej pracy zespołów połączeniowych. Nowe metody konserwacji szerzej zastosowano w Anglii od 1954 roku i uzyskano poważne zmniejszenie pracochłonności przy niezminionej jakości usług.

W roku 1959 Moot [27] opublikował dalsze uwagi na temat konserwacji central telefonicznych typu Strowgera. Zaleca się dzielenie wyposażenia centrali na grupy wybieraków wczesnego, pośredniego i końcowego wyboru oraz traktowanie każdej grupy oddzielnie przy analizie wad, sprawdzaniu i wszystkich czynnościach konserwacyjnych. Określa się środki dostarczające informacji o pracy centrali nazwane wskaźnikami i rozróżnia:

- wskaźniki ogólnej sprawności, które wynikają z badań za pomocą próbnika dróg połączeniowych, analizy reklamacji, obserwacji rzeczywistego ruchu i próbnych połączeń;
- wskaźniki stanu wyposażenia, które wynikają z analizy wad, badań, oględzin i alarmów. Moot uważa, że odpowiednia analiza wszystkich powyższych czynników zastosowana w Australii da w wyniku metodę konserwacji optymalną dla australijskich warunków.

Zagadnienie analizy uszkodzeń w systemach biegowych omawiano również w pracy [25], w której zwrócono uwagę na fakt, że tendencje i zmiany w statystyce uszkodzeń ma-

ją znaczenie tylko na tle aktualnej równocześnie mierzonej jakości usług. Można powiedzieć, że nawet jeżeli statystyka uszkodzeń wykazuje chwilowy wzrost uszkodzeń, a jakość usług jest dobra, nie należy rozpoczynać żadnych czynności konserwacyjnych. Natomiast jeżeli jest sytuacja odwrotna, tzn. liczba reklamacji nie rośnie, a ogólna jakość usług pogorszyła się poniżej dopuszczalnego poziomu, należy natychmiast przystąpić do czynności poprawiających jakość usług.

Również w Niemczech [28] wprowadzono do central systemu biegowego nową metodę konserwacji opartą na podobnych zasadach. Zlikwidowano systematyczne przeglądy sprzętu i wprowadzono przeglądy okresowe przez specjalne grupy pracowników nie związane na stałe z żadną z obsługiwanych central. Ustalono przy tym znacznie mniejsze częstotliwości poszczególnych badań. Na przykład dla wybieraków grupowych podnosząco-obrotowych z dwóch lat na cztery lata, a dla wybieraków liniowych do 8 lat. Stwierdzono również, że w centralach z wybierakami motorowymi po 4,5-letniej pracy nie stwierdzono potrzeby żadnych czynności konserwacyjnych za wyjątkiem okresowego oliwienia pewnych elementów mechanizmów wybieraków. W pracy tej omawia się szeroko zagadnienie oceny urządzeń łączeniowych za pomocą liczbowych wskaźników. Najważniejsze z nich to wskaźnik uszkodzeń i wskaźnik zatrudnienia. Sposób obliczania tych wskaźników omówiono w pracy. Jednak stwierdzono również, że wskaźniki obliczone podanym sposobem nie pozwalają na porównanie różnych central nawet tego samego systemu, ponieważ liczba

uszkodzeń zależy od wielkości central i ilości stopni łączenia. Wobec tego wskaźniki te mogą raczej służyć tylko jako pomoc do lokalnej eksploatacji poszczególnych central.

Na zakończenie tego punktu należy powiedzieć, że prace prowadzone przez poszczególne administracje łączności, dotyczące poszukiwania właściwych metod utrzymania central biegowych, są nadal kontynuowane, mimo że liczba tych central na świecie stale maleje. Ostatnio prowadzi się doświadczenia, dotyczące centralizacji aparatury kontrolno-badaniowej i personelu usuwającego uszkodzenia, dla obszarów obejmujących wiele central telefonicznych. Może to dać w wyniku dalsze obniżenie kosztów eksploatacji.

7. ANALIZA REKLAMACJI ABONENCKICH

7.1. Metody analizy reklamacji

Reklamacje są zwykle zbierane przez specjalne stanowiska reklamacyjne w tzw. biurze napraw i następnie przekazywane personelowi technicznemu, którego zadaniem jest stwierdzenie przyczyny reklamacji i ewentualnie usunięcie znalezionej uszkodzenia. W praktyce często zdarza się, że przy badaniu nie znajduje się przyczyny reklamacji i takie reklamacje nazywane są nieuzasadnionymi. Liczba uzasadnionych reklamacji wynosi zwykle około 50%, chociaż zdarzają się przypadki osiągnięcia wartości do około 90% [11]. Tak wysoka liczba uzasadnionych reklama-

cji może świadczyć o właściwym wykorzystaniu wszystkich stojących do dyspozycji środków mających na celu uzyskanie wymaganej jakości usług.

Przy odbieraniu reklamacji od abonentów notuje się wszystkie szczegóły, które mogą być użyteczne przy dalszym postępowaniu. Następnie reklamacje abonenckie przekazuje się personelowi technicznemu ze wszystkimi szczegółami podanymi przez abonentów, zakładając, że informacje te mogą być wykorzystane przy wyszukiwaniu przyczyny reklamacji. Jednak dawniej personel techniczny nie wykorzystywał tych informacji i w wyniku reklamacji starano się jedynie zestawzić dla reklamującego abonenta połączenie z żądanym przez niego numerem. Taki sposób postępowania motywowano dwoma czynnikami. Pierwszy z nich to stwierdzenie, że przyczyny reklamowanych nieudanych połączeń mogły być różne i mogły wystąpić w różnych punktach rozległej sieci telefonicznej, dlatego ich lokalizacja jest bardzo trudna. Drugim czynnikiem jest brak zaufania do subiektywnych informacji abonentów. Zaczęto się jednak zastanawiać, czy te poglądy są słuszne i czy nie można wykorzystać informacji abonentów do lokalizowania uszkodzeń w sieci, obejmując analizą reklamacje abonenckie pochodzące z większych obszarów sieci. W wyniku tych rozważań i odpowiednich doświadczeń opracowano i wprowadzono do eksploatacji nową metodę zbierania i analizowania reklamacji abonenckich, polegającą na utworzeniu jednego wspólnego biura napraw dla dużych wydzielonych sieci.

Można więc powiedzieć, że istnieją obecnie dwie metody organizacji zbierania i analizy reklamacji abonenckich [23], [30], [55]:

- metoda polegająca na istnieniu biur napraw przy każdej większej centrali telefonicznej-
- metoda polegająca na istnieniu jednego centralnego biura napraw wspólnego dla większej sieci telefonicznej, obejmującej szereg dużych central telefonicznych.

Próby zbierania i analizy reklamacji przy użyciu obu powyższych metod zostały szczególnie szeroko przeprowadzone i wyniki częściowo opublikowane przez administrację łączności w Australii. Pierwsza metoda jest oczywiście stosowana również przez wszystkie inne administracje łączności w różnych wariantach. Natomiast na temat drugiej metody między innymi znane są materiały opublikowane przez firmę L.M. Ericsson i budzi ona powszechne zainteresowanie w połączeniu z centralizacją nadzoru i personelu.

Pierwsza metoda okazała się mało skuteczna, gdyż reklamacje były oddzielnie analizowane w różnych częściach sieci telefonicznej i wnioski z tego powodu musiały być ograniczone tylko do danej części sieci. Dopiero wprowadzenie jednego wspólnego biura napraw dla całej sieci znacznie zwiększyło skuteczność prowadzonej analizy reklamacji abonenckich i wykazało niewątpliwe korzyści uzyskiwane z takiej analizy. Świadczy o tym wykres przedstawiony na rys. 8, ilustrujący powolny spadek reklamacji typu "połączenie nie zostaje zestawione" oraz typu

"uzyskano niewłaściwy numer", otrzymany na podstawie analizy reklamacji. W okresach stosowania analizy reklamacji widoczna jest tendencja spadkowa liczby reklamacji. Zmniejszenie, a następnie wzrost reklamacji w okresie 26.12.1960 - 30.01.1961 powstały w wyniku przerwania stosowania analizy reklamacji w okresie świąt Bożego Narodzenia i Nowego Roku oraz wznowienie tej działalności po reorganizacji. Wzrost w okresie 03.04.-24.09.1961 został spowodowany przez celowe przerwanie analizy, aby zorientować się, czy i w jakim stopniu prowadzona analiza obniża liczbę reklamacji. Silny wzrost liczby reklamacji w tym okresie potwierdził korzyści stosowania analizy.

7.2. Centrum koordynacji usług

Metoda wprowadzona w Australii polegała początkowo na wykorzystaniu centralnego biura analizującego, rejestrującego i opracowującego wykresy reklamacji abonenckich. Biuro to nazywane w skróceniu CARGO od pierwszych liter pełnej nazwy "Complaints Analysis, Recording and Graphing Organisation". Zostało ono utworzone po raz pierwszy w 1960 roku w Adelajdzie. W następnych latach biuro to przekształcono w centrum koordynacyjne usług, nazywane w skróceniu SCC od pełnej nazwy "Service Coordination Centre", które oprócz zbierania i analizy reklamacji abonenckich wykonuje szereg innych czynności.

W wyniku zastosowanej organizacji zbierania i analizy reklamacji abonenckich uzyskano pewność, że informacje

tkwiące w reklamacjach mogą w wielu przypadkach szybciej wskazać przyczynę i miejsce uszkodzenia, niż stosowane dawniej konwencjonalne sposoby wyszukiwania uszkodzeń. Zasadniczą cechą tego nowego sposobu analizy reklamacji jest wyprowadzanie wniosków z grupy kilku reklamacji, a nie opieranie się na indywidualnych reklamacjach. Taka kompleksowa analiza w połączeniu z graficzną metodą przedstawiania prawdopodobnego przebiegu połączenia pozwala na stosunkowo skuteczne określenie miejsca uszkodzenia za pomocą struktury rozłożenia uszkodzeń w sieci.

Potrzeba określania prawdopodobnego przebiegu połączenia wynika stąd, że reklamacje dotyczące uszkodzeń nie są bezpośrednio związane z punktami wyjściowymi połączeń. Aby to uzasadnić, można przeprowadzić następujące rozumowanie. W procesie zestawiania połączenia w systemie biegowym, kolejne serie impulsów wytwarzane przez tarczę numerową abonenta A sterują poszczególne stopnie wybierania, które następnie przekazują dalej następne serie impulsów. Uszkodzenie zachodzi w przypadku, jeżeli jeden ze stopni wybierania nie przekaże prawidłowo kolejnej serii impulsów lub jeżeli następny stopień wybierania w sieci nie odbierze poprawnie kolejnej serii impulsów. Tak więc przyczyna zakłócenia połączenia związana jest raczej z pewnym stopniem wybierania, przez który przechodzi połączenie, niż z punktem wyjściowym połączenia. Dlatego zbadanie punktu wyjściowego połączenia, tak jak to robiono dotychczas, nie jest wystarczające do zlokalizowania uszkodzenia. W ce-

lu lokalizacji uszkodzenia jest więc konieczne prześledzenie całej drogi połączenia.

Do analizy całej drogi połączenia opracowano metodę graficzną, która po kilku kolejnych usprawnieniach otrzymała postać diagramu złożonego z szeregu kwadratów reprezentujących poszczególne centrale wyjściowe i końcowe. Każdy kwadrat oznaczony jest lekko numerem kierunkowym danej centrali i podzielony na dziesięć wierszy i dziesięć kolumn. Każda z kolumn reprezentuje 1000-numerową grupę, a każdy wiersz 100-numerową grupę.

Na przykład reklamacja pochodząca od numeru 51-49-32 zaznaczona jest w kwadracie 51 central wyjściowych przez liczbę 9 wpisaną w czwartej kolumnie. Wszystkie kwadraty diagramu są podzielone na trzy części:

- umieszczone po lewej stronie kwadraty central wyjściowych,
- umieszczone po prawej stronie kwadraty central końcowych,
- umieszczone pośrodku pole związane z sąsiednimi centralami końcowymi, w których zapisuje się informacje, jaka centrala była centralą rozpoczynającą reklamowane połączenie.

Zwykle każda reklamacja związana jest z jedną centralą wyjściową i jedną centralą końcową. Na przykład można rozważać wadliwe połączenie od numeru 51-49-32 do numeru 76-27-84. Wadliwe połączenie do numeru 76-27-84 zapisane zostaje w prawym kwadracie oznaczonym 76 w kolum-

nie 2, przy czym u góry kolumny wpisuje się cyfrę 7 oznaczającą wybrany numer setki, a u dołu liczbę 51 oznaczającą centralę wyjściową. Aby zaznaczyć, że reklamowane połączenie dotyczy połączenia od centrali 51 do centrali 76, należy podać w środkowej kolumnie informację, która połączy zapis w kwadracie 51 z zapisem w kwadracie 76. W tym celu dziesięć kolumn środkowego pola diagramu jest ponumerowane od 1 do 0 i oznacza pierwsze cyfry kierunkowe centrali rozpoczynającej połączenie. Jeżeli więc na poziomie kwadratu 76 prawej części diagramu wypiszemy w środkowym polu w kolumnie 5 cyfrę 1, będzie to oznaczać, że reklamacja zapisana w kwadracie 76 pochodzi z centrali 51. Na podstawie zapisu reklamacji na takim diagramie można wywnioskować, które grupy zespołów są odpowiedzialne za dane uszkodzenie i zlokalizować to uszkodzenie.

Oczywiście pracownik centralnego biura powinien mieć odpowiednie doświadczenie, które pozwala mu szybko ustalić istnienie prawdopodobnej przyczyny wady.

