

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA · MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

3(215)

1983

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

Rok 23

WARSZAWA 1983

NR 3/215/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:
doc. mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: mgr K. Juskiewicz

Montaż tekstu: E. Milkiewicz

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpięto do
Działu Wydawniczego 4.II.1983 r.
Druk ukończono w maju 1983 r.

Sylwester Kaczmarek
Sławoj Walaszek
Ryszard Weisbrodt

NOWE METODY I ŚRODKI TECHNICZNE WYKRYWANIA
ZESPOŁÓW NIESPRAWNYCH W URZĄDZENIACH KOMUTACYJNYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Problem wykrywania zespołów niesprawnych w centralach telefonicznych	1
1.1. Wprowadzenie	1
1.2. Analiza uszkodzeń w centralach telefonicznych	2
1.3. Klasyfikacja metod wykrywania uszkodzeń zespołów komutacyjnych	4
1.4. Środki do wykrywania uszkodzeń	7
1.5. Perspektywy rozwiązania problemu	11
2. Statystyczne metody wykrywania niesprawnych zespołów komutacyjnych	14
2.1. Uwagi ogólne	14
2.2. Wykorzystanie średniego czasu obsługi zgłoszeń	15
2.2.1. Koncepcja metody	15
2.2.2. Podstawy podejmowania decyzji	17
2.2.3. Ocena metody	25
2.3. Wykorzystanie dyskretnej informacji o stanie zespołu	26
2.3.1. Omówienie koncepcji	26
2.3.2. Podstawy teoretyczne metody	27
2.3.3. Algorytmy podejmowania decyzji	31
2.3.4. Wyniki badań skuteczności metody	34
2.3.5. Ocena metody	42
2.4. Porównanie metod	43
2.5. Koncepcja rozwiązania aparatury	45
3. Zakończenie	48
Wykaz literatury	48



NOWE METODY I ŚRODKI TECHNICZNE WYKRYWANIA ZESPOŁÓW NIESPRAWNYCH W URZĄDZENIACH KOMUTACYJNYCH

1. PROBLEM WYKRYWANIA ZESPOŁÓW NIESPRAWNYCH W CENTRALACH TELEFONICZNYCH

1.1. Wprowadzenie

Podstawowe zadanie urządzeń komutacyjnych, polegające na zestawieniu połączenia telefonicznego od abonenta A /wywołującego/ do abonenta B /wywoływane/, może być sprawnie realizowane tylko w warunkach prawidłowej, zbliżonej do optymalnej, eksploatacji technicznej urządzeń. Jednym z elementów takiej eksploatacji jest walka z uszkodzeniami, której celem jest utrzymanie urządzeń w ruchu. A więc zespoły komutacyjne służące do zestawiania połączeń, jeżeli ulegną uszkodzeniu, powinny być możliwie szybko zlokalizowane i naprawione, czyli należy dążyć do minimalizacji czasu przestojów lub wadliwej pracy zespołów na skutek uszkodzeń. W tym celu wskaźniki jakości, takie jak: sprawność usługowa, użytkowa i techniczna muszą być utrzymane w wymaganych przedziałach wartości [9].

Proces walki z uszkodzeniami składa się z dwóch procesów składowych, tzn. procesu powstawania uszkodzeń i procesu usuwania uszkodzeń, który z kolei można podzielić na proces lokalizacji uszkodzonego zespołu i proces jego naprawy. Szczególnie ważny jest proces lokalizacji uszkodzonego zespołu, gdyż czas od momentu powstania uszkodzenia do momentu stwierdzenia co jest przyczyną uszkodzenia, np. za pomocą badań systematycznych, może być długi.

W pracy tej zostanie omówiony obecny stan wiedzy w dziedzinie lokalizacji uszkodzonych zespołów komutacyjnych oraz

będą podane szczegółowe informacje na temat dwóch najnowszych propozycji w tym zakresie.

1.2. Analiza uszkodzeń w centralach telefonicznych

Ze względu na zmiany technologii elementów i podzespołów oraz związanych z tym rozwiązań konstrukcyjnych central telefonicznych, obecnie występujące w telefonicznej sieci krajowej centrale można podzielić na biegowe, krzyżowe i elektroniczne. Rodzaj central wpływa na charakter zmian intensywności uszkodzeń w poszczególnych rodzajach. Jest on wyraźnie rosnący dla central biegowych, a szczególnie dla central systemu Strowger'a dominujących obecnie w kraju i zawierających dużo elementów mechanicznych zużywających się fizycznie. Natomiast jest słabo rosnący dla central krzyżowych /centrale K-65, K-66 i Pentaconta/ oraz jest stały dla central elektronicznych [7].

Dla zespołów komutacyjnych, oprócz dwóch klas podstawowych stanów sprawnościowych zespołów, sprawny - uszkodzony, należy wyróżnić w klasie "uszkodzony", stan "uszkodzony z blokadą" /tzn. zespół uszkodzony nie może być zajęty przez następne zgłoszenie/ oraz stan "uszkodzony bez blokady" /tzn. zespół uszkodzony może być zajęty przez następne zgłoszenie/ [3].

W stanie "uszkodzony bez blokady" występuje zjawisko "przyciągania zgłoszeń" przez zespół uszkodzony, polegające na "załatwieniu" w tym samym czasie znacznie większej liczby zgłoszeń niż przez zespół sprawny. Są to jednak połączenia nieskuteczne, a więc nie zakończone rozmową, które tworzą tzw. ruch jałowy. Zjawisko przyciągania zgłoszeń można wyjaśnić jakościowo w następujący sposób. Ponieważ przy stałym natężeniu ruchu oferowanego średnie czasy, między zakończeniem połączenia i rozpoczęciem następnego, są jednakowe dla zespołu sprawnego i uszkodzonego, a średni czas połączenia dla zespołu uszkodzonego jest znacznie mniejszy, wobec tego w tym samym czasie zespół uszkodzony częściej jest wolny i

może być zajęty. Zjawisko powyższe można wykorzystać do wyszukiwania uszkodzonych zespołów, co będzie dalej szerzej omówione.

Ponieważ zespoły uszkodzone bez blokady powodują obniżenie liczby i jakości usług na skutek znacznego ruchu nieużytecznego, idealne rozwiązanie powinno zapewnić automatyczną blokadę zespołów uszkodzonych dla dalszych wywołań i natychmiastową sygnalizację uszkodzenia. Wymaga to ciągłego nadzorowania stanu zespołów. Jednak takie rozwiązanie, dla systemów klasycznych elektromagnesowych /biegowych i krzyżowych/, jest bardzo kosztowne i dotychczas w praktyce nie zostało zastosowane. Jedynie dla systemów elektronicznych jest to uzasadnione technologicznie oraz ekonomicznie i jest rozwiązywane w różny sposób przez różnych producentów. Także i w tym przypadku fragmenty urządzeń, np. translacje, wymagają oddzielnego rozwiązania. Ze względu na znaczną przewagę urządzeń systemów elektromagnesowych, w naszej sieci krajowej, aktualny jest problem przyspieszenia wykrywania uszkodzonych zespołów komutacyjnych. Dla translacji zagadnienie to obejmuje wszystkie stosowane systemy. Sprawa lokalizacji uszkodzeń bez blokady jest poważnym problemem, gdyż zwykle dotyczy to ponad 50% uszkodzeń w centrali oraz są to uszkodzenia trudne do lokalizacji w zwykły sposób.

Teoretycznie istnieje pewien zbiór możliwych stanów zespołu komutacyjnego. Zbiór ten można podzielić na trzy podzbiory:

- stany, w których zespół jest zdalny do pracy;
- stany, w których zespół jest zdalny do pracy, jednak występują mierzalne cechy pogorszenia parametrów umożliwiające prognozowanie uszkodzenia i profilaktyczną odnowę;
- stany, w których zespół jest niezdatny do pracy.

Drugi podzbiór stanów często nie jest uwzględniany.

W praktyce zbiera się informacje o stanie obiektu w sposób ciągły, okresowy lub doraźny. Okresowe zbieranie informacji jest z góry zaplanowane, natomiast doraźne wynika z

losowych potrzeb bieżących. Z punktu widzenia informacji ciągłej można wyróżnić trzy sytuacje:

- jest ciągła informacja i sygnalizacja o stanie zespołu dla pełnego zbioru możliwych jego stanów /idealne rozwiązanie/,
- brak jest jakiegokolwiek ciągłej informacji i sygnalizacji o stanach zespołu,
- istnieje ciągła informacja i sygnalizacja tylko dla pewnej części zbioru możliwych stanów.

Najczęściej jest stosowane jest trzecie rozwiązanie. Z punktu widzenia wykrywania zespołów niesprawnych wykorzystywane są sposoby ciągły i okresowy zbierania informacji o stanie zespołu, przy czym ze względu na koszty dominuje okresowe zbieranie informacji.

1.3. Klasyfikacja metod wykrywania uszkodzeń zespołów komutacyjnych

Eksploatacja techniczna urządzeń komutacyjnych obejmuje m.in. wykrywanie zespołów niesprawnych. Jeżeli nie jest stosowany ciągły nadzór stanów, powstaje pytanie: jak często potrzebna jest informacja o stanach zespołów, niezbędna do sterowania procesem eksploatacji technicznej? Odpowiedź na to pytanie otrzymuje się badając modele matematyczne dotyczące tej tematyki [8] oraz z danych eksploatacyjnych. Jeżeli występuje potrzeba określenia stanu zespołu, wynikająca z przyjętej metody eksploatacji technicznej, można:

- zastosować badanie funkcyjowania /funkcjonalne/ i uzyskać odpowiedź typu "tak lub nie" /sprawny, uszkodzony/;
- pomierzyć wyznaczony parametr "y" lub grupę parametrów, umożliwiających określenie stanu sprawnościowego;
- jeżeli określenie parametru "y" potrzebnego do ustalenia stanu zespołu jest trudne lub niemożliwe, a znana jest zależność $y = f(x)$, to najpierw dokonuje się określenia parametru "x"; podobną zasadę można zastosować dla grupy parametrów;

- Jeżeli badanie samego zespołu jest z pewnych względów uciążliwe, niemożliwe lub niecelowe, a jest możliwe badanie poza zespołem "produktu" wytwarzanego przez zespół /w przypadku zespołów komutacyjnych produktem tym są połączenia telefoniczne/, to badana jest jakoś lub pewne parametry produktu i na tej podstawie ocenia się stan sprawnościowy zespołu; można badać połączenia rzeczywiste lub badaniowe /próbne/.

Pierwsze trzy z podanych powyżej metod zalicza się do metod bezpośrednich /obiektem badań jest sam zespół/, natomiast czwartą metodę zalicza się do pośrednich, bo sam zespół nie jest przedmiotem badań.

Z punktu widzenia dołączania zespołu do urządzenia badaniowego i zasady samego badania, można podzielić metody badania na zdeterminowane i statystyczne. W urządzeniach komutacyjnych do metod zdeterminowanych zalicza się:

- metody systematyczne ręczne lub półautomatyczne, w których dołączanie zespołu do aparatury badaniowej odbywa się ręcznie, przy czym w metodach ręcznych program badania jest sterowany ręcznie, a w metodach półautomatycznych program badania jest sterowany automatycznie,
- metody systematyczne automatyczne; tutaj tak dołączanie zespołu do aparatury badaniowej jak i program badania są sterowane automatycznie.

Do statystycznych metod można zaliczyć metody, w których:

- zespół badany dołączany jest do aparatury badaniowej /pomiarowej/ w losowych odstępach czasu /np. zasada ta jest wykorzystywana w próbnikach dróg połączeniowych/; samo badanie odbywa się przez zdeterminowane pomiary lub sprawdzenia funkcjonowania zespołu, a zebrane dane podlegają obróbce statystycznej;
- zespół badany dołączony jest do aparatury badaniowej w sposób ciągły, a badanie odbywa się w określonych odstępach czasu; w wyniku badania otrzymuje się zbiór danych, które wymagają obróbki statystycznej.

W metodach zdeterminowanych na ogół jedno badanie /sprawdzenie/ zespołu pozwala na podjęcie decyzji, a w metodach statystycznych należy pobrać "próbkę" badań, czyli wykonać określoną liczbę badań, które tworzą zbiór danych podstawowych, podlegających dalszej obróbce statystycznej.

Dlatego też dla określenia metody badania stanu umożliwiającej lokalizację uszkodzonych zespołów komutacyjnych, należy co najmniej zdefiniować:

- sposób dołączania aparatury badaniowej do zespołu badanego,
- zasadę zbierania danych,
- procedurę przetwarzania danych,
- zasadę podejmowania decyzji.

Sposób dołączania aparatury badaniowej do zespołu badanego określa czynność fizyczną lub automatyczną. Rozróżnia się dołączanie ręczne lub za pomocą stałego okablowania, jednego lub pewnej liczby zespołów badanych. Dołączanie automatyczne wymaga w czasie badania określonego stałego okablowania.

Zasada zbierania danych określa ciągle, okresowe /w jednakowych odstępach czasu/ lub losowe zbieranie danych oraz zakres /głębokość/ badań. Procedura przetwarzania danych określa algorytm postępowania z zebranymi danymi, aby w wyniku otrzymać wielkości /wskaźniki/ potrzebne do decyzji. Zasadę podejmowania decyzji podaje zasadę porównania wielkości otrzymanych /pomierzonych/ z wielkościami wymaganymi.

Metody badania zespołów komutacyjnych można jeszcze sklasyfikować z punktu widzenia mierzonej wielkości i wyniku pomiaru. Jeżeli wielkość mierzona i wyniki pomiaru mają charakter analogowy /ciągły/, jest to metoda analogowa. Jeżeli mierzona wielkość i wynik ma charakter dwustanowy, zero i jeden, jest to metoda cyfrowa. Można wyróżnić również metody wielostanowe cyfrowe. Z powyższego punktu widzenia, biorąc pod uwagę wielkość mierzoną i wynik pomiaru, można wyróżnić metody analogowo-analogową, analogowo-cyfrową, cyfrowo-analogową i cyfrowo-cyfrową /AA, AC, CA i CC/.

1.4. Środki do wykrywania uszkodzeń

Przyjętą do stosowania metodę wykrywania uszkodzeń zespołów komutacyjnych realizuje się za pomocą odpowiednich środków technicznych w postaci aparatury badaniowej.

I tak metody ręczne lub półautomatyczne są w praktyce realizowane za pomocą wózków i zespołów badaniowych, a więc jest to aparatura ruchoma, stosowana głównie w centralach telefonicznych biegowych. Metody automatyczne wymagają przede wszystkim aparatury stacyjnej zainstalowanej na stałe na stojakach centrali, są to np. próbniki dróg połączeniowych w centralach systemów biegowych i krzyżowych, rutinery i szybkie próbniki w centralach biegowych oraz rejestratory uszkodzeń w centralach krzyżowych.

Próbniki dróg połączeniowych wytwarzają tzw. połączenia badaniowe i wykorzystują zasadę statystycznych badań pośrednich, przy czym wynik w postaci dyskretnej /połączenie udane lub nieudane/ określany jest dla każdego połączenia i zliczany. Łączny wynik dla pewnego pakietu połączeń lub ciąg takich wyników może być dalej analizowany statystycznie, np. za pomocą ilorazowego testu sekwencyjnego [11]. Próbniki dróg połączeniowych są obecnie szeroko stosowane, gdyż nie wymagają bezpośredniego dołączenia do badanych zespołów oraz stosowany w nich ilorazowy test sekwencyjny posiada wiele korzystnych cech:

- średnia liczba doświadczeń /połączeń badaniowych, próbnych/, potrzebnych do wydania decyzji jest najmniej za w porównaniu z innymi testami sekwencyjnymi i niesekwencyjnymi;
- test umożliwia dobranie dokładności wyniku w zależności od potrzeb;
- średnia liczba doświadczeń potrzebnych do wydania decyzji jest tym mniejsza, im bardziej rzeczywista wartość sprawności technicznej różni się od sprawności wymaganej: a więc jeżeli jest źle, to decyzja jest podejmowana szybko;

- statystyczne opracowanie wyników jest proste, gdyż można przed badaniem przygotować odpowiednie tablice lub wykresy, a wówczas w czasie badania wynik jest widoczny natychmiast.

Mimo wymienionych zalet, próbniki dróg połączeniowych omiatają jakoś usług tylko w określonych relacjach, natomiast nie podają bezpośredniej informacji, które zespoły są uszkodzone.

Dokładnych adresów uszkodzonych zespołów dostarczają klasyczne aparaty pomiarowe takie jak rutinery oraz nowsze ich rozwiązania w postaci szybkich próbników [9], które jednak wymagają dużych nakładów na dodatkowe okablowanie w centrali. Wymagają one wieloprzewodowego dołączenia do aparatury badaniowej każdego zespołu, bezpośrednio lub poprzez odpowiednie dołączniki. Podobne informacje dla central krzyżowych dostarczają rejestratory uszkodzeń, ale głównie w zakresie urządzeń sterujących.

W ostatnich latach, ze względu na postępy w technologii elementów elektronicznych i rozpoczęcie masowej produkcji zespołów logicznych, a szczególnie mikroprocesorów, jak również ze względu na lepsze rozpoznanie procesów zachodzących w centralach telefonicznych w czasie eksploatacji, powstały koncepcje nowych metod i środków do wykrywania niesprawnych zespołów komutacyjnych.

Zwrócono szczególną uwagę na różnicę czasu obsługi zgłoszeń przez zespół sprawny i zespół uszkodzony bez blokady oraz różnicę w liczbie zajęć zespołu uszkodzonego i sprawnego w tym samym czasie, z czego wynika omówione poprzednio zjawisko "przyciągania zgłoszeń" przez zespoły uszkodzone. Podstawowa informacja ma charakter dwustanowy cyfrowy, 0 lub 1, oznaczające stany ruchowe wolny lub zajęty. Za pomocą tej podstawowej informacji można zarejestrować:

- liczbę zdarzeń /zajęć/ zespołu w określonym czasie,
- kolejne czasy obsługi zgłoszeń przez zespół,

- w określonych momentach próbkowania stany ruchowe zespołu /wolny lub zajęty/,
- kolejne czasy stanów ruchowych /wolny lub zajęty/ zespołu.

W pierwszym przypadku stosowanym środkiem do rejestrowania liczby zajęć zespołu są liczniki elektromagnetyczne lub elektroniczne. Jest to najprostsza postać realizacji. Wykorzystanie wyników może być następujące:

- bezpośredni odczyt stanu licznika i porównanie tej wartości dla każdego zespołu z wartością określoną przez instrukcję eksploatacyjną dla danego okresu obserwacji i określonych godzin ruchu w ciągu doby /zryknie w GNR/;
- porównanie między sobą stanów liczników, dla danej jednorodnej grupy zespołów; zespoły uszkodzone będą się charakteryzować znacznie większą liczbą zajęć;
- zastosowanie liczników progowych, które wyzwalają sygnalizację przywołującą personel obsługi przy przekroczeniu określonej liczby zajęć przed określonym zaprogramowanym czasem /jedna z tych wielkości może być stała/;
- zastosowanie aparatury automatycznie sygnalizującej wskazania liczników i przywołujących personel obsługi technicznej w przypadku przekroczenia dopuszczalnych zaprogramowanych wskaźników jakości usług, świadczących o uszkodzeniu jednego lub więcej zespołów.

Przy stosowaniu porównywania stanów liczników, między sobą, wyniki porównania mogą dać cztery następujące rezultaty:

$$\Delta L_1 = L(ZB_s) - L_i(Z_s) \sim 0,$$

$$\Delta L_2 = L(ZB_s) - L_i(Z_u) \ll 0, \quad //$$

$$\Delta L_3 = L(ZB_u) - L_i(Z_s) \gg 0,$$

$$\Delta L_4 = L_i(ZB_u) - L_i(Z_u) \sim 0,$$

gdzie:

- n - liczba zespołów w grupie jednorodnych zespołów,
- L(ZB) - wskazania licznika zespołu analizowanego,

$L_i(Z)$ - wskazania licznika i -tego zespołu grupy, różnego od zespołu analizowanego,

s - sprawny,

u - uszkodzony.

Dla grupy zespołów można utworzyć sumę

$$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta L_k = \sum_{i=1}^{n-1} \left[L(ZB_x) - L_i(Z_y) \right] \quad /2/$$

ta może być podstawą dla podjęcia decyzji.

A więc dla:

$k=1, x=s, y=s, \sum \Delta L_1 \sim 0$, wszystkie zespoły są sprawne,

$k=2, x=s, y=u, \sum \Delta L_2 \ll 0$, zespół badany jest sprawny, a w grupie pozostałych co najmniej jeden jest sprawny,

$k=3, x=u, y=s, \sum \Delta L_3 \gg 0$, zespół badany jest uszkodzony, a w grupie pozostałych zespołów co najmniej jeden jest sprawny,

$k=4, x=u, y=u, \sum \Delta L_4 \sim 0$, wszystkie zespoły są uszkodzone.