Na przykład jeżeli abonent 71-86-54 wybiera 54-23-45 i otrzymuje 53-23-45, to w pojedynczym przypadku może to być skutkiem pomyłki abonenta przy wybieraniu. Jeżeli jednak takie przypadki powtarzają się, może to być spowodowane przez uszkodzenie drugiego wybieraka grupowego opuszczającego jeden impuls w serii. Jako drugi przykład interpretacji zgłoszonej reklamacji można podać przykład, gdy abonent mający numer 60-56-24 wybiera 60-18-13 i otrzymuje 018 (telefonistkę międzymiastową). Jest to oczywiście przypadek opuszczenia przez wybierak pierz-

szej serii impulsów i poprawna odpowiedź na pozostałe serie.

Różne możliwe przypadki nieprawidłowości występujące w reklamowanych połączeniach zostały oznaczone odpowiednimi skrótami i są nanoszone w miarę potrzeby na diagram. Wyróżniono następujące rodzaje oznaczeń stosowanych na diagramie:

- L - gubienie impulsów,
- G - dodawanie impulsów,
- FO - wejście na rozmowę,
- FR - uszkodzenie w ruchu obrotowym,
- H - połączenia przytrzymywane,
- NR - połączenie nie rozłącza się,
- NC - nie przerywa,
- IH - w załatwianiu.

Stosowanie tych oznaczeń ułatwia odczytanie z diagramu informacji, określających przypuszczalną lokalizację uszkodzenia. Na przykład jeżeli z central 71, 76, 79 otrzymano trzy reklamacje typu L do grupy central o pierwszej cyfrze numeru kierunkowego 5, świadczy to o uszkodzeniu wybieraka w grupie wybieraków przyjsściowych central 5.

Podane wyżej najprostsze przykłady świadczą o wysokich kwalifikacjach, jakie są wymagane od pracownika dokonującego analizy reklamacji w centralnym biurze. Kwalifikacje te obejmują nie tylko znajomość charakterystyki wyposażenia, instrukcji i warunków powstawania wad, lecz także rodzajów zainstalowanych urządzeń w po-

szczególnych centralach i układu kierunków ruchu. Ponieważ jeden pracownik zajmuje się stale analizą reklamacji, wobec tego przez codzienną praktykę może zebrać specjalistyczną wiedzę i doświadczenie. Nie byłoby to możliwe w mniejszych wycinkach sieci, gdyż ten sam pracownik byłby obciążony różnymi innymi obowiązkami.

7.3. Analiza reklamacji abonenckich w centralach krzyżowych

Powyższe rozważania problemu analizy reklamacji abonenckich dotyczyły w zasadzie central biegowych. Centrale systemu krzyżowego wprowadziły szereg nowych zagadnień do analizy reklamacji abonenckich.

W sieciach złożonych z central biegowych większość połączeń ma tylko jedną możliwą drogę do osiągnięcia celu przeznaczenia i dlatego łatwo jest wyznaczyć drogę połączenia i zlokalizować prawdopodobny punkt uszkodzenia. W systemie krzyżowym, umożliwiającym alternatywny wybór dróg połączeniowych, wyznaczenie drogi połączenia jest bardziej złożone. Ponieważ w większości rozwiązań systemów krzyżowych wybieranie zespołów do pracy jest przypadkowe, wobec tego jeżeli abonent natrafił na trudności w pierwszej próbie, jest bardzo prawdopodobne, że uzyska połączenie w drugiej próbie. A więc powstaje tutaj tendencja do zmniejszenia liczby reklamacji abonenckich.

Dotychczasowe doświadczenia zastosowania analizy reklamacji abonenckich do central systemu krzyżowego w Australii wykazują, że można za pomocą opisanej analizy

uzyskać dokładne określenie wad związanych z trudnościami przy łączeniu oraz określenie niektórych wad wyposażenia. Pewne wady są również wykrywane bezpośrednio z reklamacji abonenckich. Są to wady w wyposażeniu łącza abonenckiego oraz poważne wady wspólnego wyposażenia dla dużych grup abonentów.

7.4. Wskaźniki

Ponieważ wyniki uzyskiwane przez administrację australijską przy zbieraniu i analizie reklamacji wykazały konkretne korzyści jej stosowania, postanowiono wykorzystać wyniki tej analizy do opracowania różnych wskaźników. Podobne wskaźniki były również stosowane przez inne administracje. Pierwszym wskaźnikiem może być podział reklamacji zgłaszanych przez abonentów na trzy grupy reklamacji:

- potrzebna pomoc nietechniczna; są to reklamacje, które nie dotyczą uszkodzenia żadnego urządzenia, np. wywoływany abonent zajęty, omyłki abonentów przy wybieraniu itp.;
- potrzebna pomoc techniczna; są to reklamacje dotyczące przypadków, kiedy stwierdza się lub podejrzewa istnienie prostych uszkodzeń urządzeń wspólnych centrali lub łącza międzycentralowego; np. połączenie nie zostaje zestawione, sygnał zajętości w czasie wybierania, rozłączenie w czasie rozmowy itp.;

- potrzebne usunięcie uszkodzenia; tego typu reklamacje dotyczą przypadków, gdy stwierdza się lub podejrzewa uszkodzenie w indywidualnym wyposażeniu abonenta; np. brak sygnału zgłoszenia, nie można przerwać sygnału zgłoszenia, sygnał zajętości przy zdjęciu mikrotelefonu itp.

Drugim wskaźnikiem może być podział wszystkich reklamacji abonentów na uzasadnione i nieuzasadnione w odniesieniu do 100 abonentów. Reklamacje uzasadnione są tote reklamacje, w wyniku których wykryto wady w urządzeniach. Reklamacje nieuzasadnione nie doprowadziły do stwierdzenia żadnych wad i zwykle są kwitowane stwierdzeniem "przy badaniu dobry".

Dalszym wskaźnikiem mogą być liczby uszkodzeń określonych typów zliczone w określonym okresie czasu; mogą to być na przykład uszkodzenia następujące:

- wystąpienie sygnału zajętości w czasie wybierania;
- brak przejścia;
- wybrany błędny numer;
- połączenie z istniejącą już rozmową itp.

Można również dzielić reklamacje na grupy dotyczące:

- central;
- łączny;
- aparatów telefonicznych.

Wszystkie te wskaźniki umożliwiają porównywanie różnych central i sieci oraz wyciąganie odpowiednich wniosków.

7.5. Automatyzacja analizy reklamacji abonenckich

W miarę nabywania doświadczenia do klasyfikacji i analizy reklamacji abonenckich zastosowano w Australii elektroniczną maszynę cyfrową. Celem tej analizy jest szybkie uzyskiwanie szeregu wskaźników, z których część omówiono powyżej. Przy analizie reklamacji abonenckich wykorzystuje się tutaj reklamacje typu "potrzebna pomoc techniczna", omówione wyżej. Reklamacje te klasyfikuje się dalej na pięć grup w następujący sposób:

- sygnał zajętości w czasie wybierania (BYDD),
- brak przejścia (NP),
- błędny numer (WN),
- połączenie z istniejącą rozmową (TC) i
- rozłączenie w czasie rozmowy (CO).

Reklamacje typu "potrzebna pomoc techniczna" są przekazywane przez telegraficzne kanały z biur napraw poszczególnych central do centrum koordynacji usług (S.C.C.). W tym centrum reklamacje są nanoszone na taśmę za pomocą dziurkarki, a następnie taśma jest przesyłana do centrum obliczeniowego pod koniec każdego tygodniowego okresu. Każda reklamacja jest przekazywana i drukowana jako jedna niezależna informacja. Typowa informacja tego typu składa się z czterowierszowego zapisu i ma postać:

CARGO 6/10	9.45 a.m.
PT521067 WN	670321
REC670411	
RV2	

gdzie znaczenie poszczególnych symboli jest następujące:

- 6 - dzień,
- 10 - miesiąc,
- 9 - godziny,
- 45 - minuty
- PT - połączenie z rozmównicy publicznej,
- 521067 - numer wywołujący,
- WN - rodzaj reklamacji,
- 670321 - numer wywoływany,
- 670411 - numer uzyskany,
- RV - Centrum Usług,
- 2 - numer dalekopisu.

Reklamacje abonenckie są analizowane za pomocą elektronicznej maszyny cyfrowej typu CDC-160A. Należy określić centrale, do których są dołączeni abonenci wymienieni w reklamacji i dokonać klasyfikacji. Sekcja wyjściowa centrali jest wówczas określana na podstawie numeru wywołującego abonenta, a sekcja końcowa z numeru wywoływającego abonenta. Jeżeli abonent centrali "A" wywołuje abonenta centrali "B" i zgłasza reklamację, reklamacja ta powinna być liczona jako reklamacja dla centrali wyjściowej "A" i reklamacja dla centrali końcowej "B".

Typowy arkusz obliczeniowy z maszyny zawiera szereg kolumn podających następujące dane:

- nazwa centrali,
- sygnał zajętości podczas wybierania,

- brak przejścia,
- błędny numer,
- połączenie z istniejącą rozmową,
- przerwa podczas rozmowy,
- całkowita liczba wad,
- liczba reklamacji na 100 połączeń,
- nie znaleziono wady.

Arkusze takie są obliczane co tydzień i co cztery tygodnie, dając obszerny materiał porównawczy.

Elektroniczną maszynę cyfrową można również zastosować do lokalizacji wad, wykorzystując jako podstawę zasady lokalizacji omówione poprzednio dla central biegowych.

Z podanych rozważań wynika, że odpowiednia klasyfikacja i analiza reklamacji abonenckich może poważnie wpłynąć na jakość usług, szczególnie w sieciach złożonych z central biegowych. Analiza taka pozwala wykryć słabsze punkty sieci i odpowiednio kierować podziałem środków przeznaczonych na utrzymanie.

8. NADZÓR STATYSTYCZNY

8.1. Wymagany poziom jakości usług

Stosowanie metod konserwacji korekcyjnej jest szczególnie uzasadnione w nowoczesnych systemach central telefonicznych, na przykład w centralach systemu krzyżowego, ze względu na przewagę uszkodzeń typu przypadkowego. Dlatego w tych systemach metody konserwacji ko-

rekcyjnej są powszechnie stosowane i zasadniczy rozwój tych metod związany jest głównie z rozwojem central krzyżowych.

W obu omawianych poprzednio odmianach konserwacji korekcyjnej stosuje się statystyczny nadzór jakości usług za pomocą odpowiednich automatycznych urządzeń, zwanych próbnikami dróg połączeniowych [14], [44], [45]. Próbnyki dróg połączeniowych wykonują połączenia badaniowe i rejestrują za pomocą liczników połączenia udane i nieudane. Wyniki wskazań liczników są analizowane za pomocą ilorazowego testu sekwencyjnego, który zostanie dalej szerzej omówiony. W wyniku otrzymuje się informację, czy rzeczywisty poziom jakości usług jest lepszy czy gorszy od wymaganego.

Ustalenie wymaganego poziomu jakości usług jest zależne od wyjściowej jakości sprzętu oraz od wymagań abonentów i zwykle jest określany na podstawie doświadczenia.

Wykres zależności czasu przeznaczanego na utrzymanie centrali telefonicznej w zależności od współczynnika jakości usług jest hiperbolą [15]. Można tutaj podać wykres oparty na stosowanym przez administracje w Szwajcarii i Finlandii, przedstawiony na rys. 9. Krzywe przedstawione na wykresie są to tak zwane krzywe graniczne. Punkty pomierzone dla pracującej centrali powinny znajdować się w obszarze poniżej odpowiedniej krzywej, za wyjątkiem pewnego okresu czasu bezpośrednio po uruchomieniu nowej centrali. Wielkość a oznacza współczynnik jakości usług lub po prostu umownie jakość

usług, mierzoną na odpowiednim poziomie wiarygodności w postaci stosunku liczby połączeń próbnych nieudanych do liczby wszystkich wykonanych połączeń próbnych. Wielkość T oznacza nakłady czasu personelu eksploatacyjnego w godzinach na jednego abonenta w ciągu roku. Z wykresu wynika, że zwiększenie nakładów na utrzymanie centrali, czyli zwiększenie T , daje wyraźne wyniki do pewnej wartości współczynnika a , np. a_0 . Dalsze zwiększenie nakładów powoduje coraz to mniejsze zmiany a , a więc jest mało skuteczne.

Z drugiej strony, przeciętny poziom jakości usług powinien być wybrany w ten sposób, aby dalsze poprawianie współczynnika a nie było już odczuwane przez abonentów jako poprawienie usług. Można to zilustrować za pomocą wykresu przedstawionego na rys. 10, który podaje zależność liczby uszkodzeń w centrali zgłaszanych przez abonentów jako funkcję jakości usług. Z wykresu widzimy, że początkowo zmniejszanie współczynnika a , a więc poprawianie jakości usług, powoduje wyraźne zmniejszenie liczby zgłaszanych uszkodzeń. Jednak dalsze zmniejszenie współczynnika a poniżej pewnego punktu a_0 na krzywej powoduje już bardzo nieznaczne zmniejszenie liczby zgłaszanych uszkodzeń. Wobec tego można powiedzieć, że dalsze zmniejszanie współczynnika jakości usług nie jest już odczuwane przez abonentów jako poprawienie usług. Dlatego w takiej sytuacji dalsze zwiększanie nakładów na utrzymanie centrali w celu poprawienia współczynnika a nie jest ekonomicznie uzasadnione.

Należy zaznaczyć, że wykres przedstawiony na rys. 10 nie zawsze jest słuszny. Gdy jakość usług jest dobra i nagle nastąpi pogorszenie, to wykres jest słuszny. Jeżeli jednak liczba reklamacji abonentów jest mała, to nie koniecznie oznacza, że jakość usług jest dobra. A więc liczba reklamacji abonentów nie może być miernikiem jakości usług. Można powiedzieć, że abonenci mogą się przyzwyczaić do stałej niskiej jakości usług i przestają na nią reagować.