Ponieważ przypadek dla $k=4$ i n dostatecznie dużego jest mało prawdopodobny, a więc dla $\sum \Delta L \sim 0$ pozostaje tylko decyzja podana dla $k=1$.

Metoda lokalizacji uszkodzonych zespołów oparta na pomiarze kolejnych czasów zajęcia zespołu i analizie średniej wartości tego czasu wymaga do realizacji bardziej złożonych środków technicznych i obliczeniowych. Metoda ta i odpowiednia aparatura do tego celu wykorzystująca mikroprocesor z odpowiednim wyposażeniem, została opracowana w NRD i aktualnie jest sprawdzana doświadczalnie w warunkach eksploatacji technicznej w centrali telefonicznej [5].

Pomiar czasu zajęcia polega na próbkowaniu stanu zespołu w stałych odstępach czasu i rejestrowaniu wyników tylko gdy zespół jest zajęty. Następnie uzyskane wyniki, w postaci ciągów wartości dyskretnych, są przetwarzane przez odpowiedni układ logiczny. Szczegółowe omówienie tej metody podano w drugim punkcie tej pracy. Zastosowano tutaj dwustopniowe

przetwarzanie danych wyjściowych, gdyż najpierw określa się średni czas zajęcia zespołu, a następnie określa się stan zespołu w zbiorze dwuelementowym sprawny - uszkodzony. Liczba zespołów objętych nadzorem przez aparaturę tego rodzaju zależy od mocy obliczeniowej układu logicznego i zwykle jeden mikroprocesor wystarcza do obsłużenia centrali telefonicznej o pojemności rzędu 10 000 NN.

W USA opracowano metodę wykorzystującą próbkowanie stanu ruchowego zespołu /wolny lub zajęty/ w jednakowych odstępach czasu. Przetworzona informacja wyjściowa w postaci ciągu 0 i 1, zawierająca dane o obu stanach zespołu i momentach zmiany stanu, służy do określenia jednego ze stanów sprawnościowych zespołu, tzn. sprawny lub uszkodzony [1, 2]. Metoda ta nazywana będzie tutaj metodą Kaufmana i jest przedmiotem szczegółowych rozważań w trzecim punkcie tej pracy. W pracy [2] zaproponowano dla tego przypadku test optymalny do podejmowania decyzji, określony za pomocą algorytmu optymalnego. Test ten, dla pewnego zbioru danych podstawowych, umożliwia podjęcie decyzji czy dany zespół jest uszkodzony. Test ten chociaż złożony analitycznie, podobnie jak zbieranie i sortowanie danych, jest realizowany automatycznie za pomocą odpowiedniej aparatury. Powyższa koncepcja lokalizacji uszkodzonego zespołu komutacyjnego jest obecnie przedmiotem badań wielu ośrodków na świecie. Również w kraju prowadzone są badania na ten temat.

Do lokalizacji uszkodzonych zespołów można również wykorzystać informację o czasie trwania kolejnych stanów /wolny lub zajęty/ zespołu, która jest zawarta w informacji wykorzystywanej w metodzie Kaufmana. Wymaga to jednak innego algorytmu przetwarzania informacji i nie było dotychczas w publikacjach rozważane.

1.5. Perspektywy rozwiązania problemu

Jak wspomniano, w krajowej sieci telefonicznej stosowane są trzy grupy systemów, biegowe, krzyżowe i elektroniczne,

które różnią się technologią elementów, rozwiązaniami strukturalnymi, intensywnościami uszkodzeń oraz wynikającymi z tego procedurami eksploatacji technicznej. Systemy biegowe i krzyżowe, zwane łącznie elektromagnesowymi, będą powoli w sieci zanikać. Jednakże aktualna ich dominacja w sieci /sięgająca 90% wyposażenia/ i przewidywany czas ich eksploatacji /wynoszący 20-30 lat/, powodują stałą aktualność modernizacji metod i środków eksploatacji technicznej dla tych systemów. Systemy elektroniczne uwzględniają współczesne wymagania eksploatacji technicznej. Uzupełnią, w odpowiednie metody i środki eksploatacji technicznej, wymagają jedynie urządzenia do współpracy międzycentralowej /translacje/. Dlatego perspektywy rozwiązania problemu lokalizacji uszkodzonych zespołów będą dotyczyły tych fragmentów poszczególnych systemów, które nie mają dotychczas w sieci krajowej rozwiązane go problemu lokalizacji uszkodzonych zespołów, a więc będą to w całości systemy biegowe oraz systemy krzyżowe i elektroniczne, głównie w zakresie translacji do współpracy między centralami.

Próby rozwiązania omówionego problemu dla central Strowger'a, poprzez zastosowanie rutinerów lub szybkich próbników, nie znalazły dostatecznego poparcia ze strony służb eksploatacyjnych, głównie ze względu na znaczne koszty okablowania potrzebnego do dołączenia zespołów objętych badaniem do urządzenia badaniowego. W tym przypadku wejście i wyjście każdego zespołu musi być dołączone do urządzenia badaniowego, co wymaga od 4 do 6 przewodów na każdy zespół. Rozpoczęto poszukiwania innego rozwiązania, które by pozwoliło zrezygnować z okablowania lub ograniczyć je do jednego przewodu na zespół.

Na całkowitą rezygnację z okablowania pozwalają próbniki dróg połączeniowych jednak, jak już wspomniano, nie pozwalają one na lokalizację uszkodzonego zespołu. Strategia eksploatacji technicznej w zakresie utrzymania zakłada ogólny nadzór jakości usług za pomocą próbników dróg połączeniowych. Pozwala to określić relacje lub odcinki relacji, w których

jakość usług jest zaniżona i w tym zakresie próbniki dróg połączeniowych są niezbędne. Jednak aby określić przyczynę złoju jakości usług, należy zastosować oddzielną aparaturę, która umożliwi lokalizację uszkodzonych zespołów. Wydaje się, że aktualnie najlepsze wyniki w tym zakresie, tak z ekonomicznego jak i technicznego punktu widzenia, można osiągnąć, opracowując automatyczną aparaturę do lokalizacji uszkodzonych zespołów opartą na obserwacji stanów ruchowych zespołów /wolny, zajęty/ i dedukowanie na tej podstawie stanów sprawnościowych zespołu /sprawny, uszkodzony/. W tym przypadku potrzebne okablowanie ogranicza się do jednego przewodu na każdy zespół, przy czym pewne dalsze ograniczenie okablowania można osiągnąć poprzez odpowiednie rozmieszczenie w centrali telefonicznej dołączników zespołów.

Powyższa metoda lokalizacji uszkodzonych zespołów, komutacyjnych, na podstawie poprzednich rozważań, może być sklasyfikowana w następujący sposób:

- badaniem objęte są stany wynikające z ruchu rzeczywistego zespołu /a nie z ruchu próbnego/;
- jest to metoda statystyczna, gdyż do decyzji wymagana jest statystyczna obróbka zebranych danych;
- jest to metoda cyfrowo-cyfrowa, gdyż tak wielkość mierzona /stany wolny, zajęty/ jak i postać wyniku pomiaru /0 lub 1/ mają postać dwustanową cyfrową;
- jest to metoda bezpośrednia i zdeterminowana z punktu widzenia sposobu dołączania do zespołu badanego, gdyż aparatura badaniowa dołączana jest bezpośrednio jedнопроводowo /drugi przewód to wspólna "ziemia"/ do każdego zespołu oraz pośrednia z punktu widzenia przedmiotu badania, którym są stany ruchowe zespołu, a nie jego parametry techniczne;
- informacja o stanach zespołu zbierana jest w sposób ciągły metodą próbkowania chwilowych stanów, ale przez ograniczony czas, wystarczający do zebrania danych potrzebnych do podjęcia decyzji sprawny - uszkodzony;
- jest to metoda pośrednia z punktu widzenia uzyskania końcowego wyniku, gdyż dopiero analiza informacji o przebie-

gu w czasie stanów wolny - zajęty, może dać odpowiedź ze zbioru dwuelementowego sprawny - uszkodzony.

W resorcie łączności, w ramach prac z zakresu eksploatacji technicznej urządzeń telekomunikacyjnych, koordynowanych przez Instytut Łączności, prowadzone są prace badawcze na powyższy temat w Zespole Systemów Komutacyjnych Politechniki Gdańskiej. Na podstawie analizy wyników badań własnych oraz opublikowanych w USA i NRD, opracowuje się koncepcję aparatury opartej na metodzie Kaufmana, przeznaczonej do stosowania w warunkach krajowych. Szczegóły na ten temat są zawarte w następujących punktach.

2. STATYSTYCZNE METODY WYKRYWANIA NIESPRAWNYCH ZESPOŁÓW KOMUTACYJNYCH

2.1. Uwagi ogólne

W sytuacji, gdy ocenę stanu sprawności zespołów centrali telefonicznej przeprowadza się podczas obserwacji jej pracy przy obsłudze ruchu rzeczywistego, generowanego przez abonentów, to również wyniki obserwacji mają charakter statystyczny. Stąd też tego typu metody oparte są na odmiennych podstawach teoretycznych i wynikających z tego strategiach postępowania, niż ma to miejsce w tradycyjnych metodach testowania. Z punktu widzenia utrzymania określonego poziomu jakości usług metody te spełniają stawiane im wymagania, mimo iż pozwalają tylko na stwierdzenie faktu poprawnej lub niepoprawnej pracy zespołu, nie precyzując przy tym, z jakim uszkodzeniem mamy do czynienia. Ponieważ metody te jako punkt wyjścia przyjmują zbiór danych statystycznych, istnieje więc możliwość popełnienia błędu, z którym musi liczyć się użytkownik. Istotnym jest w tym przypadku wykorzystanie takiej metody statystycznej, która ogranicza prawdopodobieństwo popełnienia błędu do rozsądnego - z praktycznego punktu widze-

nia - minimum. Metody statystyczne mają to do siebie, że dla podjęcia decyzji konieczna jest obróbka danych wyjściowych, co wymaga przeprowadzenia obliczeń numerycznych. Mogą one być mniej lub bardziej złożone w zależności od przyjętej metody. Jest to następna cecha, która różni je od metod tradycyjnych i jednocześnie rzutuje na rozwiązania aparatury pomiarowej.

W niniejszym punkcie omówione zostaną dwie podstawowe statystyczne metody wykrywania niesprawnych zespołów:

- analiza średniego czasu zajęcia,
- analiza stanu zajętości /wolny, zajęty/.