Wybór a priori wymaganego optymalnego współczynnika a powinien uwzględniać wszystkie wymienione czynniki. Jeżeli dla danej centrali został wybrany współczynnik $a = a_0$, to obszar dopuszczalny na wykresie z rys. 9 zostaje ograniczony do obszaru zaznaczonego ukośnymi liniami. Praktycznie wartość współczynnika a jest różna dla różnych systemów central oraz różnych metod eksploatacji i zależy nawet od wielkości central. Wartość a waha się w granicach od około 0,5% dla central systemu krzyżowego do około 3% dla central systemów biegowych. Na podstawie statystyk stwierdza się [5], że jeżeli w centrali występuje więcej wadliwych połączeń niż 0,5%, to powodują one liczne reklamacje abonentów.

Jako przykład można przytoczyć dane z wymagań obowiązujących w Finlandii [15]. Rozróżnia się tutaj wymagania dotyczące sieci i central. Odnośnie sieci stwierdza się: "współczynnik uszkodzeń sieci mierzony za pomocą obserwacji nie powinien przekraczać 0,5%". Odnośnie central podaje się: "występowanie technicznych wad nie powinno przekraczać następujących wartości:

- niezakończone połączenia	0,2%
- połączenia do niewłaściwych numerów	0,1%
- rozmowa niemożliwa ze względów transmisyj- nych	0,01%
- połączenia równoległe	0,001%.

Występowanie tych wad powinno być określone za pomocą połączeń próbnych".

Tak więc łącznie dopuszczalny współczynnik uszkodzeń jest tutaj równy 0,311.

Aby utrzymać jakość usług centrali na wymaganym poziomie, należy:

- zbierać odpowiednie informacje w centrali;
- analizować te informacje w celu określenia rzeczywistej jakości usług;
- gdy analiza wykaże poziom jakości usług gorszy niż wymagany, organizować prace poprawiające jakość usług.

Do określenia jakości usług centrali służy nadzór statystyczny jakości usług, który teraz omówimy.

8.2. Nadzór statystyczny jakości usług

Celem nadzoru statystycznego jest wykrycie tendencji do pogorszenia w centrali, zanim zauważą to abonenci. Stwierdzenie to wynika z faktu, że zanim abonenci zechcą zgłaszać usterki, które chociaż bezpośrednio nie uniemożliwiają uzyskania połączeń, jednak powodują szereg trudności, może upłynąć dłuższy czas. Wówczas centrala będzie już w tak złym stanie, że doprowadzenie

jej do właściwego stanu będzie trudne i kosztowne. Dlatego analiza reklamacji abonenckich może być tylko czynnikiem pomocniczym przy ustalaniu czynności konserwacyjnych, gdyż reklamacje przychodzą zwykle zbyt późno. Podstawowym czynnikiem nadzoru jakości usług centrali jest nadzór statystyczny, który, jak to dalej zobaczymy, jest jak dotychczas najbardziej odpowiedni do tego celu.

Metoda, którą można zastosować do nadzoru statystycznego jakości usług centrali telefonicznej powinna spełniać następujące podstawowe założenia [7], [49]:

- dokładność metody powinna być dobrana do wymagań stawianych centrali telefonicznej;
- liczba połączeń próbnych potrzebnych do podjęcia decyzji powinna być jak najmniejsza;
- opracowanie wyników z pobranych prób powinno być proste i szybkie;
- wyniki opracowania powinny być oczywiste dla obsługi centrali telefonicznej.

Analizując możliwe do wykorzystania do tego celu testy statystyczne, takie jak test z pojedynczym pobieraniem próby, test z podwójnym pobieraniem próby, test z wielokrotnym pobieraniem próby oraz test sekwencyjny, można stwierdzić, że test sekwencyjny najlepiej spełnia wymienione wyżej wymagania.

Zasadnicze cechy testu sekwencyjnego można określić w następujący sposób:

- ilość doświadczeń, które mają być wykonane w procesie badania nie jest z góry określona (we wszystkich innych testach liczność próbki określa się przed rozpoczęciem badania);
- decyzja o zakończeniu badania w dowolnym momencie zależy od wyników ostatniego doświadczenia i poprzednich doświadczeń;
- liczba doświadczeń potrzebnych do wydania decyzji jest znacznie mniejsza w porównaniu z innymi metodami niesekwencyjnymi o tej samej dokładności, ale opartymi na z góry określonej liczbie doświadczeń;
- sekwencyjny test ilorazowy, w porównaniu z dowolnym innym testem sekwencyjnym lub niesekwencyjnym, wykazuje najmniejszą wartość oczekiwaną obserwacji, potrzebnych do wydania decyzji.

Ilorazowy test sekwencyjny umożliwia również dobranie dokładności w zależności od potrzeb. Statystyczne opracowanie wyników jest proste, gdyż można przygotować odpowiednie tablice lub wykresy przed badaniem, a w czasie badania wynik natychmiast jest widoczny.

Tak więc można stwierdzić, że ilorazowy test sekwencyjny dobrze spełnia postawione wymagania. Aby ustalić ilościowe zależności do obliczania testu sekwencyjnego, należy stosować dosyć złożony aparat matematyczny [21], [49], [50]. Tutaj podamy w skróceniu tylko zależności wyjściowe i końcowe wyniki.

Badanie pewnej grupy zespołów centrali jest realizowane za pomocą wykonywania w tej grupie połączeń prób-

nych przy użyciu próbnika dróg połączeniowych [14], [44], [45]. Na podstawie wyników połączeń próbnych przy użyciu testu sekwencyjnego chcemy podjąć decyzję dotyczącą rzeczywistej częstości wadliwych połączeń (a), określającej jakość usług badanego fragmentu centrali.

Aby to było możliwe, należy najpierw w pewien sposób określić wymaganą wartość częstości błędnych połączeń, powiedzmy a_0 . Wartość tę można dobrać tak, że jeżeli rzeczywista częstość a błędnych połączeń badanego fragmentu centrali jest większa od a_0 , to podejmujemy decyzję, że ten fragment centrali jest gorszy niż zakładano i należy przystąpić do wyszukiwania i usuwania uszkodzeń. Natomiast jeżeli ten fragment centrali ma częstość najwyżej równą a_0 , to podejmujemy decyzję, że ten fragment centrali jest dobry i nie podejmujemy żadnych czynności konserwacyjnych. Problem ten może być sformułowany statystycznie jako badanie hipotezy $H_0: a \leq a_0$ względem hipotezy alternatywnej $H_1: a > a_0$.

Jednak stosując test sekwencyjny, postępujemy nieco inaczej. Jest jasne, że jeżeli rzeczywista pomierzona wartość a będzie nieznacznie większa lub mniejsza od a_0 , to podjęcie decyzji, że centrala pracuje gorzej lub lepiej niż zakładano będzie błędem nie mającym praktycznego znaczenia. Dlatego należy określić takie dwie wartości a_1 i a_2 , spełniające warunek

$$a_1 < a_0 < a_2 ,$$

że przyjęcie centrali za pracującą gorzej niż zakładano uznaje się za błąd z praktycznymi następstwami tylko wów-

czas, jeżeli $a \leq a_1$; natomiast przyjęcie centrali za pracującą lepiej niż zakładano uznaje się jako błąd mający praktyczne następstwa tylko wówczas, gdy $a \geq a_2$. Jeżeli $a_1 \leq a \leq a_2$, to nie obawiamy się, jaka decyzja będzie podjęta, gdyż w każdym przypadku błąd nie będzie miał praktycznego znaczenia.

Po wybraniu a_1 i a_2 przystępujemy do określenia dopuszczalnego ryzyka związanego z przyjęciem błędnej decyzji. Przyjmujemy, że prawdopodobieństwo uznania centrali za lepszą niż to jest wymagane nie powinno przekroczyć pewnej ustalonej wielkości b_2 , gdy $a \leq a_1$, tzn. gdy w rzeczywistości centrala pracuje gorzej niż to jest wymagane. Analogicznie prawdopodobieństwo uznania centrali za gorszą niż to jest wymagane nie powinno być większe od ustalonej małej wielkości b_1 , gdy $a \leq a_1$, tzn. gdy w rzeczywistości centrala pracuje lepiej niż to jest wymagane.

Wszystkie cztery podane wyżej wielkości wyjściowe a_1 , a_2 , b_1 i b_2 określa się na podstawie badań i pomiarów central telefonicznych, a więc wybór tych wielkości nie jest zagadnieniem statystycznym.

Niech x będzie zmienną losową równą liczbie wadliwych połączeń, jeżeli wykonano n połączeń próbnych w badanej części centrali telefonicznej. Wówczas tzw. zasadniczą nierówność testu sekwencyjnego można zapisać w uproszczony sposób w postaci

$$h_1 + sn < x < h_2 + sn$$

lub

$$l_p = h_1 + sn,$$

$$l_o = h_2 + sn.$$

Są to równania prostych o jednakowym współczynniku nachylenia równym s oraz o różnych lub równych wartościach h_1 i h_2 odłożonych na osi rzędnych. Zależności te można przedstawić w postaci wykresu (rys. 11), stanowiącego podstawę testu sekwencyjnego, chociaż stosowana jest również tablicowa metoda podejmowania decyzji [50]. Zwykle l_p nazywa się linią lub liczbą przyjęcia, a l_o linią lub liczbą odrzucenia.

Procedura stosowania testu sekwencyjnego będzie następująca. Przed rozpoczęciem połączeń próbnych przygotowuje się tablicę zawierającą liczby przyjęcia i odrzucenia obliczone dla kolejnych wartości n lub rysuje się linie przyjęcia i odrzucenia w sposób podany na rys. 11 (są też stosowane inne sposoby rysowania tych linii [49]). Następnie wykonuje się kolejne grupy połączeń próbnych i po każdej grupie połączeń porównuje się otrzymany wynik z tablicą lub nanosi się odpowiedni punkt na wykres, podejmując jedną z następujących decyzji:

- jeżeli $l_p < x < l_o$, to należy wykonać następną grupę połączeń próbnych;
- jeżeli $x \geq l_o$, to uznajemy centralę za gorszą niż to jest wymagane i należy natychmiast przystąpić do badań i napraw wyposażenia centrali;

- jeżeli $x \leq l_p$, to uznajemy centralę za lepszą niż to jest wymagane i można przerwać na pewien czas połączenia próbne.

Jeżeli korzystamy z wykresu (rys. 11), to po wykonaniu każdej grupy połączeń nanosimy na wykres jeden punkt o współrzędnych (x, n) . Jeżeli nanoszone punkty znajdują się między liniami $l_p + l_0$, to połączenia próbne wykonujemy nadal. Jeżeli jeden punkt trafi w obszar $x \geq l_0$ lub $x \leq l_p$, to podejmujemy decyzję odrzucenia lub przyjęcia hipotezy. Inne metody graficznego podejmowania decyzji podano w pracy [21] (współrzędne logarytmiczne) oraz w [49] (współrzędne ukośne).

Podamy teraz dwa zestawy wzorów do obliczania linii decyzji, pochodzące z [21] i [49], które różnią się wyjściowymi rozkładami wykrytych wadliwych połączeń oraz dokładnością. Pierwszy zestaw jest dokładny, ale wzory są bardziej złożone. Drugi zestaw upraszcza obliczenia i dokładność jest wystarczająca do praktycznych zastosowań.

Jeżeli przyjmiemy, że rozkład znalezionych wadliwych połączeń jest rozkładem dwumianowym o postaci

$$P(x, a) = \binom{n}{x} a^x (1-a)^{n-x}$$

to wzory do obliczeń testu sekwencyjnego mają następującą postać:

$$h_1 = \frac{1}{d} \log \frac{1 - b_2}{b_1} ,$$

$$h_2 = \frac{1}{d} \log \frac{b_2}{1 - b_1} ,$$

$$s = \frac{1}{d} \log \frac{1 - a_1}{1 - a_2} ,$$

$$d = \log \frac{a_2(1 - a_1)}{a_1(1 - a_2)} = \log \frac{a_2}{a_1} - \log \frac{1 - a_2}{1 - a_1} .$$

Ponieważ w rozważanym przypadku n jest duże i a małe, to można przyjąć, że rozkład dwumianowy z dostateczną dokładnością można zamienić na rozkład Poissona o postaci

$$P(x, a) = \frac{(n a)^x}{x!} \exp(-n a)$$

i wówczas powyższe wzory będą mieć postać:

$$h_1' = \frac{1}{d'} \ln \frac{1 - b_1}{b_2} ,$$

$$h_2' = \frac{1}{d'} \ln \frac{b_1}{1 - b_2} ,$$

$$s' = \frac{1}{d'} (a_2 - a_1) ,$$

$$d' = \ln \frac{a_2}{a_1} .$$

Na przykład dla wartości parametrów wyjściowych: $a_1 = 0,2\%$; $a_2 = 0,6\%$; $b_1 = b_2 = 5\%$ mamy dla pierwszego zestawu wzorów:

$$l_p = -2.670 + 0,003642 n,$$

$$l_o = 2.670 + 0,003642 n$$

oraz dla drugiego

$$l_p = -2.680 + 0.003640 n,$$

$$l_o = 2.680 + 0.003640 n.$$

Jako przykład zastosowania tego testu weźmy wyniki badań dokonanych w grupach po 200 połączeń próbnych podane w pracy [21] i przedstawione w tablicy na str. 72. Wyniki tego testu przedstawiono graficznie na rys. 11.