Uwagę skoncentrowano na podstawach teoretycznych tych metod, algorytmie podejmowania decyzji oraz rozwiązaniu aparatury.

2.2 Wykorzystanie średniego czasu obsługi zgłoszeń

2.2.1. Koncepcja metody

Zespoły pracujące w centralach telefonicznych przeznaczone są do obsługi zapotrzebowań generowanych przede wszystkim przez abonentów. W zależności od typu centrali, do ich realizacji wykorzystywanych może być szereg podzespołów, których przeznaczenie i wykonywane funkcje decydują o czasie ich zajęcia. Zespoły pracujące podczas trwania rozmowy mają czasy - w przypadku prawidłowej pracy - określone przez zachowanie się abonenta. Z kolei część zespołów, zwłaszcza sterujących, swój czas pracy może mieć zdeterminowany zarówno przez zachowanie się abonenta jak i /lub/ przez realizowaną funkcję. Czasy te przy poprawnie, jak i niepoprawnie działających zespołach są określone deterministycznie lub statystycznie i charakteryzują się odpowiednimi parametrami. Dla sprawnie działających zespołów można przyjąć, że czasy zajęcia są określone przez długość trwania rozmowy; przy czym należy nadmienić, że nie obowiązuje to w przypadku central o sterowaniu

scentralizowanym, w których urządzenia sterujące mogą posiadać indywidualne charakterystyki, zarówno co do typu rozkładu jak i parametrów.

Badaniem zachowania się abonentów, z punktu widzenia własności ruchowych, zajmowało i nadal zajmuje się wiele instytucji konstruujących i eksploatujących centrale telefoniczne. Na podstawie tych badań stwierdzono, że bardzo dobrym przybliżeniem rozkładu czasu zajęcia - rozmowy jest funkcja wykładnicza z parametrem intensywności obsługi μ /gdzie $1/\mu$ - średni czas zajęcia/.

Jeżeli rozważymy przypadek, gdy w centrali telefonicznej wystąpi niesprawny zespół, to w zależności od typu uszkodzenia, będzie on charakteryzował się, czy to odmiennym typem rozkładu, czy też innymi parametrami rozkładu. Wiedząc zatem jak dany typ uszkodzenia wpływa na zmianę funkcji rozkładu czasu zajęcia zespołu lub parametrów tej funkcji, można w dość prosty sposób podejmować decyzje, co do stanu sprawności tego zespołu. Prostota rozumiana jest tu przez stopień złożoności algorytmu postępowania - sprowadza się on w tym przypadku do porównania dwu funkcji lub dwóch zbiorów parametrów.

Z praktycznego punktu widzenia wygodnie jest wprowadzić następującą klasyfikację uszkodzeń:

- a/ zespół przyjął zgłoszenie i je podtrzymuje niezależnie od woli abonenta,
- b/ zespół przyjmuje zgłoszenie, lecz nie realizuje swej funkcji, o czym abonent inicjujący wie i rezygnuje z obsługi; oznacza to, że zespół jest zajmowany na stosunkowo krótki czas.
- c/ zespół nie przyjmuje zgłoszeń do realizacji.

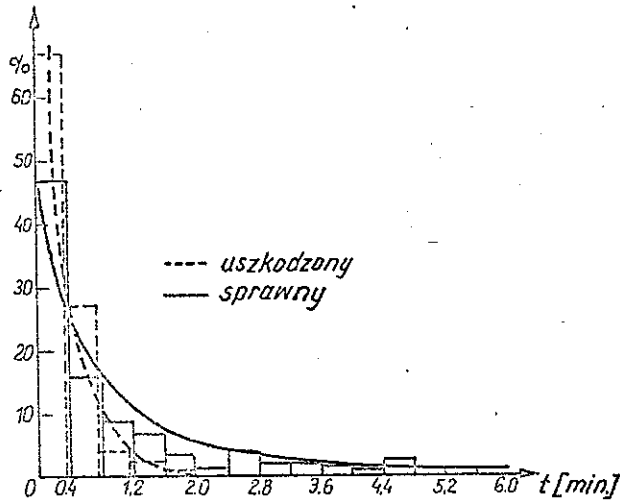
Analiza czasu zajęcia dla wymienionych przypadków pozwala na stwierdzenie faktu wystąpienia uszkodzenia oraz jego klasyfikację. Oczywiście jest, że podjęta decyzja obarczona jest błędem, który wyrażamy przez podanie prawdopodobieństwa popełnienia błędu. Dla przypadku "a" średni czas zajęcia jest równy okresowi obserwacji, natomiast dla "c" jest równy zeru.

Zatem w tych dwu sytuacjach porównanie zaobserwowanych czasów zajęcia zespołu z czasem zajęcia poprawnie pracującego zespołu pozwala na stosunkowo szybkie i jednoznaczne podjęcie decyzji; są to przypadki trywialne.

Z punktu widzenia jakości usług najgroźniejsze jest uszkodzenie, które charakteryzuje się względnie krótkim czasem zajęcia, a więc jest to przypadek "b". Niekorzystne skutki tego typu uszkodzenia wynikają z faktu przyciągania zgłoszeń [12], które w efekcie nie są obsłużone. Ze względu na fakt, że czasy zajęcia w tym przypadku są krótsze w stosunku do czasu zajęcia poprawnie pracującego zespołu i mogą się zmieniać, podjęcie decyzji o stanie sprawności zespołu jest trudniejsze. Wymaga to zastosowania określonego aparatu matematycznego uzasadniającego właściwą strategię postępowania dla metody bazującej na pomiarze czasu zajęcia zespołu.

2.2.2. Podstawy podejmowania decyzji

Analizując czasy zajęcia, przykładowo, wybieraka centrali systemu biegowego, nie uszkodzonego oraz uszkodzonego dla przypadku "b", można je przedstawić w postaci wykresu częstości ich występowania, tak jak to zrobiono na rys. 1 [6]. Widoczna jest istotna różnica w uzyskanym rozkładzie dla obydwu krzywych. Dla stanu uszkodzenia wyniki zawarte są w przedziale od 0 do 0,8 min, a krzywa charakteryzuje się dużym spadkiem. Jej przebieg jest oczywisty i zgodny z przypuszczeniami dla tego typu uszkodzenia. Nieco inaczej ma się sprawa rozkładu częstości występowania określonego czasu zajęcia dla wybieraka sprawnego. Jak widać, uzyskano opadający przebieg krzywej, przy czym szybkość opadania jest mniejsza niż dla przypadku wybieraka uszkodzonego. Interesujący jest fakt dość znacznej częstości występowania dla krótkich czasów zajęć wybieraka, mimo iż jest on sprawny. Wynika to najczęściej z następujących powodów: abonent AbA jest zajęty, abonent AbB nie melduje się, złe wybieranie lub zachowanie abonentów.



Rys. 1. Rozkład częstości czasu zajęcia wybieraka sprawnego i uszkodzonego

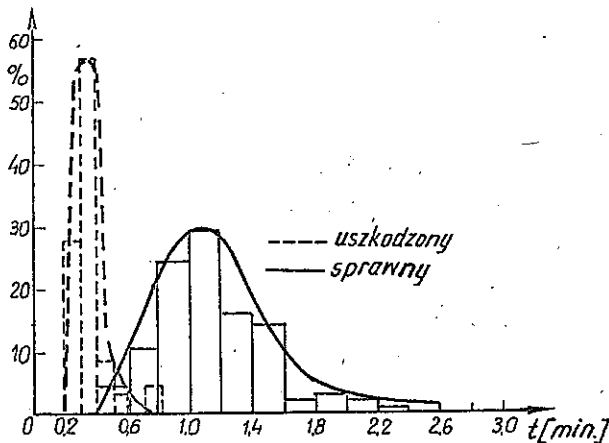
Chcąc, jako kryterium rozstrzygające, przyjąć badanie rozkładu częstości czasu zajęcia, napotyka się na następujące trudności:

- złożoność aparatu obliczeniowego dla weryfikacji hipotezy o istotnej różnicy w rozkładach,
- niezbyt duża ostrość /selektywność/ w podejmowaniu decyzji,
- trudności w określeniu dokładności i prawdopodobieństwa popełnienia błędu.

Z tego też względu zamiast analizować rozkład czasu zajęcia zespołu, wygodniej jest przejść do, analizy wartości średniej czasu zajęcia zespołu.

Na rys. 2 przedstawiono rozkład częstości wartości średniej czasu zajęcia dla bloku pomiarów o długości $n=40$ zgłoszeń. Widać tu wyraźną różnicę w rozkładzie dla wybieraka uszkodzonego i nie uszkodzonego. Istotne jest to, że krzywe te w małym stopniu zachodzą na siebie. Oczywiście jest uzależnienie tego faktu od rodzaju uszkodzenia, tzn. średniego czasu zajęcia zespołu uszkodzonego. Z punktu widzenia rozstrzy-

galności o stanie sprawności zespołu najlepiej byłoby, gdyby krzywe te nie zachodziły na siebie, a wówczas podjęcie decyzji byłoby jednoznaczne, tzn. nie obarczone błędem. Niestety tak nie jest, a w związku z tym istnieje pewne ryzyko popełnienia błędu, zarówno w jedną jak i w drugą stronę.



Rys. 2. Rozkład częstości średniego czasu zajęcia wybieraka sprawnego i uszkodzonego

Należy zwrócić uwagę na fakt, co nie jest bez znaczenia dla późniejszych rozważań, że odchylenie standardowe S_{t_m} i $S_{t_m'}$ średniego czasu zajęcia zespołu sprawnego t_m i niesprawnego t_m' , zależy od liczby n prób zajęcia zespołu, przy czym S_{t_m} jest silniej zależne od n niż $S_{t_m'}$. Średni czas zajęcia zespołu mieści się w granicach od 0,5 do 2,8 min, niezależnie od obciążenia systemu [5].

Można więc powiedzieć, że rozstrzygnięcie problemu wykorzystania metody średniego czasu zajęcia zespołu do podejmowania decyzji o sprawności tego zespołu sprowadza się do:

- określenia optymalnej liczby n prób zajęcia zespołu; za małe n powoduje duży rozrzut /duże S_{t_m} /, natomiast zbyt

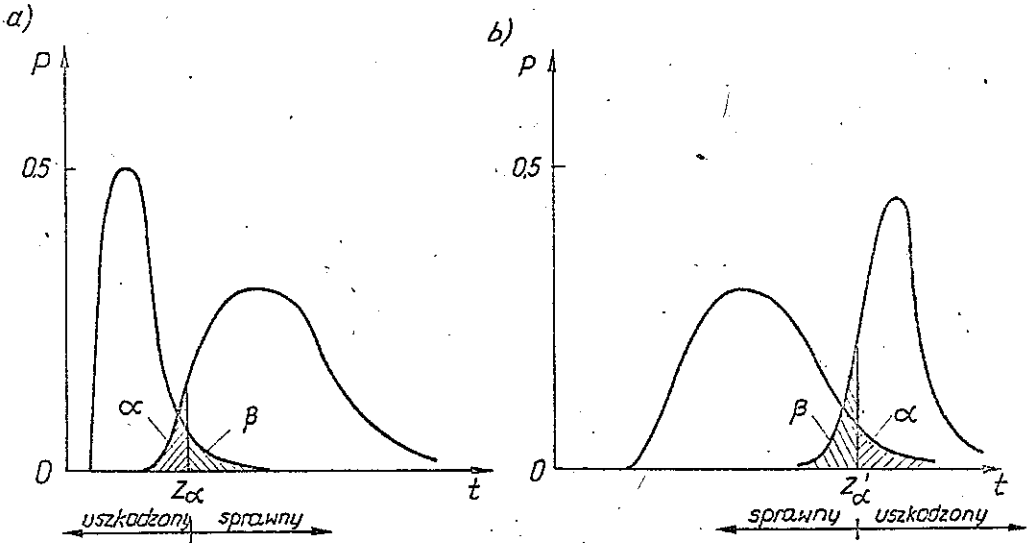
duże n długi czas rozpoznawania uszkodzenia szczególnie przy małych obciążeniach,

- ustalenia optymalnej granicy Z_{α} pozwalającej na zminimalizowanie prawdopodobieństwa popełnienia błędnej decyzji.

Sprawa określenia granicy Z_{α} ma tu podwójny aspekt. Z jednej strony, gdy granica Z_{α} będzie zbyt daleko w obszarze krzywej dotyczącej zespołu uszkodzonego, to zbyt często będziemy podejmowali decyzję, że zespół uszkodzony jest sprawny. Z kolei, gdy granica ta będzie zbyt daleko w obszarze krzywej dotyczącej zespołu sprawnego sytuacja będzie dokładnie odwrotna. Zarówno jeden, jak i drugi przypadek jest niekorzystny. Stąd też wprowadza się dwa rodzaje błędów. W rozważanej metodzie błąd pierwszego rodzaju przyjmuje się taką sytuację, w której zespół zostanie wskazany jako uszkodzony, mimo iż jest sprawny. Prawdopodobieństwo tego, że przy ustalonym Z_{α} przy podejmowaniu decyzji popełni się błąd pierwszego rodzaju nazwano prawdopodobieństwem błędu pierwszego rodzaju i oznaczono przez α . Interpretacja tego faktu jest następująca: jeżeli obserwujemy zespół nie uszkodzony i mamy do dyspozycji 100 obserwacji wartości średnich czasu zajęcia, to przykładowo przy $\alpha = 0,05$ maksymalnie 5 zaobserwowanych wartości średnich czasu zajęcia może być mniejszych od Z_{α} i dla tych przypadków podejmujemy błędną decyzję.

Przypadek gdy zespół zostaje uznany za sprawny, mimo iż jest uszkodzony, nazwano błędem drugiego rodzaju, a prawdopodobieństwo podjęcia takiej decyzji nazwano prawdopodobieństwem błędu drugiego rodzaju i oznaczono przez β . Istotny wpływ na prawdopodobieństwo popełnienia błędu ma wartość przyjętej granicy Z_{α} . Przyjmując, że średni czas zajęcia zespołu ma rozkład normalny, łatwo jest przy danym α wyznaczyć Z_{α} . Oczywiście jest, że im mniejsze α , tym mniejsza jest granica Z_{α} . Z drugiej strony, zmniejszenie prawdopodobieństwa błędu pierwszego rodzaju zwiększa prawdopodobieństwo błędu drugiego rodzaju. Prawdopodobieństwo to można wyznaczyć na podstawie znajomości rozkładu średniego czasu obsługi dla

zespołu uszkodzonego /przyjmuje się rozkład normalny/ i wartości granicy Z_{α} .



Rys. 3. Określenie obszarów stanu sprawności zespołu dla przypadku $t_{m'} < t_m$ (a) i $t_{m'} > t_m$ (b)

Na rys. 3a zaznaczono wszystkie wyżej scharakteryzowane wielkości. W przyjętej klasyfikacji błędnej pracy zespołów założono, że zespoły niesprawne, ale przyjmujące zgłoszenia, charakteryzują się względnie krótkimi czasami zajęcia i ten przypadek w praktyce najczęściej ma miejsce. Może jednak się zdarzyć, że zaistnieją uszkodzenia, które powodują, iż średni czas zajęcia jest dłuższy od czasu zajęcia dla pracy zespołu sprawnego, a jednocześnie znacznie mniejszy od czasu obserwacji. W tym przypadku wyżej podane podejście musi ulec modyfikacji. Należy wówczas wprowadzić drugą granicę Z_{α} , wyznaczając drugi obszar decyzji niesprawnej pracy zespołu. Modyfikacja ta wynika jedynie z faktu, że krzywe rozkładu średniego czasu zajęcia dla zespołu sprawnego i niesprawnego występują w innej kolejności /rys. 3b/. Wszystkie przyjęte definicje dla poprzedniego przypadku /rys. 3a/ zachowują swoją prawdziwość.

W omawianej metodzie należy dążyć do sensownej, z praktycznego punktu widzenia, minimalizacji sumarycznego prawdopodobieństwa błędnej decyzji P_{sbd} , które można oszacować za pomocą wzoru:

$$P_{sbd} \leq \alpha + \beta \quad /3/$$

Jak wyżej stwierdzono, wielkości α i β są ze sobą powiązane przez granicę Z_α albo Z_α' . Ponieważ praktycznie odchylenie standardowe S_{tm} dla średniego czasu zajęcia zespołu niesprawnego zależy dość silnie od wielkości próbki /długości bloku n /, natomiast dla zespołu sprawnego zależność ta jest mniejsza, można przyjąć następujący algorytm doprowadzający do spełnienia nierówności (3):

- ustalana jest wartość wielkości β , a stąd wynika wartość granicy Z_α ;
- ustalana jest wartość wielkości β , a następnie wyznaczana wielkość bloku n tak, aby przy danym Z_α $\beta(Z_\alpha, n) \leq \beta$.

Mając określone n i Z_α , można przyjąć następującą strategię postępowania prowadzącą do podjęcia decyzji, co do stanu sprawności badanego zespołu:

- przeprowadza się pomiar czasu zajęcia t_i , $i=1, 2, \dots, n$ dla n kolejnych prób zajęcia,
- oblicza wartość średnią czasu zajęcia

$$t_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad /4/$$

- jeżeli $t_m > Z_\alpha$ zespół uważany jest za sprawny, natomiast dla $t_m \leq Z_\alpha$ za niesprawny, popełniając przy tym błąd decyzji

$$P_{sbd} \leq \alpha + \beta.$$

Zależność /3/ pozwala na oszacowanie od góry prawdopodobieństwa popełnienia błędu. Chcąc wyznaczyć dokładną wartość, konieczna jest znajomość prawdopodobieństwa tego, że badany zespół jest sprawny (P_s) oraz niesprawny ($P_{s'}$). Wówczas nie-

równość /3/ można zastąpić przez

$$P_{sbd} = \alpha P_s + \beta P_{s'} \quad /5/$$

Wartość wielkości P_s i $P_{s'}$, należy określić empirycznie dla danego typu zespołu. Ponieważ wymagania na niezawodność są dość ostre, więc prawdopodobieństwo P_s jest bardzo małe.

W tabelicy 1 zamieszczono wyniki obliczeń prawdopodobieństwa P_{sbd} dla dwu wartości $n=(40; 60)$ i $P_s = 0,99$ [5].

Tabelica 1

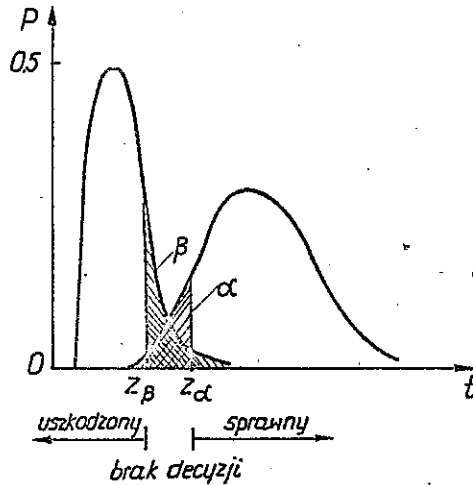
Prawdopodobieństwo P_{sbd} w zależności od n i α

α	n = 40				n = 60			
	Z_α	β	P_{sbd}	$\alpha + \beta$	Z_α	β	P_{sbd}	$\alpha + \beta$
0.100	45	0.000	0.099	0.100	51	0.000	0.099	0.100
0.050	36	0.010	0.049	0.060	42	0.000	0.049	0.050
0.030	29	0.104	0.030	0.134	37	0.006	0.029	0.036
0.010	17	0.764	0.017	0.774	27	0.206	0.012	0.216

Z zamieszczonych w tabelicy danych wynika, że prawdopodobieństwo błędu drugiego rodzaju β nie ma istotnego wpływu na sumaryczne prawdopodobieństwo podjęcia decyzji. Nie oznacza to jednak, że można przyjmować dużą wartość β , gdyż prowadzi to w ostateczności do długiego czasu rozpoznania uszkodzenia. Czas rozpoznania uszkodzenia zespołu t_r , przy czasie zbierania danych dla jednego bloku pomiarowego t_{bl} wyraża się zależnością:

$$t_r = (1 - \beta) \cdot t_{bl} \sum_{i=0}^{\infty} (i+1) \beta^i = \frac{t_{bl}}{1-\beta} \quad /6/$$

Ze względu na fakt jednoznacznej granicy Z_α rozdzielającej dwa obszary decyzji występuje zakwalifikowanie zespołu jako sprawnego albo niesprawnego, tzn. jest to decyzja typu "tak" - "nie". Brak jest tu obszaru, w którym nie można



Rys. 4. Konstrukcja obszarów decyzji dla zmodyfikowanej metody średniego czasu zajęcia zespołu

podjąć jakiegokolwiek decyzji, co z praktycznego punktu widzenia okazuje się niekorzystne. Dlatego też można powyższą metodę zmodyfikować, wprowadzając obszar braku decyzji. W przypadku gdy t_m będzie należało do tego obszaru, przeprowadzane są dalsze badania zespołu. Podejście to jest zilustrowane na rys. 4, na którym zaznaczono dwie granice; Z_α dla błędu pierwszego rodzaju oraz Z_β dla błędu drugiego rodzaju. Pomiędzy tymi granicami mamy do czynienia z obszarem, w którym nie podejmuje się decyzji, co do stanu sprawności badanego zespołu. Można w tym przypadku strategię postępowania określić następująco:

- na podstawie pomiaru n czasów zajęcia t_i , $i=1,2,\dots,n$ obliczana jest wartość średniego czasu zajęcia t_m ,
- jeżeli $t_m < Z_\beta$, to badany zespół uważany jest za uszkodzony, gdy $t_m > Z_\alpha$, to zespół uważany jest za sprawny, natomiast dla $Z_\beta \leq t_m \leq Z_\alpha$, prowadzone są dalsze badania.