Jak powiedziano poprzednio, rozróżniamy tutaj trzy obszary: obszar obojętny, obszar przyjęcia i obszar odrzucenia. Gdy prowadzimy przez pewien czas połączenia próbne i nanosimy kolejne wyniki na wykres oraz gdy wszystkie poprzednie wyniki znajdują się w obszarze obojętnym, to:

- jeżeli punkt uwzględniający ostatni wynik trafi do obszaru obojętnego, należy kontynuować połączenia próbne;
- jeżeli ten punkt trafi do obszaru przyjęcia, to znaczy że badana centrala telefoniczna czy też jej badany fragment jest dobra lub lepsza od oczekiwanej wartości;
- jeżeli ten punkt trafi do obszaru odrzucenia, to znaczy że badana część jest gorsza niż oczekiwano, a więc jakość usług spadła poniżej dopuszczalnego poziomu i

Test sekwencyjny

Nr od- czytu	Liczba połączeń próbnych	Liczba wadli- wych po- łączeń	Suma połączeń próbnych	Suma wadli- wych połą- czeń próbnych
			n	x
1	200	0	200	0
2	200	1	400	1
3	200	0	600	1
4	200	0	800	1
5	200	1	1000	2
6	200	0	1200	2
7	200	0	1400	2

należy podjąć czynności prowadzące do poprawienia jakości usług.

Skuteczność każdego testu statystycznego, a więc również sekwencyjnego, ocenia się zwykle za pomocą jego funkcji operacyjno-charakterystycznej, zwanej w skróceniu funkcją OC. Funkcja OC podaje, jak dobrze dany test odpowiada swemu przeznaczeniu, tj. przyjęciu właściwej decyzji. Funkcja OC określa prawdopodobieństwo przyjęcia hipotezy sprawdzanej. Bliższe dane na ten temat w zastosowaniu do central telefonicznych można znaleźć w pracach [21], [49], a podstawy teoretyczne w pracy [50].

Do charakteryzowania danego testu sekwencyjnego służy również funkcja wartości oczekiwanej liczby obserwa-

cji (liczby połączeń próbnych), potrzebnych do podjęcia decyzji. Wartość oczekiwana liczby obserwacji przedstawia cenę, jaką płacimy za podjęcie określonej decyzji, wyrażoną liczbą połączeń próbnych wykonanych w procesie badania centrali telefonicznej. Wartość oczekiwana liczby obserwacji umożliwia ocenę danego testu sekwencyjnego w porównaniu z innymi testami, jak również podaje, kiedy można się spodziewać zakończenia badania.

Oznaczmy przez n liczbę połączeń próbnych, które należy wykonać, aby podjąć decyzję przy stosowaniu testu sekwencyjnego. Oczywiście n jest zmienną losową, gdyż powtarzając ten sam proces sekwencyjnego badania tej samej hipotezy, otrzymamy różne wartości n . Interesuje nas wartość oczekiwana n przy dużej liczbie powtórzeń tego samego testu sekwencyjnego.

Jeżeli wykreślimy wartość oczekiwaną liczby połączeń próbnych, którą będziemy oznaczać przez $E(n)$ jako funkcję jakości usług (a), to zobaczymy (rys. 12), że funkcja ta posiada maksimum w okolicy a_0 , tzn. w pobliżu wymaganej jakości usług. Stąd wynika, że wartość oczekiwanej liczby badań potrzebnych do decyzji zależy od tego, jak daleko rzeczywista jakość usług zbliża się do wymaganej jakości. Im bliższe są te dwie wielkości, tym więcej trzeba wykonać badań, aby podjąć decyzję. Natomiast jeżeli jakość usług uległa znacznemu pogorszeniu, na przykład przesunęła się do punktu a_1 (zob. rys. 12), to dowiemy się o tym bardzo szybko, gdyż wówczas znajdujemy się daleko od maksimum funkcji i wartość oczekiwana liczby badań potrzebnych do decyzji jest niewielka i rów-

na $E_1(n)$. Możemy więc szybko przeciwdziałać zachodzącym w centrali niekorzystnym zmianom. Należy powiedzieć, że test sekwencyjny jest wrażliwy na pogorszenie jakości usług centrali i szybko je wykazuje, jeszcze zanim abonenci to odczują i zaczną zgłaszać reklamacje. Jest to bardzo istotne, gdyż reklamacje abonenckie przychodzą zbyt późno i są wskaźnikiem już poważnego pogorszenia jakości usług.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że wartość oczekiwana liczby połączeń próbnych nie zależy od liczności grupy badanych zespołów czy badanej centrali, a zależy przede wszystkim od współczynnika a . Wynika to z faktu, że we wzorze określającym $E(n)$ o postaci [49]

$$E(n) = h_0 \frac{1 - 2b}{a - a_0} (1 - a_0)$$

nie występuje czynnik określający liczbę badanych zespołów. Dlatego tak dla centrali o pojemności 1000 NN jak i dla centrali o pojemności 10000 NN przeciętna liczba połączeń próbnych potrzebnych do dokonania decyzji jest jednakowa, jeżeli rzeczywista jakość usług w obu centralach jest taka sama.

W metodzie konserwacji korekcyjnej z kontrolą oprócz testu sekwencyjnego stosuje się jeszcze stały nadzór pewnych ważniejszych urzędzeń centrali, na przykład za pomocą tzw. rejestratora uszkodzeń i liczników statystycznych, uzyskując w ten sposób dodatkowe informacje. Informacje te pozwalają dokładniej określić te fragmenty centrali, które są przyczyną obniżenia jakości usług.

Z powyższych rozważań wynika, że w metodach konserwacji korekcyjnej decyzja o rozpoczęciu czynności mających poprawić jakość usług podejmowana jest na podstawie bieżących informacji zbieranych w centrali telefonicznej. Natomiast przy stosowaniu konserwacji zapobiegawczej postępujemy inaczej, gdyż w tym przypadku mamy z góry określone wszystkie czynności i momenty ich realizacji.

8.3. Zasady realizacji połączeń próbnych

Omówiony sekwencyjny test, jak również inne możliwe tutaj do zastosowania testy statystyczne oparte są na metodzie reprezentacyjnej, czyli polegają na pobraniu próbki połączeń telefonicznych z wszystkich połączeń telefonicznych istniejących w danym przedziale czasu w centrali. Zgodnie ze słownictwem stosowanym w statystyce matematycznej można powiedzieć, że zbiór wszystkich połączeń stanowi populację generalną, natomiast połączenia badaniowe stanowią populację próbną. O próbce, która dobrze charakteryzuje własności populacji generalnej powiemy, że jest próbką reprezentacyjną. Aby pobrana populacja próbna połączeń badaniowych była próbką reprezentacyjną, należy podczas pobierania próbki spełnić szereg warunków; wówczas decyzje podejmowane na podstawie próbki będą słuszne również dla populacji generalnej, czyli dla wszystkich połączeń realizowanych przez centralę telefoniczną.

W centrali telefonicznej pobieranie populacji prób-

nej polega na przypadkowym (losowym) tworzeniu dróg połączeniowych przez centralę, a zestawiona droga połączeniowa po rozłączeniu może być w sposób przypadkowy zestawiona powtórnie. Przy takiej metodzie tworzenia dróg połączeniowych ten sam zespół może pojawić się w próbie wielokrotnie. Otrzymaną w ten sposób próbkę nazywamy próbką z powtórzeniami. Istnieje tutaj niebezpieczeństwo, że przy tendencyjnym pobraniu próbki z powtórzeniami wynik nie będzie reprezentacyjny. Oznacza to, że czy to ze względów konstrukcyjnych, czy ze względów ruchowych pewne zespoły będą miały większą tendencję pojawienia się w próbie, a więc prawdopodobieństwa pojawienia się w próbie różnych zespołów będzie różne. Dlatego aby pobrana populacja próbna dobrze reprezentowała populację generalną, musi być spełniony podstawowy warunek, by każde połączenie ze zbioru wszystkich możliwych połączeń miało jednakowe prawdopodobieństwo wejścia do populacji próbnej. Warunek ten rzutuje na sposób pobierania próbki w centrali telefonicznej i na konstrukcję odpowiednich urządzeń służących do automatycznego pobierania próbki.

Urządzeniem służącym do tego celu jest wspomniany już próbnik dróg połączeniowych, do którego dołącza się pewną liczbę numerów badaniowych centrali telefonicznej, podzielonych na dwie grupy oznaczane literami A i B. Pełny cykl połączeń próbnych polega na wykonaniu połączeń od każdego numeru A do każdego numeru B, czyli wynosi $A \cdot B$ połączeń. W celu ułatwienia analizy próbnik oddzielnie rejestruje liczbę połączeń nieudanych z po-

wodu uszkodzeń zespołów i z powodu braku wolnych zespołów połączeniowych oraz całkowitą liczbę połączeń.

W pracy [48] przeprowadzono analizę warunków, jakie należy spełnić, aby w centrali biegowej Strowgera 32 AB uzyskać próbkę jak najbardziej zbliżoną do reprezentacyjnej.

Z analizy tej wynika, że w tym celu należy:

- przeprowadzać połączenia próbne w godzinach dużego natężenia ruchu, by wszystkie zespoły miały w przybliżeniu podobną szansę wziąć udział w połączeniach;
- należy wykonywać zawsze pełne cykle połączeń próbnych w godzinach dużego natężenia ruchu;
- połączenia próbne z danej grupy oraz do danej grupy abonenckiej należy wykonywać w pewnych odstępach czasu, aby nastąpiły zmiany w zajętości zespołów oraz ze względu na współczynnik strat;
- w programie badań należy przewidzieć wykonywanie połączeń próbnych od każdej grupy abonenckiej do każdej grupy abonenckiej objętych badaniem, tzn. do próbnika dróg połączeniowych powinny być dołączone numery próbne (jeden lub dwa) z każdej grupy abonenckiej objętej badaniem;
- program badań należy tak opracować, by w kolejnych połączeniach próbnych równocześnie zmieniać cyklicznie numery próbne A i B;
- dla wszystkich numerów próbnych można przyjąć człon kierunkowy i dwie ostatnie cyfry numeru stałe; cyfrę

oznaczającą tysiące należy zmieniać cyklicznie w kolejnych połączeniach próbnych, by uniknąć tendencji zajmowania tych samych zespołów; cyfra oznaczająca setkę danego tysiąca może być dowolna i zależy jedynie od numeracji numerów próbnych.

Warunki powyższe dotyczą central, w których zespoły są zajmowane w ustalonej kolejności. W przypadku gdy w centrali zagadnienie zajmowania zespołów jest rozwiązane konstrukcyjnie w ten sposób, że jest zapewniona przypadkowość zajmowania poszczególnych zespołów, co zwykle ma miejsce w centralach systemu krzyżowego, wówczas warunek dotyczący dużego natężenia ruchu nie musi być spełniony. W pracy [21] zwraca się uwagę, że w centralach krzyżowych szczególnie ważne jest spełnienie dwóch następujących warunków:

- połączenia próbne powinny stanowić tylko małą część wszystkich połączeń realizowanych przez badaną centralę lub jej fragment;
- odstępy pomiędzy połączeniami próbnymi nie powinny być zbyt małe.

Warunki zestawione wyżej dla central biegowych i krzyżowych, spełnienie których ma umożliwić pobranie próby reprezentacyjnej, mają również na celu zmniejszenie wpływu zjawiska zwanego "przyciąganiem zgłoszeń przez elementy uszkodzone". Zjawisko to występuje na skutek szybkiego zwalniania zespołów uszkodzonych, które nie mogą wykonać usługi; wobec tego średni czas trwania połączenia dla elementu uszkodzonego jest znacznie

mniejszy, niż dla zespołu zdatnego. Z drugiej strony, liczba połączeń "załatwianych" przez zespół uszkodzony jest znacznie większa niż liczba połączeń załatwionych przez zespół zdatny, co znacznie niweluje wpływ pierwszego czynnika.

Dotychczas zakładano, że przy spełnieniu podanych warunków omówiony proces przyciągania zgłoszeń nie ma wyraźnego wpływu na wyniki testu statystycznego względnie wpływ ten przyspiesza wykrycie pogorszenia jakości usług. Przyjęcie takiego stwierdzenia będzie oczywiście słuszne tak długo, dopóki ktoś nie udowodni, że w rzeczywistości jest inaczej.

W warunkach rzeczywistych mogą występować takie uszkodzenia zespołów, które powodują, że zespół nie może być zajęty w normalnym połączeniu. Wydaje się, że są to uszkodzenia występujące raczej rzadko, dlatego wpływ takich uszkodzeń na test statystyczny możemy pominąć. Oczywiście takie zespoły nie mogą wejść do próbki. Uszkodzone zespoły, które nie są dostępne w normalnym połączeniu, mogą być wykryte albo za pomocą badań systematycznych, albo za pomocą oceny współczynnika strat (natłoku) danej grupy zespołów.

Z podanych uwag wynika, że aby za pomocą analizy sekwencyjnej uzyskać prawidłowy wynik określający rzeczywistą jakość usług centrali, należy mieć do dyspozycji zebrane w poprawny sposób dane, na przykład za pomocą prawidłowo zaprojektowanych próbników dróg połączeniowych.

Dane do testów statystycznych można również zbierać wykonując połączenia próbne ręcznie, ale ze względu na potrzebną dużą liczbę połączeń próbnych jest to bardzo kosztowne.

9. WYBÓR URZĄDZEŃ BADANIOWYCH

Ważnym czynnikiem mającym wpływ na strategię utrzymania jest odpowiedni wybór urządzeń kontrolno-badaniowych dla eksploatowanych central telefonicznych. Zwrócimy tutaj uwagę na niektóre kryteria wyboru tych urządzeń.