2.2.3. Ocena metody

Omówiona metoda określania stanu niesprawności zespołów centrali telefonicznych, bazująca na pomiarze średniego czasu zajęcia, jest metodą prostą w założeniach i możliwości realizacji. Wymaga ona określenia - przyjęcia kilku parametrów, takich jak: granicy Z_{α} , długości n bloku pomiarowego dla założonego sumarycznego prawdopodobieństwa błędu decyzji oraz czasu rozpoznania uszkodzenia. Jak to zostało podkreślono, niektóre z tych wielkości zależą od obciążenia ruchowego, zatem konieczna jest znajomość charakterystyk ruchowych badanych zespołów dla konkretnej centrali telefonicznej. Jest to pewna niedogodność, gdy zagadnienie wykrywania uszkodzeń ma być ujęte globalnie, szczególnie w przypadku zmienności tych charakterystyk. Współczesne metody badania, z technicznego punktu widzenia, mają sens wówczas, gdy możliwa jest automatyzacja procesu badania, a tym samym badanie większej liczby zespołów przez jedno urządzenie. Dochodzi więc problem próbkowania - pracy z podziałem czasu, w celu określenia czasu zajęcia. Istnieje przeciwstawność między dokładnością mierzonego czasu zajęcia a liczbą równocześnie badanych zespołów. Z drugiej strony, ograniczenia wynikają z mocy obliczeniowej dysponowanych układów scalonych LSI /mikroprocesorów/ i szybkości pracy pamięci oraz układów towarzyszących.

Stosowany aparat matematyczny metody i algorytm podejmowania decyzji jest prosty, co w przypadku wykorzystania techniki mikroprocesorowej jest bardzo ważne.

Dla krótkich czasów zajęć niesprawnych zespołów, w stosunku do czasów zajęć zespołów sprawnych, możliwe jest uzyskanie małego prawdopodobieństwa popełnienia błędnej decyzji. Sprawa komplikuje się, gdy nie ma zbyt dużej różnicy tych czasów. Można wówczas stosować modyfikację /wprowadzenie obszaru braku decyzji/, przy czym powoduje to wydłużenie czasu podejmowania decyzji. Gdy wziąć pod uwagę złożoność dodatkowego okablowania zespołów centrali telefonicznej, to

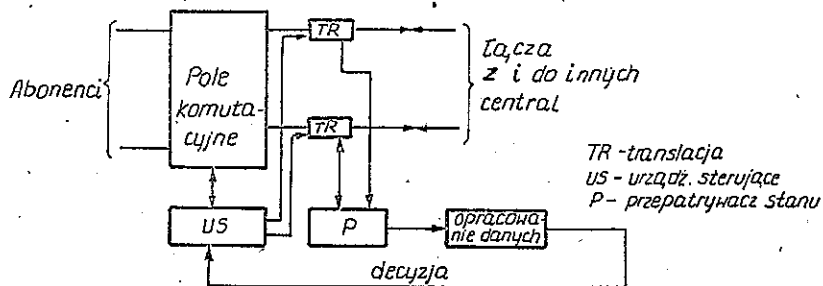
wystarczy tu jeden przewód na zespół, po którym będzie przekazywany stan - zajęty, wolny. Podsumowując można stwierdzić, że metoda ta jest szczególnie predysponowana dla względnie krótkich czasów zajęcia, przypadków blokady lub trzymania zgłoszenia przy średnich i dużych obciążeniach.

2.3. Wykorzystanie dyskretnej informacji o stanie zespołu

2.3.1. Omówienie koncepcji

Zaproponowana przez Kaufmana [2] metoda wykrywania niesprawnych zespołów central telefonicznych oparta jest na wykorzystaniu dyskretnej informacji o stanie /wolny - zajęty/ badanego zespołu. Dane zebrane w wyniku cyklicznego przepatrzywania stanu zespołu objętego badaniem są danymi statystycznymi, stanowiącymi podstawę do podjęcia decyzji o jego stanie sprawności.

Praktyczna realizacja metody jest łatwa do zautomatyzowania i nie wymaga wyłączenia z eksploatacji poszczególnych zespołów podczas badania.

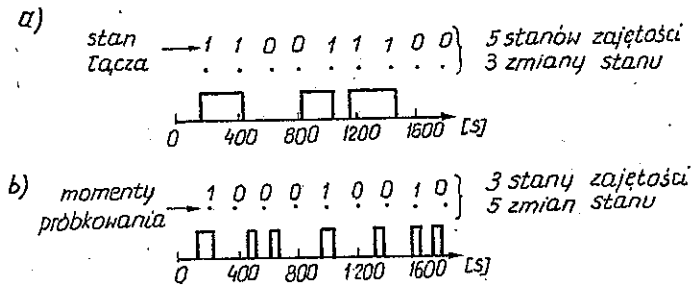


Rys. 5. Ogólna struktura urządzenia do badania stanów sprawności zespołów central telefonicznych

Urządzenie badawcze, którego ogólną strukturę przedstawiono na rys. 5, dołączane jest cyklicznie /w stałych od-

stępach czasu T do każdego ze sprawdzanych zespołów. Urządzenie to rejestruje stan zespołu: 0 - wolny, 1 - zajęty. W wyniku próbkowania stanu zespołu otrzymuje się odpowiadający mu ciąg liczb "0" i "1", zawierający informacje o jego kolejnych stanach.

Rys. 6 ilustruje procesy próbkowania zespołu sprawnego /rys. 6a/ oraz zespołu uszkodzonego /rys. 6b/. Poszczególne stany zajętości zespołu są oznaczone na rysunku prostokątami, których długość odpowiada okresom czasu zajętości zespołów. Otrzymane w wyniku próbkowania zespołu dane można gromadzić, w celu ich statystycznej obróbki, w postaci zbiorów danych zbieranych w 15-minutowych, 30-minutowych lub godzinnych, dwugodzinnych itp. okresach czasu, zwanych okresami zbiegczymi T .



Rys. 6. Przykładowe procesy próbkowania:
a/ dla zespołu sprawnego, b/ dla zespołu uszkodzonego

Wynik statystycznej obróbki danych - wartość statystyki - pozwala na przyjęcie lub odrzucenie hipotezy, że sprawdzany zespół jest sprawny lub uszkodzony.

2.3.2. Podstawy teoretyczne metody

Otrzymane w wyniku próbkowania stanu badanego zespołu dane:

$$X_m = (X_1, \dots, X_m)$$

/7/

gdzie:

$$X_i = \begin{cases} 0 & \text{- gdy badany zespół jest wolny} \\ 1 & \text{- gdy badany zespół jest zajęty,} \end{cases} \quad /i=1,2, \dots, m/$$

można przedstawić w postaci dwu statystyk $n(m)$ i $t(m)$.

gdzie:

$n(m)$ - jest liczbą stanów zajętości stwierdzonych podczas próbkowania zespołu w przyjętym okresie zbiorczym,

$t(m)$ - jest liczbą zmian stanów stwierdzonych w wyniku próbkowania zespołu w przyjętym okresie zbiorczym,

m - jest liczbą próbek /cykli/ w przyjętym okresie zbiorczym.

Przyjmując, że okres zbiorczy składa się z m cykli i oznaczając i -ty cykl przez X_i , liczbę stanów zajętości w okresie zbiorczym możemy wyrazić w postaci:

$$n(m) = \sum_{i=1}^m X_i \quad /8/$$

Liczba zmian stanów $t(m)$ określona liczbą przejść z 0 do 1 (t_{01}) lub z 1 do 0 (t_{10}) zachodzących podczas okresu zbiorczego, zawierającego m cykli, ma postać:

$$t(m) = \sum_{i=2}^m |X_i - X_{i-1}| \quad /9/$$

Jak widać z rys. 6a, potwierdzają to obserwacje czasów zajętości rzeczywistych zespołów [4], liczba przejść t_{01} i t_{10} obserwowana w zespole niesprawnym jest odpowiednio większa od liczby takich przejść w zespole sprawnym. Dlatego, jako miarę tych przejść przyjęto odpowiednio prawdopodobieństwa P_{01} i P_{10} , wyrażone ogólnie:

$$P_{10} = P \{ X_{t+\tau} = 0 / X_t = 1 \} \quad /10/$$

$$P_{01} = P \{ X_{t+\tau} = 1 / X_t = 0 \} \quad /11/$$

W przypadku systemu masowej obsługi M/M/1 prawdopodobieństwa te przyjmują postać [2]:

$$P_{1,0}(\varphi, \tau) = (1 - \varphi) \left[1 - \exp\left(\frac{-\mu \tau}{1 - \varphi}\right) \right] \quad /12/$$

$$P_{0,1}(\varphi, \tau) = \varphi \left[1 - \exp\left(\frac{-\mu \tau}{1 - \varphi}\right) \right] \quad /13/$$

gdzie:

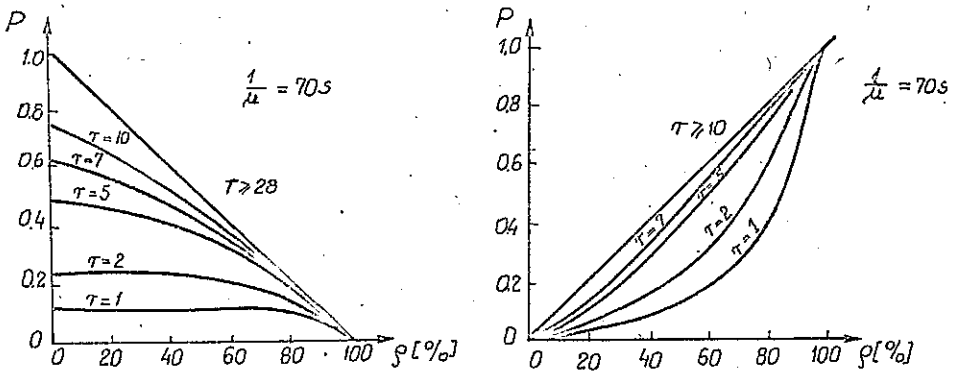
$$\varphi = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad /14/$$

a λ i μ oznaczają odpowiednio parametry strumieni wejściowego /średnia liczba zgłoszeń w jednostce czasu/ i obsługi przez kanał sprawy $\frac{1}{\mu}$ - średni czas obsługi zgłoszenia/ oraz τ - okres próbkowania.