Rozróżniamy trzy sposoby badania zespołów:

- badania ręczne, gdy udział człowieka wynosi więcej niż 50% czasu badania;
- badania półautomatyczne, gdy udział człowieka wynosi mniej niż 50% czasu badania;
- badania automatyczne, gdy udział człowieka wynosi około 2% czasu badania.

Do zalet badań automatycznych można zaliczyć:

- samoczynną realizację czynności kontrolnych;
- możliwość zmniejszenia liczby osób personelu eksploatacyjnego;
- większą szybkość badania oraz dużą dokładność;
- obiektywny charakter wyników;
- możliwość dowolnego układania programu badań;

- możliwość przeprowadzania badań w nocy.

Tak więc badania automatyczne w porównaniu do badań ręcznych mają liczne zalety, lecz urządzenia do ich realizacji są kosztowne; dlatego wprowadzenie automatyzacji badań wymaga dokładnej analizy ekonomicznej, uzasadniającej jej celowość.

Na rysunku 13 podano orientacyjny przebieg kosztów w przypadku badania układu za pomocą aparatury automatycznej (prosta 1) i ręcznej (prosta 2). W przypadku aparatury automatycznej koszty K rosną powoli wraz ze wzrostem liczby badań. Natomiast dla badań ręcznych koszty te rosną znacznie szybciej. Dlatego obie proste przecinają się w pewnym punkcie p_1 , w którym koszty dla obu sposobów badań są równe. Powyżej tego punktu (dla większej liczby badań n) koszt badań automatycznych jest niższy od badań ręcznych. Jeżeli koszt urządzeń do badań automatycznych i pozostałe koszty uda się zmniejszyć, to prosta kosztów przesuwa się w dół (prosta 1' na rys.13) i punkt charakterystyczny p_1 przemieści się w lewo do punktu p_2 . Wówczas stosowanie automatycznego urządzenia badaniowego będzie ekonomicznie uzasadnione już dla znacznie mniejszej od n_1 liczby badań, równej n_2 . Dlatego należy dążyć do obniżenia kosztów aparatury do badań automatycznych.

Jednym ze sposobów zmniejszenia kosztów aparatury do badań automatycznych jest ograniczenie programu badania do niezbędnego minimum. Dlatego wydaje się, że badania funkcjonowania typu "tak lub nie" zalecane przez CCITT [3] mogą być automatyzowane i stosowane szeroko przy ba-

daniu central telefonicznych. Badanie funkcjonowania typu "tak lub nie" wg definicji CCITT polega na sprawdzeniu, czy łącze lub określona część urządzeń, np. zespół, pracują czy nie pracują w aktualnych warunkach pracy. Badanie typu "tak lub nie" ma za zadanie wykazać, czy wartość badanej wielkości jest powyżej lub poniżej granicy, jaką wyznaczają warunki przyjęcia lub odrzucenia. Tak więc badania wstępne, obejmujące wszystkie zespoły, powinny być typu "tak lub nie" realizowane automatycznie, natomiast badania dokładne wykrytych w ten sposób zespołów uszkodzonych powinny być raczej ręczne.

Aby to stwierdzenie lepiej uzasadnić, można zwrócić uwagę na oczekiwaną liczbę uszkodzonych zespołów w centralach telefonicznych. Ze względu na wymagany wysoki poziom jakości usług centrali telefonicznej, oczekiwana liczba uszkodzonych zespołów w grupie badanych zespołów jest mała. Liczba ta wyrażona w procentach, może się wahać w granicach od 0,1 do 3%. Wobec tego podczas badania grupy zespołów można przewidywać, że większość zespołów będzie pracować poprawnie. Dlatego z ekonomicznego punktu widzenia nie jest uzasadnione badanie wszystkich zespołów grupy bardzo dokładnie za pomocą złożonej aparatury kontrolno-badaniowej. Należy więc najpierw zbadać wszystkie zespoły w sposób uproszczony, z punktu widzenia poprawnego funkcjonowania, za pomocą prostej i taniej aparatury badaniowej stosującej badania typu "tak lub nie". Czas tego badania przypadający na jeden zespół jest znacznie mniejszy niż przy badaniach dokładnych. Dopiero zespoły wykryte jako uszkodzone podczas

badania uproszczonych bada się następnie za pomocą aparatury do badań dokładnych i usuwa uszkodzenia. Program badań uproszczonych może obejmować badania w warunkach normalnych i obostrzonych.

Do badań dokładnych nie jest tutaj potrzebna specjalna aparatura kontrolno-badaniowa, a jedynie aparatura pomocnicza ogólnego zastosowania, np. wielopisak, miernik czasu, generator impulsów, woltomierz itp. Aparatura ta wystarcza do ręcznego usunięcia uszkodzeń w niewielkiej liczbie zespołów wykrytych podczas badań uproszczonych.

Badania dokładne wszystkich zespołów za pomocą specjalnej aparatury kontrolno-badaniowej są uzasadnione jedynie w wytwórni produkującej zespoły, gdyż po zmontowaniu każdy zespół wymaga dokładnego sprawdzenia i regulacji. Dlatego badania dokładne tego rodzaju nazywamy często badaniami typu fabrycznego. W eksploatacji taki sposób badania wszystkich zespołów nie jest uzasadniony ani z technicznego, ani z ekonomicznego punktu widzenia.

Powyższe rozważania można zilustrować konkretnym przykładem i wykresem przedstawionym na rys. 14. Niech T_{b1} oznacza czas badania dokładnego grupy zespołów złożonej z n zespołów, a t_{b1} czas badania dokładnego jednego zespołu równy 5 minut. Podobnie niech T_{b2} oznacza czas badania uproszczonego tej samej grupy zespołów, a t_{b2} czas badania uproszczonego jednego zespołu równy jednej minucie. Dalej niech $n = 100$ i wykryto 5 uszkodzonych zespołów. Wówczas:

$$T_{b1} = 100 \times 5 = 500$$

$$T_{b2} = 100 \times 1 + 5 \times 5 = 125.$$

Jeżeli wprowadzimy pojęcie skuteczności badania jako stosunek T_{b1} do T_{b2} , to otrzymamy

$$T_{b1}/T_{b2} = 4.$$

A więc badanie uproszczone będzie wykonane cztery razy szybciej, niż badanie dokładne.

Tak więc można powiedzieć, że wydaje się jak najbardziej uzasadnione stosowanie dwustopniowego badania zespołów komutacyjnych. W pierwszym stopniu należy wykonać badania uproszczone wszystkich zespołów badanej grupy, a następnie znalezione uszkodzone zespoły należy zbadać dokładnie w czasie badań drugiego stopnia.

10. TENDENCJE CENTRALIZACJI NADZORU AUTOMATYCZNYCH CENTRAL TELEFONICZNYCH

Jak wspomniano poprzednio, dążenie do usunięcia z pomieszczenia ze sprzętem komutacyjnym wszystkich urządzeń pomocniczych i personelu doprowadziło do tego, że urządzenia kontrolno-badaniowe i pomiarowe zostały zgromadzone w oddzielnym pomieszczeniu, w którym przebywa również personel. Z tego pomieszczenia nadzorowano pracę centrali i dokonywano wstępnej lokalizacji uszkodzeń. Taką tendencją była szczególnie mocno akcentowana w publikacjach firmy L.M. Ericsson.

Tradycyjnie organizacja eksploatacji polegała na odpowiedzialności kierownika za pracę centrali. W centralach odosobnionych taka organizacja doskonale spełniała swoje zadania i nie stwierdzało się potrzeby zmian w tym zakresie. Natomiast w automatycznych sieciach wielocentralowych taka organizacja nie pozwalała kontrolować równocześnie wszystkich zachodzących w sieci procesów i wymagała gruntownej zmiany organizacji.

W istniejącej sytuacji nie można było wyrobić sobie poglądu na pracę sieci wielocentralowej jako jednej całości, przy jednoczesnym nadmiernym koncentrowaniu uwagi w poszczególnych centralach tylko na obszar własnej centrali. Występuje więc tendencja do niedoceniań zagadnień związanych z ruchem na wiązkach łączy międzycentralowych różnych central.

W związku z tym pojawiła się naturalna tendencja centralizacji nadzoru obejmującego obszar całej sieci. Szczególnie w dużych miastach rozpoczęto organizować biura nadzoru central telefonicznych zlokalizowane w środku obszaru danej sieci telefonicznej, powiązane z całym obszarem sieci [9], [15], [23]. Celem takiej organizacji nadzoru sieci wielocentralowej jest również wyeliminowanie stałej obsługi z jak największej liczby central telefonicznych. Przewiduje się pozostawienie obsługi dopiero w centralach o pojemności ponad 10000 NN [9].

Można powiedzieć, że z punktu widzenia abonenta cała automatyczna wielocentralowa sieć telefoniczna jest jedną wielką centralą telefoniczną i takie ujęcie powinno również cechować organizację eksploatacji. Taka organi-

zacja eksploatacji pozwoli również prawidłowo wydatkować posiadane środki na eksploatację tam, gdzie to jest w danej chwili najpilniejsze. Umożliwi to również utrzymanie wyrównanego poziomu jakości usług w całym obszarze danej sieci wielocentralowej.

Należy zaznaczyć, że możliwość centralizacji nadzoru w sieciach wielocentralowych złożonych z central systemu biegowego jest ograniczona ze względu na brak wbudowanych w urządzenia obwodów kontrolnych oraz ze względu na dużą liczbę uszkodzeń. Powoduje to potrzebę zachowania stałej obsługi w takich centralach. Ale w podobnych przypadkach wskazana jest centralizacja nadzoru jakości pracy central węzła za pomocą generowanego sztucznego ruchu oraz centralna analiza i załatwianie reklamacji abonentów. Centrale systemu krzyżowego nadają się do pracy w sieci wielocentralowej z centralnym nadzorem i centralnym usuwaniem uszkodzeń.

Główne zasady organizacji centralnego nadzoru zastosowane w praktyce przez firmę L.M. Ericsson w centralach krzyżowych podano w pracy [9]; przypomniemy te zasady:

- na wydzielonym obszarze telefonicznym tworzy się biuro nadzoru central, w którym zbierane są informacje służbowe oraz reklamacje abonentów dotyczące uszkodzeń i zakłóceń ruchowych, a następnie na podstawie zebranych informacji podejmowane są decyzje dotyczące rozpoczęcia odpowiednich czynności konserwacyjnych;
- wszystkie centrale poza największymi (powyżej 10000 NN) nie posiadają stałej obsługi;

- wszystkie czynności związane z usuwaniem uszkodzeń wykonywane są pod nadzorem biura nadzoru central przez jedno lub dwuosobowe patrole, zwykle zmotoryzowane;
- każdy patrol ma zestaw przewoźnych urządzeń probierczych i narzędzi, a poza tym odpowiednie zestawy urządzeń kontrolno-badaniowych i narzędzi znajdują się we wszystkich centralach;
- układy wejściowe i wyjściowe wyposażenia kontrolnego w każdej centrali zebrane są w specjalnym zespole kontrolnym; w dużych centralach zespół ten jest umieszczony w oddzielnym pomieszczeniu;
- gromadzenie danych statystycznych i wszystkie inne prace administracyjne skupione są w biurze nadzoru central; w ten sposób personel usuwający uszkodzenia, stanowiący obsadę wspomnianych patroli, może być skutecznie wykorzystany, pozwalając równocześnie na należytą specjalizację i zwiększenie wydajności pracy;
- pod kontrolą biura nadzoru central generowane są przez próbniki dróg połączeniowych połączenia próbne pomiędzy numerami badaniowymi; program, według którego są realizowane próbne połączenia, jest ułożony w ten sposób, aby patrząc z punktu widzenia abonenta, uzyskać prawdziwy obraz pracy każdej centrali;
- jako uzupełnienie badań realizowanych za pomocą sztucznie generowanego ruchu przeprowadza się obserwacje rzeczywistego ruchu wytwarzanego przez abonentów; do tego celu służą zespoły lampek kontrolnych, które można dołączać do specjalnych rejestrów.

Obserwację ruchu rzeczywistego można realizować również za pomocą automatycznego urządzenia, którego szczegółowy opis podano w pracy [34].

W publikacji [9] podano przykład oparty o omówione wyżej zasady centralizacji nadzoru central telefonicznych. Z przykładu tego wynika, że grupa jedenastu central o łącznej pojemności 30000 NN jest obsługiwana przez dziewięć osób personelu eksploatacyjnego. Ponieważ w omawianej grupie jedenastu central są dwie o pojemności powyżej 10000 NN, dla każdej z nich przewidziano po dwie osoby stałego personelu. Dla pozostałych central liczbę personelu ruchomego można określić z następujących rozważań. Z danych statystycznych zebranych w różnych centralach wynika, że liczba uszkodzeń usuwanych w centralach ARF w ciągu jednego roku wynosi przeciętnie $10 + 20$ na każde 1000 NN. A więc w rozpatrywanym przypadku należy się liczyć z potrzebą usuwania około siedmiu uszkodzeń dziennie we wszystkich rozpatrywanych jedenastu centralach. Odjawszy dwie centrale powyżej 10000 NN, o których mówiliśmy poprzednio, otrzymamy, że należy zorganizować dwa dwuosobowe zmotoryzowane patrole. Oprócz tego przewidziano jedną osobę w centralnym biurze nadzoru.