Oznaczając przez $\frac{1}{\mu^*}$ wartość średnią czasu obsługi /zajęcia/ zgłoszenia przez zespół niesprawny, przez $r = \frac{\mu^*}{\mu}$ wartość parametru r wyraża rodzaj uszkodzenia - jest stosunkiem średniego czasu obsługi zgłoszenia przez zespół sprawny do średniego czasu obsługi zgłoszenia przez zespół uszkodzony/ oraz przez $s = \mu \tau$, wyrażenia /12/ i /13/ przyjmują postać:

$$P_{1,0}(\varphi, \tau) = (1 - \varphi) \left[1 - \exp\left(\frac{-r s}{1 - \varphi}\right) \right] \quad /15/$$

$$P_{0,1}(\varphi, \tau) = \varphi \left[1 - \exp\left(\frac{-r s}{1 - \varphi}\right) \right] \quad /16/$$



Rys. 7. Prawdopodobieństwa przejść $1 \rightarrow 0$ i $0 \rightarrow 1$ dla 10-sekundowego okresu próbkowania zespołu

Wyrażenia /15/ i /16/ pozwalają na określenie wpływu parametrów φ , τ i r na prawdopodobieństwa P_{10} i P_{01} . Przykładowe kształtowanie się tych zależności przedstawiono na rys. 7.

Zaproponowany przez Kaufmana optymalny model decyzji /wartość przyjętej statystyki/ oparty jest na zależnościach /15/ i /16/, wykorzystując również wszystkie liczby przejść, tzn. $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 0$, $0 \rightarrow 0$ i $1 \rightarrow 1$. Model ten oparty jest na statystyce stosunku prawdopodobieństw przejść zespołu niesprawnego i sprawnego.

Jego praktyczny estymator $\hat{l}(x)$ ma postać:

$$\hat{l}(x) = t_{10} \lg \frac{P_{10}^*}{P_{10}} + t_{11} \lg \frac{1-P_{10}^*}{1-P_{10}} + t_{01} \lg \frac{P_{01}^*}{P_{01}} + t_{00} \lg \frac{1-P_{01}^*}{1-P_{01}} \quad /17/$$

P_{10}^* i P_{01}^* w wyrażeniu /17/ są odpowiednio prawdopodobieństwami przejść $1 \rightarrow 0$ i $0 \rightarrow 1$ obliczanymi na podstawie zależności /15/ i /16/ przy przyjęciu w nich określonej wartości parametru $r^* \neq 1$ /rodzaj uszkodzenia/.

Z rys. 7 wynika, że dla ustalonego φ i τ prawdopodobieństwo przejścia P_{10} dla zespołu uszkodzonego ($r > 1$) jest większe od prawdopodobieństwa P_{10} dla zespołu sprawnego / $r=1$ /. Również słuszne są zależności $P_{01}^* > P_{01}$, $1 - P_{10}^* < 1 - P_{10}$ i $1 - P_{01}^* < 1 - P_{01}$.

Mamy więc odpowiednio:

$$\begin{aligned} \lg \frac{P_{10}^*}{P_{10}} > 0, \quad \lg \frac{1-P_{10}^*}{1-P_{10}} < 0, \\ \lg \frac{P_{01}^*}{P_{01}} > 0, \quad \lg \frac{1-P_{01}^*}{1-P_{01}} < 0. \end{aligned} \quad /18/$$

Powyższe wskazuje, że zakres wartości, jakie może przyjmować statystyka $\hat{l}(x)$ będzie:

$$-\infty < \hat{l}(x) < +\infty \quad /19/$$

Należy oczekiwać, że dla zespołu sprawnego liczby przejść t_{11} i t_{00} będą większe od liczb przejść t_{10} i t_{01} . Dlatego

też statystyka $\hat{l}(x)$ w przypadku badania zespołu sprawnego powinna przyjmować wartości ujemne. Z kolei dla zespołu uszkodzonego należy oczekiwać, że liczby przejść t_{10} i t_{01} będą większe od liczb przejść t_{00} i t_{11} . Dlatego też statystyka $\hat{l}(x)$ dla zespołu uszkodzonego powinna przyjmować wartości dodatnie. Należy również przewidywać, że wartościom statystyki leżącym w otoczeniu zera nie można przyporządkować jednoznacznej decyzji.

Celowe wydaje się, przy stawianiu hipotezy "badane łącze jest uszkodzone", przyjęcie /na początek na podstawie badań - empirycznie/ wartości granicznej $T_u > 0$ takiej, że gdy:

$$\hat{l}(x) > T_u \quad /20/$$

to nie ma podstaw do odrzucenia tej hipotezy. Podobnie, stawiając hipotezę "badane łącze jest sprawne", celowe wydaje się przyjęcie wartości granicznej $T_s < 0$ takiej, że gdy:

$$\hat{l}(x) < T_s \quad /21/$$

nie ma podstaw do odrzucenia tej hipotezy.

2.3.3. Algorytm podejmowania decyzji

Algorytm wykrywania kanału uszkodzonego praktycznie sprowadza się do:

1. Zebrania danych statystycznych w przyjętym okresie zbiorczym T , z okresem próbkowania τ .
2. Określenia wartości średniej czasu obsługi /zajęcia/ zgłoszenia przez zespół sprawny $\left(\frac{1}{\mu}\right)$.
3. Przyjęcia minimalnej wartości parametru r^* - rodzaju uszkodzenia, które ma być wykryte /wymaga to przyjęcia wartości $\frac{1}{\mu^*}$ - wartości średniej czasu obsługi zgłoszenia przez zespół uważany jako uszkodzony/.
4. Przyjęcia obszaru wartości krytycznych statystyki

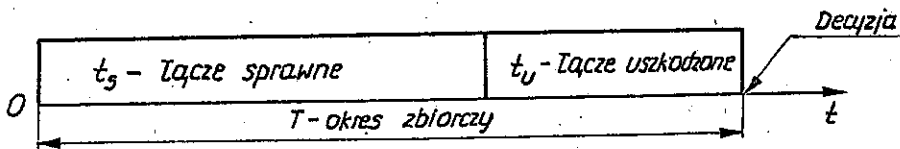
$$T_u > \hat{l}(x) > T_s,$$

który nie upoważnia do podjęcia jednoznacznej decyzji.

5. Wyznaczenia, ze zbioru danych liczb przejść t_{00} , t_{11} , t_{01} i t_{10} oraz wartości parametru φ /który jest miarą obciążenia badanego zespołu, wyznacza się go jako stosunek liczby jedynek do liczby cykli w okresie zbiorczym/.
6. Obliczenia wartości statystyki $\hat{l}(x)$ zgodnie z wyrażeniem /17/ i w zależności od jej wartości podjęcie decyzji o stanie sprawności badanego zespołu.

Powyższy algorytm wykrywania uszkodzonych zespołów central telefonicznych za podstawę bierze dane zebrane w przyjętym okresie zbiorczym. Oznacza to, że po upływie okresu zbiorczego ponowna decyzja o stanie badanego zespołu może być podjęta po upływie kolejnego okresu zbiorczego, a podstawę do jej podjęcia mogą stanowić dane zebrane w tym okresie zbiorczym lub dane zebrane w obu okresach zbiorczych.

Decyzja podejmowana na podstawie danych zebranych w długim okresie zbiorczym lub danych skumulowanych z kilku okresów zbiorczych, może być obarczona błędem wynikającym z możliwości wystąpienia uszkodzenia w trakcie badania. Oznacza to, że część danych, na podstawie których podejmowana jest decyzja, dotyczy łącza sprawnego, a pozostałe dane były zbierane, gdy zespół był uszkodzony. Ilustruje to rysunek 8.



Rys. 8. Przykładowe stany sprawności w okresie zbiorczym

Podejmowanie decyzji na podstawie tak zebranych danych będzie obarczone błędem wynikającym z "bezwładności" statystyki $\hat{l}(x)$, na co wpływ będą miały:

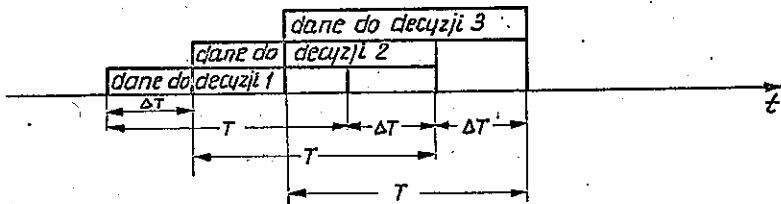
- rodzaj uszkodzenia, określony wartością parametru r ,

- udział czasu, w którym zespół jest uszkodzony (t_u) w okresie zbiorczym, co można wyrazić jako:

$$W = \frac{t_u}{t_u + t_s} \quad /22/$$

Ponieważ uszkodzenie zespołu może również nastąpić w podstawowym okresie zbiorczym, celowa wydaje się ocena metody Kaufmana pod kątem skuteczności /szybkości/ wykrywania uszkodzeń pojawiających się w tym okresie zbiorczym.

W przypadku prowadzenia ciągłego procesu badań celem ograniczenia wpływu zakłócenia spowodowanego pojawieniem się uszkodzenia w trakcie badania w pracy [4] zaproponowano modyfikację metody Kaufmana. Modyfikacja ta polega na obliczaniu wartości statystyki $\hat{i}(x)$, zgodnie z wyrażeniem /17/, biorąc za podstawę dane zebrane w podstawowym okresie zbiorczym liczonemu od momentu podejmowania decyzji. Pierwsza decyzja podejmowana jest po czasie T od chwili rozpoczęcia badań a następnie co odstęp czasu ΔT , na podstawie danych zebranych też w okresie zbiorczym T liczonemu jednak od momentu podejmowania tej decyzji. Ilustruje to rys. 9.



Rys. 9. Zasada podejmowania decyzji w metodzie zmodyfikowanej

Część danych leżąca poza okresem zbiorczym jest w tym przypadku pomijana, a tym samym nie wpływa na wartość obliczanej statystyki. Należy tu jednak zauważyć, że istotne staje się ustalenie odstępu czasu ΔT podejmowania kolejnych decyzji.