W NRF w roku 1959 wprowadzono w centralach z wybierakami podnosząco-obrotowymi nowy system konserwacji, oparty na centralizacji personelu przeprowadzającego naprawy. System ten polega na okresowych remontach przeprowadzanych przez specjalne grupy pracowników nie związanych na stałe z żadną centralą. W wyniku uzyskano znacz-

ną poprawę sprawności central z wybierakami podnosząco-obrotowymi oraz uległy poprawie wskaźniki ekonomiczne. Dalsze przedsięwzięcia w NRF w zakresie centralizacji to wprowadzenie nowego systemu scentralizowanej sygnalizacji uszkodzeń, tzw. "Störungssignalisierung 65", polegającego na przekazywaniu wszystkich sygnałów o uszkodzeniach i alarmów do jednego punktu centralnego. Pozwala to na znaczne zmniejszenie personelu technicznego central w godzinach małego ruchu.

W Australii prace w dziedzinie centralizacji są bardzo zaawansowane. Szeroko jest stosowana centralizacja zbierania i analizy różnych danych, na przykład reklamy abonenckich, oraz centralizacja niektórych badań, na przykład za pomocą próbników dróg połączeniowych. Zbieranie i analiza danych odbywa się dla danej sieci w jednym punkcie nazywanym Service Coordination Centre (S.C.C). Czynności wykonywane przez S.C.C. można najlepiej określić przez zacytowanie wyjątku z instrukcji technicznej APO zatytułowanej "General Principles and Procedures for Automatic Switching Equipment Maintenance" [25].

"Lokalne biuro napraw pewnej centrali telefonicznej nie może skutecznie nadzorować jakości usług całego ruchu rozpoczynanego w tej centrali lub tranzytowanego przez tę centralę do wszystkich innych central dużej wielocentralowej lokalnej lub międzymiastowej sieci. Nie może dokładnie określić punktów uszkodzeń w innych centralach, które wpływają na połączenia wychodzące z własnej centrali. Dlatego do pomocy indywidualnym centralom utworzono S.C.C. danej sieci. S.C.C. analizuje z punktu wi-

dzenia całej sieci reklamacje abonentów, wynikające z uszkodzeń w centrali, wyniki pracy próbników dróg połączeniowych, wyniki obserwacji połączeń rzeczywistych oraz wyniki obserwacji ruchu na poziomach nieobsadzonych. Indywidualne centrale będą otrzymywać informacje z S.C.C., dotyczące jakości usług oddawanych abonentom dołączonym do danej centrali, a także dane o uszkodzeniach w danej centrali, powodujące trudności wszystkim abonentom.

S.C.C. planuje nadzór usług sieci jako całości i organizuje pomoc dla indywidualnych central w razie potrzeby w celu nadzorowania określonych międzymiastowych i międzycentralowych kierunków oraz tranzytowego wyposażenia komutacyjnego. W przeszłości koncentrowaliśmy się na badaniu poszczególnych wybieraków i łączy międzycentralowych i zakładaliśmy, że jakość połączeń zestawionych z tych elementów będzie zadowalająca, jeżeli tylko jakość tych elementów będzie dobra. Nowoczesna technika konserwacji kładzie nacisk na badania całych połączeń "od końca do końca" i S.C.C. ma specjalne zadanie planowania takich badań w danej sieci wielocentralowej. Każdy lokalny nadzór techniczny jest odpowiedzialny za współpracę z S.C.C. i dostarczanie danych w celu zapewnienia dobrej jakości usług".

Z powyższego cytatu wynika, że S.C.C. zbiera i analizuje:

- reklamacje abonentów,
- wyniki pracy próbników dróg połączeniowych,
- wyniki obserwacji połączeń rzeczywistych,
- wyniki obserwacji ruchu na poziomach nieobsadzonych.

Szersze omówienie zagadnienia zbierania i analizy przez S.C.C. reklamacji abonentów podano w rozdz. 7 tej pracy.

Odnośnie pracy próbników dróg połączeniowych zakłada się, że każda centrala danej sieci telefonicznej przeprowadza regularne badania "jakości usług" lokalnego kierunku ruchu centrali za pomocą próbnika dróg połączeniowych. Natomiast nie jest możliwe badanie jakości usług dla każdego ruchu do każdej innej centrali w dużej sieci ze względu na koszty i potrzebną liczbę połączeń badaniowych. S.C.C. ustala skoordynowany program regularnych scentralizowanych badań jakości usług wszystkich kierunków ruchu, który jest tak zaprojektowany, aby uzyskać jak najlepsze pokrycie całej sieci za pomocą posiadanych próbników dróg połączeniowych. Ten program ustala priorytet badań na te kierunki ruchu, które przenoszą większość ruchu i które najwięcej wpływają na jakość usług jako całości. Za pomocą tak skoordynowanego programu badania minimalizuje się niepotrzebne nakładanie badań na pewnych kierunkach ruchu.

Wyniki obserwacji połączeń rzeczywistych prowadzonych przez nadzór techniczny w centrali są przekazywane do S.C.C. w celu analizy. Jeżeli obserwowane połączenie jest wadliwe, informacje takie, jak szczegółowe dane centrali wyjściowej, wybierany numer i rodzaj zauważonej nieprawidłowości, są natychmiast przekazywane do S.C.C. Czasami taka informacja razem z reklamacjami abonentów umożliwia lokalizację pewnych uszkodzeń. Jednak głównym celem zbierania danych z obserwacji połączeń rzeczywi-

stych jest ogólna statystyka wskazująca procent połączeń wadliwych dla każdej centrali telefonicznej. Dane z obserwacji połączeń rzeczywistych wskazują tendencje zmian w jakości usług w długim okresie czasu i jest to najbardziej fundamentalna miara, jaką mamy do dyspozycji do określenia ogólnej jakości usług. Jednak te dane nigdy nie są tak skuteczne przy lokalizacji poszczególnych uszkodzeń, jak analiza reklamacji abonenckich i praca próbników dróg połączeniowych.

Wyniki obserwacji ruchu na poziomach nieobsadzonych w centralach z wybierakami podnosząco-obrotowymi umożliwiają wykrywanie wad, które nie mogą być wykryte innymi środkami. Połączenia na takich poziomach są obserwowane dorywczo i wywołujący abonent jest zapytywany w celu określenia wywołwanego numeru.

S.C.C. analizuje również inne dane na bieżąco, na przykład wyniki specjalnych badań. Skuteczność nadzoru za pomocą S.C.C. zwiększa się, jeżeli centrum otrzymuje na bieżąco informacje o natężeniu działalności instalacyjnej w każdej centrali.

S.C.C. analizuje wszystkie dane, które otrzymuje i próbuje dostarczyć technicznemu kierownictwu oraz personelowi poszczególnych central:

- przejrzysty obraz ogólnej jakości usług sieci telefonicznej rozważanego obszaru;
- jakość usług poszczególnych central w sieci;
- najbardziej prawdopodobną lokalizację źródeł wad w sieci.

W tym celu są opracowywane miesięczne i kwartalne sprawozdania, które są rozsyłane do wszystkich zainteresowanych. W sprawozdaniach podaje się szereg wskaźników obliczanych względem odpowiedniej wartości przeciętnej dla całej sieci. Wskaźniki te są analizowane na wszystkich szczeblach organizacji konserwacji i umożliwiają:

- określić te centrale lub kierunki ruchu, które są stale odpowiedzialne za słabą jakość usług;
- ocenić wartość programu organizacji prac konserwacyjnych w poszczególnych centralach;
- ocenić aktywność konserwacyjną w poszczególnych centralach;
- zwiększyć nakłady na konserwację w tych miejscach sieci, gdzie to jest najbardziej potrzebne.

Wspomniane wskaźniki wyrażane są w następujący sposób:

$$(\text{wskaźnik centrali}) = \frac{(\text{wynik centrali})}{(\text{przeciętna sieci})}$$

Wskaźniki są zwykle oparte na liczbie 100, tzn. jeżeli wynik centrali dla danego wskaźnika jest równy przeciętnej sieci, to ten wskaźnik jest równy 100. Na przykład w tym przypadku wskaźnik równy 80 może oznaczać, że jest "nieco gorzej niż przeciętnie, ale nie tak źle, by były potrzebne specjalne czynności prowadzące do poprawy tego wskaźnika". Natomiast wskaźnik 96 może oznaczać, że

jest "bardzo dobrze; należy się jednak zastanowić, czy zbyt duże nakłady nie są dokonywane do osiągnięcia tego wyniku". Użycie wskaźników przez APO, tak dla pomiarów jakości usług jak i wydajności pracy personelu, opiera się na następujących zasadach:

- górną wartością skali powinna być liczba 100, która odpowiada poziomowi jakości uzyskiwanemu tylko przy bardzo dobrej pracy w sprzyjających warunkach;
- poziomy normalnej pracy powinny się znajdować pomiędzy wartościami 65 i 100 z przeciętną jakością około 90;
- pewna poprawa w przypadkach słabej jakości powinna powodować większy wzrost wskaźnika niż taka sama wartość poprawy w przypadkach dobrej jakości.

Dwa pierwsze punkty nie wymagają wyjaśnień, natomiast punkt trzeci nie jest oczywisty. Z punktu tego wynika, że zależność wartości wskaźnika od danego wyniku centrali nie jest liniowa. Chodzi tutaj o to, by małe pogorszenie przy już słabej jakości dawało porównawczo duże zmniejszenie punktów wskaźnika. Powoduje to, że uwaga kierownictwa jest szybko skupiana na obszary sieci wymagające największej uwagi.

Jak z powyższych przykładów dotyczących zastosowania centralnego nadzoru central telefonicznych wynika, zainteresowanie tym zagadnieniem jest duże tak poszczególnych administracji telefonicznych dokonujących odpowiednich doświadczeń w warunkach rzeczywistych, jak również poszczególnych firm produkujących sprzęt komutacyjny.

Firmy te i administracje zajmują się opracowaniem i wykonaniem automatycznej aparatury potrzebnej do centralnego nadzoru. Wynika to z dążenia do zmniejszenia potrzeby bezpośrednich kontaktów personelu z urządzeniami central telefonicznych, do zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz z ogólnej tendencji automatyzacji wszystkich czynności, występującej w technice. Tendencja ta w połączeniu z analizą ekonomiczną pozwoli ustalić w każdym przypadku korzyści stosowania proponowanych rozwiązań technicznych.

Należy jeszcze wspomnieć, że centralny nadzór central telefonicznych pozwala wprowadzić do analizy uszkodzeń technikę elektronicznych maszyn cyfrowych i pewne próby w tym kierunku zostały już przeprowadzone [22]. Na przykład zastosowanie elektronicznej maszyny cyfrowej do analizy reklamacji abonenckich omówiono w rozdz. 7.5 tej pracy.

11. STRATEGIA UTRZYMANIA CENTRAL TELEFONICZNYCH

Jak wspomniano na początku, utrzymanie central telefonicznych można podzielić na trzy podstawowe zagadnienia:

- wyjściową jakość sprzętu komutacyjnego,
- kwalifikacje personelu eksploatacyjnego,
- organizację eksploatacji posiadanego sprzętu.

Z przeprowadzonych rozważań wynika również, że z problemu organizacji eksploatacji można wydzielić kilka dalejszych ważnych zagadnień, które kolejno omawiano:

- analizę przyczyn i skutków wad,
- strategię konserwacji,
- analizę reklamacji abonenckich,
- nadzór statystyczny,
- wybór urządzeń badaniowych,
- centralizację nadzoru central telefonicznych.

Oczywiście omówienie tych zagadnień nie było wyczerpujące ze względu na ograniczone ramy tej pracy i często brak dokładniejszych opracowań, ale pozwoliło nakreślić najważniejsze tendencje w rozwiązywaniu poszczególnych problemów.

Opracowanie optymalnej strategii utrzymania polega oczywiście na optymalnym dobraniu wszystkich jej czynników, co jest zagadnieniem bardzo trudnym. Zwykle postępuje się w ten sposób, że każdą wybraną strategię sprawdza się w rzeczywistych warunkach i wprowadza odpowiednie poprawki. W przeprowadzonych rozważaniach wskazano również na możliwość szerszego wykorzystania analizy matematycznej przy opracowywaniu strategii konserwacji, co dotychczas było niedoceniane.

Na rysunku 15 podano graficznie elementy strategii utrzymania central telefonicznych. W pierwszej części od góry podano zasadniczy podział strategii utrzymania, a w drugiej rodzaje omówionych strategii konserwacji stosowane w praktyce. W trzeciej części podano algorytm wykonywanych czynności, uzależniony od rodzaju przyjętej strategii konserwacji.

Jeżeli została przyjęta klasyczna strategia konserwacji zapobiegawczej, to na podstawie rysunku można

stwierdzić, że wykonywane są prace okresowe systematyczne dotyczące mechanizmów wybieraków (regulacja, czyszczenie i smarowanie) oraz badania systematyczne funkcjonowania typu "tak lub nie". Jeżeli w rezultacie badania otrzymamy wynik pozytywny "tak", to na tym kończymy wykonywane czynności. Jeżeli otrzymamy wynik "nie", to w przypadku zespołu wymiennego wymieniamy go na zespół zdalny pobrany z grupy zespołów rezerwowych, następnie zespół uszkodzony naprawiamy i włączamy do grupy zespołów rezerwowych. Jeżeli otrzymamy wynik "tak", to wyłączamy zespół z pracy, badamy go i naprawiamy, a następnie włączamy do pracy.

Podobnie można rozważyć pozostałe rodzaje strategii utrzymania na podstawie podanego algorytmu. Weźmy jeszcze konserwację korekcyjną z kontrolą. Tutaj wykonywane są badania statystyczne funkcjonowania za pomocą próbnika dróg połączeniowych oraz równocześnie stosowany jest ciągły nadzór ważniejszych zespołów centrali. W wyniku nadzoru statystycznego i stosowania testu sekwencyjnego w każdej chwili mamy do dyspozycji jedno z trzech wskazań: przyjęty, obojętny, odrzucony. Gdy mamy wskazanie "przyjęty", to przerywamy badania za pomocą próbnika dróg połączeniowych na pewien czas. Gdy mamy wskazanie "obojętny", to kontynuujemy dalej badania za pomocą próbnika dróg połączeniowych. Wreszcie w przypadku wyniku "odrzucony" przystępujemy natychmiast do czynności mających poprawić jakość usług centrali. Mianowicie analizujemy wszystkie zebrane informacje z ciągłego nadzoru, z reklamacji abonenckich oraz ewentualnie in-

nych źródeł i staramy się prowadzić prace konserwacyjne w tych fragmentach centrali, które są odpowiedzialne za zły stan usług. Ze znalezionymi uszkodzonymi zespołami (wynik "nie") postępujemy tak samo jak poprzednio, w zależności od tego, czy zespół jest wymienny, czy też nie.

Na rysunku 15 wprowadzono oznaczenia literowe bloków przedstawiających poszczególne czynniki strategii utrzymania. Wykorzystując te oznaczenia, można powiedzieć, że strategia utrzymania oparta na klasycznej strategii konserwacji profilaktycznej będzie mieć symbol XYBE. Litery oznaczają tutaj czynniki wchodzące w skład strategii. Można za pomocą tej symboliki podać jako zalecane obecnie strategię utrzymania:

- dla central biegowych strategia XYACE lub XYACEG,
- dla central krzyżowych strategię XYDEF lub XYDEFG.

Dwie ostatnie strategię różnią się tylko centralizacją nadzoru wprowadzoną w ostatniej strategii.

WYKAZ LITERATURY

1. Ahlstedt B.: Praktische Erfahrungen über Messungen der Betriebssicherheit von Fernsprechanlagen. VDE - Fachberichte 19 (1956).
2. Barlow R.E., Proschan F.: Mathematical Theory of Reliability. John Wiley and Sons, New York 1965.
3. CCITT Księga Błękitna, Tom VI. Sygnalizacja i komutacja telefoniczna. Genewa, czerwiec 1964 r.

4. Cronsten G.: Maintenance of Unattended Automatic Telephone Exchanges. Tele 1957 nr 2. Opracowanie polskie Kaczyński T., Naimski H.: Automatyczne centra-
le telefoniczne niedozorowane w Szwecji i ich konserwacja. Przegląd Zagadnień Łączności 1962 nr 10 (13)
s. 37-49.
5. Cywiński G., Kaczyński T.: Konserwacja central telefonicznych systemu Strowgera. Instrukcja Techniczna Nr TS-156. Warszawa 1967.
6. Definitionen für Gütekmale in der Vermittlungstechnik. NTG⁰⁹₁₂01 Entwurf 1958. NTZ 1959 nr 5, s. 263-
-264.
7. Elldin A., Lind G.: Statistical Methods for Supervision of Telephone Exchanges and Network. Ericsson Technics 1956 nr 12, s. 3-28.
8. Engel H.: Die Unterhaltung von automatischen Fernsprechanlagen in wirtschaftlicher sicht. Fernmelde Praxis 1965 t. 42 nr 16, s. 633-644. Opracowanie polskie Feret M.: Utrzymanie automatycznych urządzeń telefonicznych z ekonomicznego punktu widzenia. Przegląd Zagadnień Łączności 1967 nr 8/71/, s. 1-20.
9. Ericsson O.: Centralization Trends in Exchange Maintenance. Ericsson Review 1966 t. 43 nr 2, s. 56-66. Opracowanie polskie Stankiewicz A.: Tendencje centralizacji konserwacji automatycznych central telefonicznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1967 nr 8/71/, s. 21-42.

10. Grzesiak K.: Niezawodność urządzeń elektronicznych. Wyd. PWN, Warszawa 1965.
11. Hansson K.G.: Maintenance Economy. Referat wygłoszony na konferencji L.M. Ericsson w 1957 r. Opracowanie polskie Kaczyński T., Naimski H.: Zagadnienia ekonomiczne konserwacji automatycznych central telefonicznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1962 nr 10/13/, s. 49-61.
12. Hansson G.: Modern Trends in Training. LME Sweden. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-3.
13. Hansson K.G.: Organization of Maintenance for Crossbar Office (Organizacja konserwacji w centralach telefonicznych systemu krzyżowego). Telecommunications Symposium, Leningrad, USSR, February 24 th - - 28 th, 1969; Switching Techniques.
14. Hansson K.G.: The Traffic Route Tester - a New Tool for Service observation at Automatic Telephone Exchanges. Ericsson Review, 1955, Nr 4.
15. Harva M.: Centralized Switching Maintenance in Helsinki. HTC, Finland. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-5 oraz appendix s. 1-14.
16. Igel R.: Fragen der Unterhaltung von Fernsprechvermittlungen. Zeitschrift für das Post - und Fernmeldewesen 1967 t. 19 nr 3, s. 82-90. Opracowanie polskie Stankiewicz A.: Niektóre problemy utrzymania automatycznych central telefonicznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1968 nr 2/77/, s. 1-20.

17. Jimbo Kenji, Nakamura Katsumi: Maintenance of Crossbar Exchange. Japan Telecommunications Review 1968 nr 3, s. 159-166.
18. Kaczyński T.: Przedsięwzięcia Departamentu Służby Telekomunikacyjnej MŁ PRL w kierunku unowocześnienia konserwacji telefonicznych central automatycznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1962 nr 10/13/, s. 62-66.
19. Kenner D.: Training for Crossbar. Telecom. J. of Australia 1964 t. 14, nr 3, s. 213-219. Po polsku - Zagadnienia wprowadzenia systemu crossbar w Australii, cz. III. IL 1966.
20. Kibortt J., Trehciński J.: Przegląd metod konserwacji automatycznych central telefonicznych. Prace Instytutu Łączności 1961 nr 2/23/, s. 57-69.
21. Lind G.: Statistical Supervision of Telephone Plant. Ericsson Technics 1958 nr 2, s. 197-220.
22. Marrows B.: Use of Computers in Modern Maintenance. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-11.
23. Melgaard R.: Centralised Supervision of Local Network in Australia. APO, Australia. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-9 oraz appendix ss.19.
24. Melgaard R.: Service Performance and Maintenance of Crossbar Exchanges in Australia. APO, Australia. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-6 oraz Maintenance Procedures for ARF 102 Crossbar Equipment s. 1-31.

25. Moot G.: Maintenance of Telephone Networks Comprising Crossbar and Step by Step Equipment. Telecom. J. of Australia 1964 t. 14 nr 4, s. 267-269. Opracowanie polskie Kibortt J.: Konserwacja sieci telefonicznych zawierających sprzęt łączeniowy systemów krzyżowego i krokowego. Przegląd Zagadnień Łączności 1966 nr 4/55/, s. 60-79.
26. Moot G.: Modern Trends in Exchange Maintenance Practices. Australian Post Office Telephone Equipment Information Bulletin nr 1.
27. Moot G.: Some Development in Qualitative Maintenance. Telecom J. of Australia 1959 t. 12 nr 2, s. 77-84. Opracowanie polskie Kibortt J.: Tendencje rozwojowe jakościowej metody konserwacji. Przegląd Zagadnień Łączności 1966 nr 4/55/, s. 1-36.
28. Müller H.: Bewertung vermittlungstechnischer Anlagen durch Gütemerkmale. NTZ 1960 nr 6. Opracowanie polskie Stankiewicz A: Ocena urządzeń łączeniowych za pomocą wskaźników. Przegląd Zagadnień Łączności 1963 nr 12/27/, s. 1-14.
29. Noonan E.E.: Fault Analysis in Automatic Exchanges. ATE Journ. 1955 nr 3, s. 172-179.
30. Omond D.J.: An Introduction to the Analysis of Subscribers Complaints. Telecom. J. of Australia 1963 t. 13 nr 6, s. 446-452. Opracowanie polskie Życińska Z.: Zagadnienie analizy reklamacji abonenckich. Przegląd Zagadnień Łączności 1966 nr 4/55/, s. 37-60.

31. Palmer R.W.: Maintenance Principles for Automatic Telephone Exchange Plant. Proceed. IEE. 1955 nr 4, s. 453-468.
32. Petrie J.K., Taylor J.B.: Generation of Artificial Traffic Equipment by Automatic Routers. Telecom. J. of Australia, t. 11 nr 2.
33. Pettersson A.D.: Maintenance of ARF 102 Crossbar Exchanges. Telecom. J. of Australia 1964 t. 14 nr 4, s. 270-279. Po polsku - Zagadnienia wprowadzenia systemu crossbar w Australii, cz. III. IŁ 1966.
34. Pettersson S., Stromberg E.: Supervision of the Operating Conditions for Automatic Telephone Traffic. Tele 1967 t. 19 nr 2, s. 29-62. Opracowanie polskie Kibortt J.: Nadzór nad stanem jakości działania central automatycznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1968 nr 10/85/ i nr 11/86/.
35. Pfisterer R.: Der systematische Unterhalt von Teilnehmeranlagen. Bulletin Technique PTT 1952 nr 9, s. 270-279.
36. Preist T.F.: Some Thought on Telephone Exchange Maintenance. A.T.E. Journal t. 11 nr 3.
37. Preist T.F.: The Case for a New Approach to Maintenance. ATE Journal 1954 t. 10 nr 2. Opracowanie polskie Kaczyński T., Naimski H.: Nowe metody konserwacji central telefonicznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1962 nr 10/13/, s. 1-17.

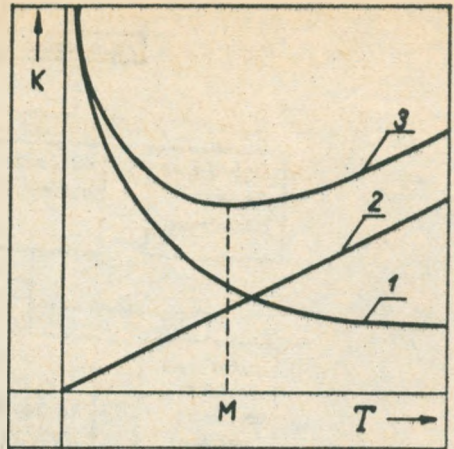
38. Przepisy gospodarki ruchowej w automatycznych centralach telefonicznych. Instrukcja Techniczna Nr TS-128. Instytut Łączności 1962.
39. Ramel S.: Telephone Buildings (Architect SAP, Sweden). Maintenance Conference, Stockholm 1966, s.1-6.
40. Rudeforth S., Lavier K.S., Driver E.R.: Exchange Maintenance Procedure - Past, Present, Future. Referat wygłaszany w 1956-57 w 11 Oddz. Stow. Inż. Elektryków Poczty Brytyjskiej. Opracowanie polskie Kaczyński T., Naimski H.: Konserwacja central - w przeszłości, obecnie i w przyszłości. Przegląd Zagadnień Łączności 1962 nr 10/13/, s. 18-37.
41. Schönau Hansen M.: Maintenance of the Automatic Cross-bar Network in Jutland. JIAS. Danmark. Maintenance Conference, Stockholm 1966, s. 1-10 oraz appendix s. 1-10.
42. Schlicht U.: Betriebsgüte - Messeinrichtungen für Wähl - Vermittlungsanlagen. Siemens Zeitschrift 1961 nr 8. Opracowanie polskie Stankiewicz A.: Urządzenia do pomiaru sprawności automatycznych central telefonicznych. Przegląd Zagadnień Łączności 1963 nr 12/27/, s. 14-23.
43. Sloane J.: Artificial Traffic Equipment. ATE Journal 1957 nr 4.
44. Stankiewicz A.: Automatyczny próbnik dróg połączeniowych APD-3. Przegląd Zagadnień Łączności 1963 nr 12/27/, s. 46-58.

45. Toshach G.A.: Recruiting and Training of Maintenance Staff at Swedish Telecommunications Administration. Maintenance Conference, Stockholm 1961, s. 1-5 oraz 35 str. rysunków i tablic.
46. Walaszek S.: Szacowanie liczby połączeń próbnych przy badaniu układów komutacyjnych. Prace Instytutu Łączności 1968 nr 2/50/.
47. Walaszek S.: Zasady pobierania próby do analizy statystycznej jakości usług central telefonicznych. Prace Instytutu Łączności 1967 nr 1/45/.
48. Walaszek S.: Zastosowanie ilorazowego testu sekwencyjnego do oceny stanu technicznego centrali telefonicznej. Prace Instytutu Łączności 1968 nr 1/49/.
49. Wald A.: Sequential Analysis. New York 1947.
50. Wasiliewa L.S.: Nowaja technika i metody eksploatacji ATS. Informacionnyj Sbornik. Moskwa 1963, rozdz. 3, s. 108-132. Opracowanie polskie Feret M.: Aparatura kontrolno-badaniowa w telefonicznych centralach krzyżowych. Przegląd Zagadnień Łączności 1966 nr 10/61/, s. 1-37.
51. Wittig F.: Statistische Qualitätskontrolle in Fernsprechdienst. Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 1966 nr 3, s. 88-95.
52. Wolniewicz J.: Klimatyzacja pomieszczeń central telefonicznych. Problemy Łączności 1963 nr 2/7/, s. 1-87.

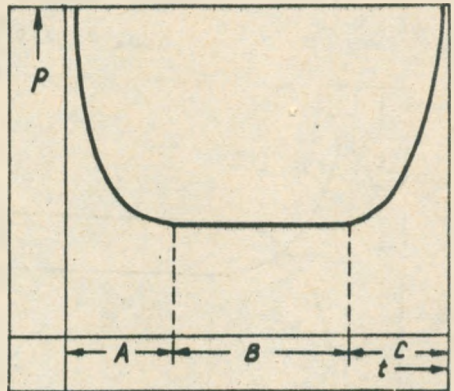
53. Wright H.T.: Qualitative Maintenance. Telecom. J. of Australia t. 11 nr 2.
54. Zilko M.D.: Analysis of Subscriber Trouble Reports - CARCO. Telecom. J. of Australia t. 15 nr 1.

Rys. 1. Wpływ kosztu sprzętu /1/
i kosztu utrzymania /2/ na łączny
koszt eksploatacji /3/

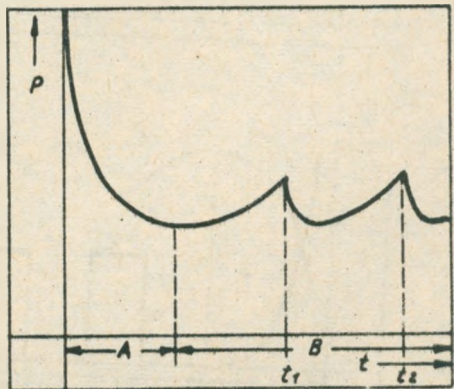
K - koszty, T - łączny czas per-
sonelu eksploatacyjnego dla da-
nego sprzętu

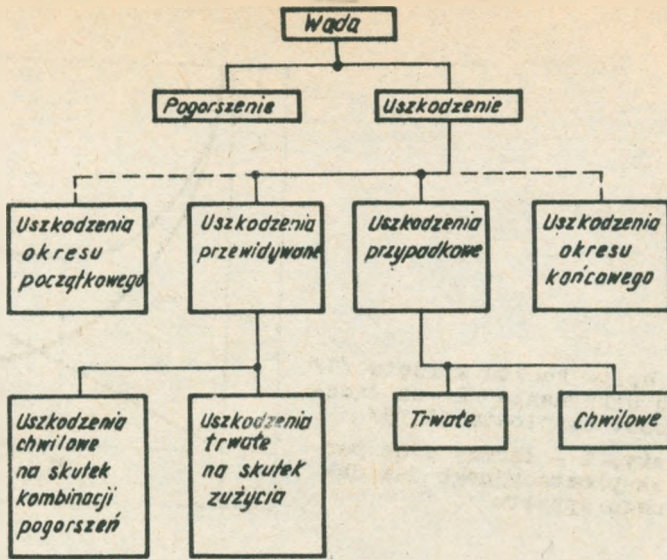


Rys. 2. Częstość uszkodzeń
A - początkowy okres eksploata-
cji; B - okres normalnej eksplo-
atacji; C - okres końcowy

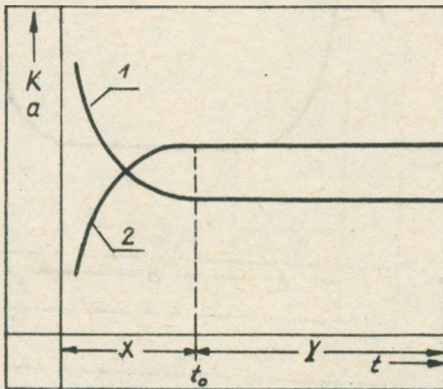


Rys. 3. Częstość uszkodzeń dla
konserwacji zapobiegawczej



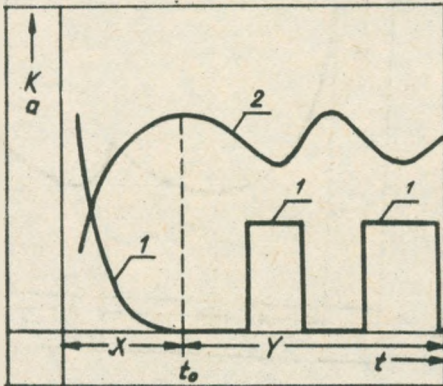


Rys. 4. Klasyfikacja uszkodzeń



Rys. 5. Konserwacja zapobiegawcza

K - koszty utrzymania /krzywa 1/;
 a - jakość usług /krzywa 2/; X -
 okres początkowy; Y - okres nor-
 malnej eksploatacji

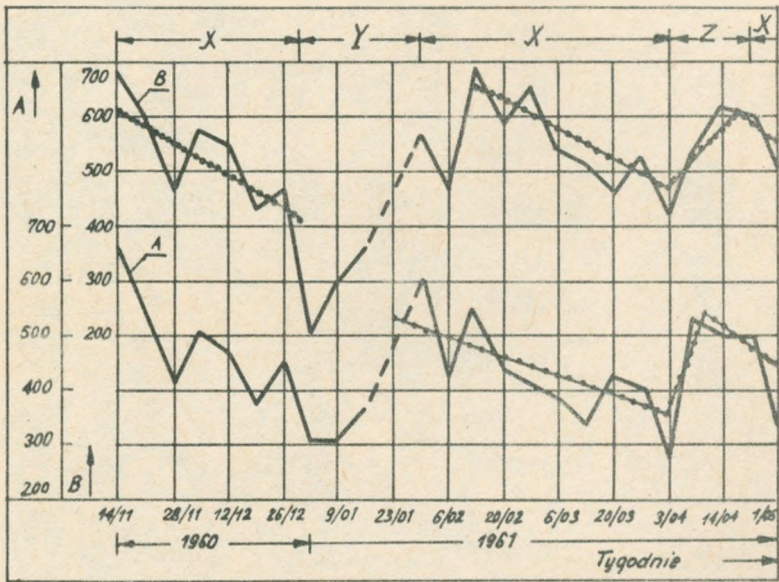
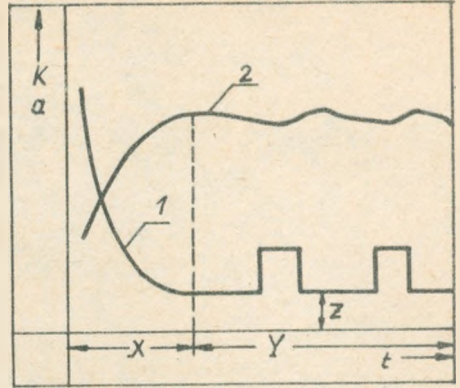


Rys. 6. Konserwacja korekcyjna

K - koszty utrzymania /krzywa 1/;
 a - jakość usług /krzywa 2/; X -
 okres początkowy; Y - okres nor-
 malnej eksploatacji

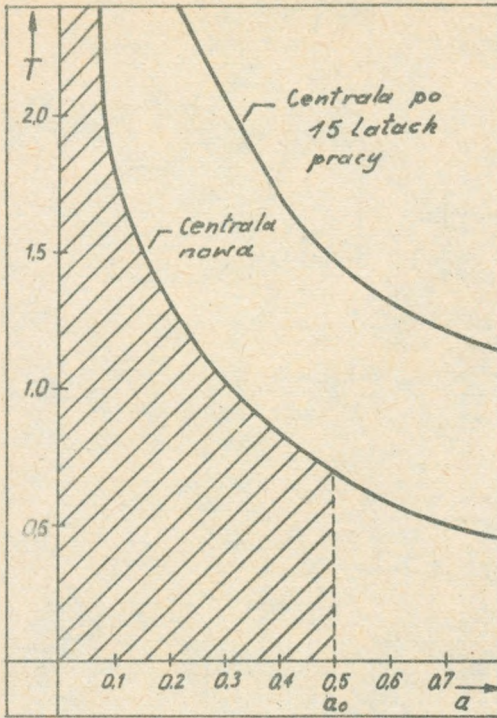
Rys. 7. Konserwacja korekcyjna z kontrolą

K - koszty utrzymania /krzywa 1/;
 a - jakość usług /krzywa 2/; X -
 okres początkowy; Y - okres nor-
 malnej eksploatacji; Z - składowa
 stała kosztów eksploatacji

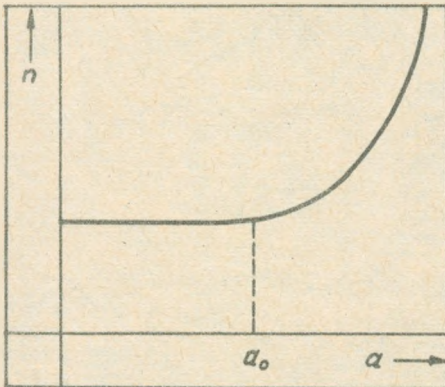


Rys. 8. Wpływ analizy reklamacji

A - uszkodzenia typu "połączenie nie zostaje zestawione"; B -
 uszkodzenie typu "uzyskano niewłaściwy numer"; X - okresy pro-
 wadzenia analizy reklamacji; Y - okres, w którym przzerwano a-
 analizę na skutek reorganizacji; Z - okres, w którym przzerwano
 analizę reklamacji w celu sprawdzenia wpływu analizy

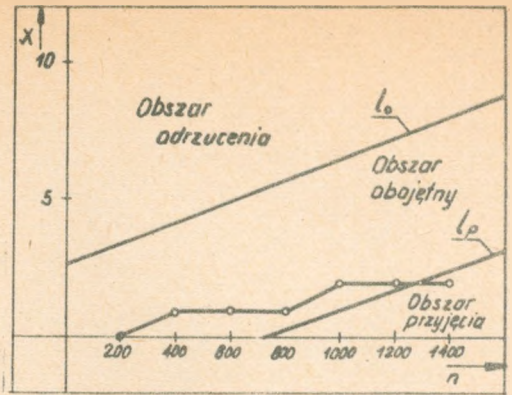


Rys. 9. Krzywe graniczne
 a - jakość usług; T - nakłady czasu personelu eksploatacyjnego w godzinach na jednego abonenta w ciągu roku

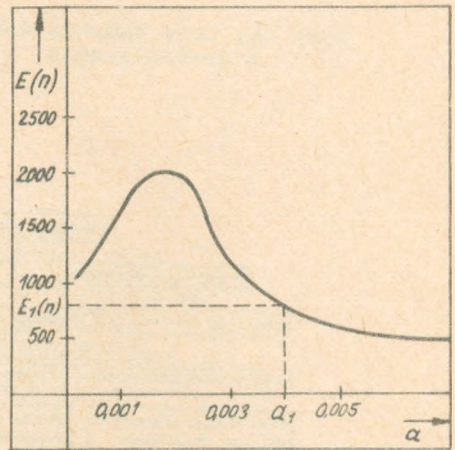


Rys. 10. Zależność liczby reklamacji od jakości usług

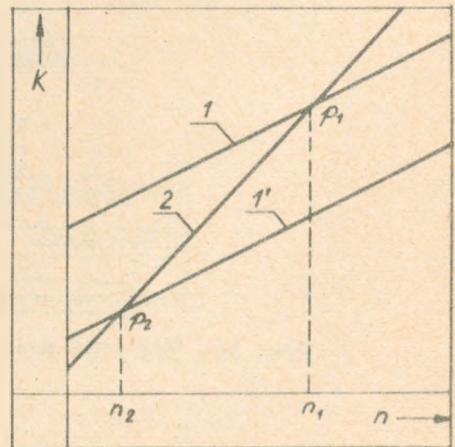
Rys. 11. Test sekwencyjny
 l_o - linia odrzucenia; l_p -
 linia przyjęcia

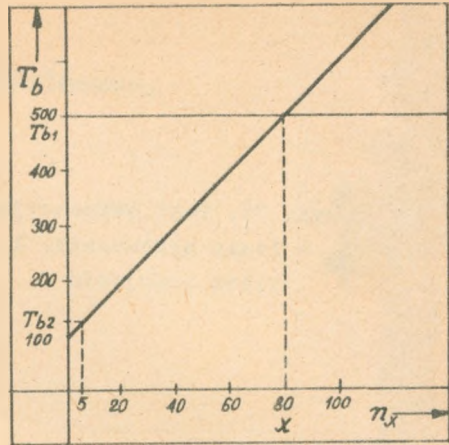


Rys. 12. Wartość oczekiwana liczby obserwacji

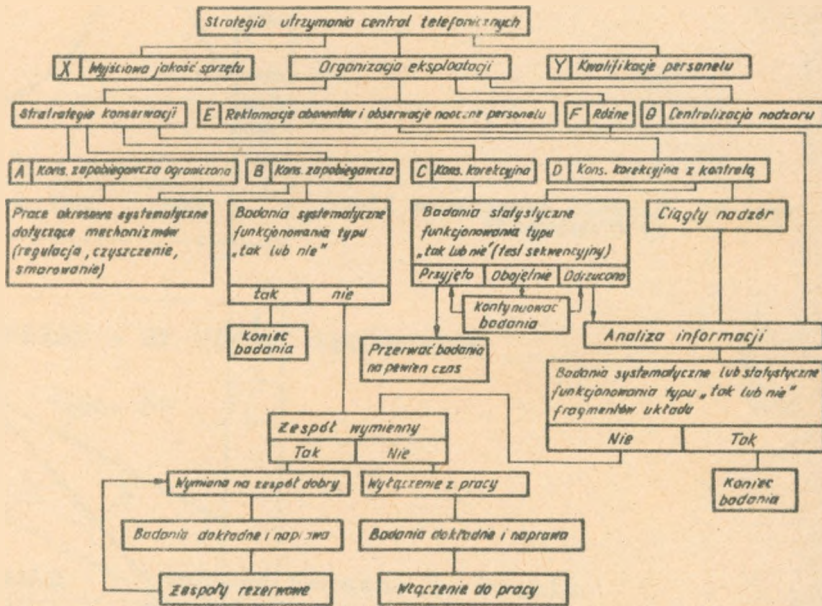


Rys. 13. Porównanie kosztów badań ręcznych i automatycznych





Rys. 14. Czas badania dokładnego i uproszczonego



Rys. 15. Czynniki strategii utrzymania central telefonicznych