2.3.4. Wyniki badań skuteczności metody

Statystyka optymalna $\hat{i}(x)$ opisana wyrażeniem /17/ jest funkcją następujących parametrów:

$$\hat{i}(x) = f(\lambda, \mu, \mu^*, T, T) \quad /23/$$

gdzie:

- λ - intensywność wejściowego strumienia zgłoszeń,
- $\frac{1}{\mu}$ - wartość średnia czasu zajęcia zespołu sprawnego,
- $\frac{1}{\mu^*}$ - wartość średnia czasu zajęcia zespołu przyjmowanego jako uszkodzony,
- T - okres próbkowania,
- T - okres zbiorczy.

Dodatkowym parametrem w przypadku zmodyfikowanej metody jest ΔT - odstęp czasu między kolejno podejmowanymi decyzjami.

W celu określenia wpływu powyższych parametrów na kształtowanie się statystyki $\hat{i}(x)$ w Zespole Systemów Komutacyjnych Politechniki Gdańskiej przeprowadzono badania, które za podstawę miały dane - wyniki obserwacji stanów zajętości eksploatowanych translacji wyjściowych w centrali Pentaonta oraz wybieraków central systemu 32AB i Siemensa. Badania uzupełniono eksperymentem symulacyjnym, który pozwolił w szczególności, na określenie wpływu parametra λ /warunków obciążenia, w których prowadzone są badania/ na skuteczność wykrywania uszkodzonych zespołów. Przyjęto, że rodzaje uszkodzeń zespołów umożliwiały pełną ich dostępność przed napływającymi zgłoszeniami.

W badaniach przyjęto obszar badań wyznaczony zakresem zmienności parametrów:

$$; s \leq T \leq 100 \text{ s,}$$

$$1 \leq r \leq 35, \quad /24/$$

$$\frac{1}{4} \text{ h} \leq T \leq 2 \text{ h}$$

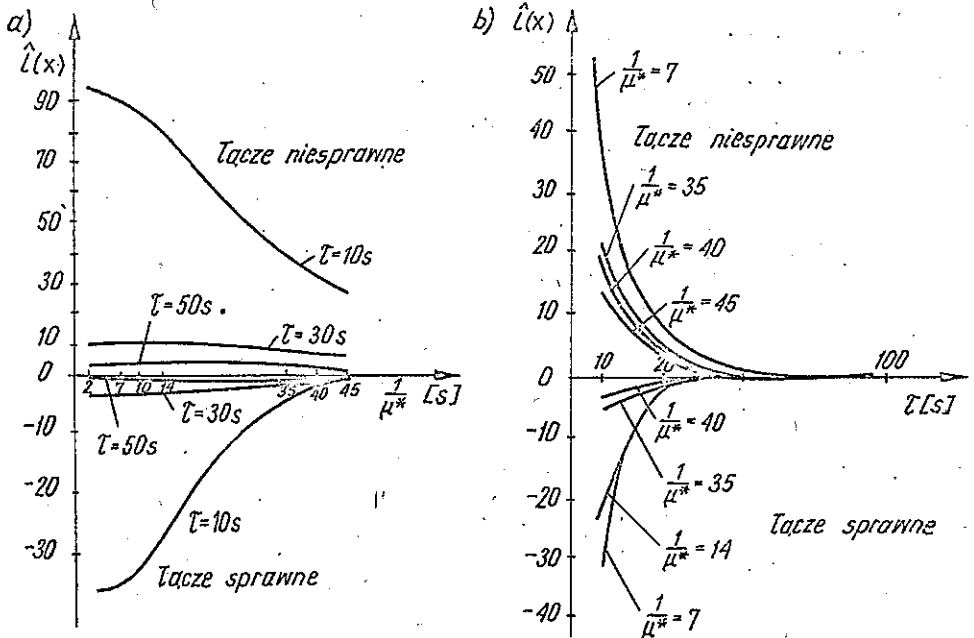
oraz zakresu wartości średniego natężenia ruchu oferowanego badanemu zespołowi:

$$0,3 \text{ Erl} \leq \frac{\lambda}{\mu} \leq 0,9 \text{ Erl}$$

/25/

W przypadku badań eksploatacyjnych zespołów sprawnych uzyskane rezultaty potwierdziły wcześniejsze przewidywania, że wartość statystyki $\hat{l}(x)$ jest ujemna i rośnie ze wzrostem przyjętego do obliczeń średniego czasu zajęcia zespołu uszkodzonego ($\frac{1}{\mu^*}$). Wzrost ten jest tym silniejszy, im większa jest wartość średnia czasu zajęcia obserwowanego zespołu lub, innymi słowy, im większa jest różnica między wartością średnią czasu zajęcia zespołu sprawnego i zespołu przyjmowanego jako uszkodzony.

W przypadku badań zespołów uszkodzonych charakteryzujących się wartościami średnimi czasów zajęcia ≥ 7 s, stwierdzono, że wartość statystyki $\hat{l}(x)$ przyjmuje wartości dodatnie w całym zakresie wartości parametrów τ i $\frac{1}{\mu^*}$.



Rys. 10. Zależność statystyki $\hat{l}(x)$ od parametru $\frac{1}{\mu^*}$ (a) i od okresu próbkowania τ (b) dla zespołu sprawnego i uszkodzonego

Na rys. 10 przedstawiono przykładową zależność statystyki $\hat{I}(x)$ od wartości okresu próbkowania T , dla zespołu sprawnego charakteryzującego się wartością średnią czasu zajęcia 70 s i dla zespołu uszkodzonego o wartości parametru $r=10$ w przypadku jednogodzinnego okresu zbiorczego.

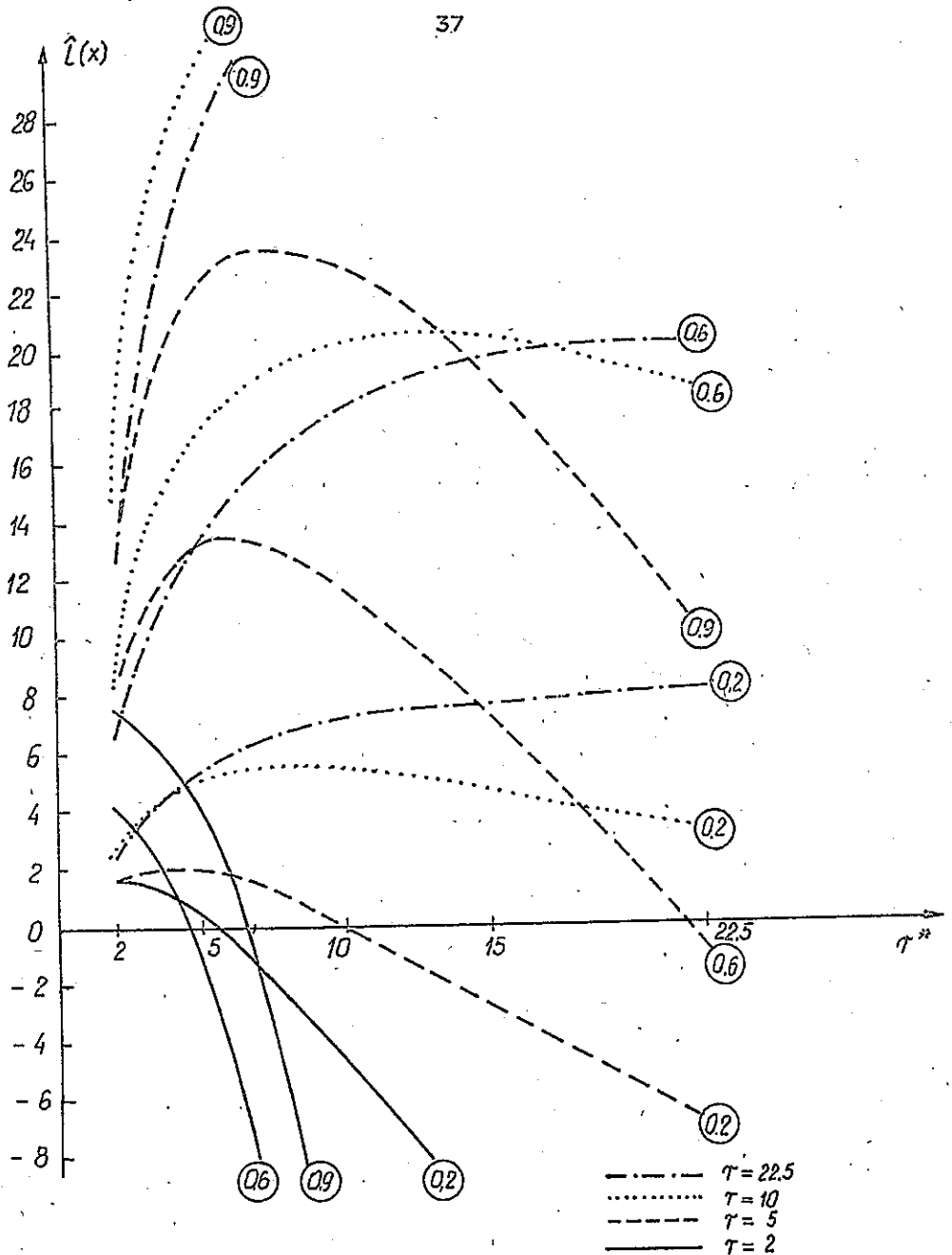
Obserwowana na rys. 10 zmienność statystyki $\hat{I}(x)$ charakteryzuje wszystkie obserwowane zespoły uszkodzone o krótkich czasach zajęcia ($r > 2$). Natomiast dla badanych zespołów niesprawnych, o stosunkowo dużych wartościach średniego czasu zajęcia (~ 35 s, $r = 2$) wartość statystyki, szczególnie przy przyjęciu do obliczeń małych wartości $\frac{1}{T}$, przyjmuje całkiem wartości dodatnie jak i ujemne.

Ważnym wynikiem tej części badań są wyznaczone wartości dwóch parametrów: okresu próbkowania $T \leq 10$ s i wartości średniej czasu zajęcia zespołu przyjmowanego jako uszkodzony $\frac{1}{\mu^*} = 35$ s, których przyjęcie w badaniach pozwoli na uzyskanie wysokiej skuteczności wykrywania uszkodzonych zespołów scharakteryzowanych wartością parametru $r > 2$ po jednej godzinie prowadzenia obserwacji.

W drugiej części badań określono najkorzystniejsze warunki ruchowe, w jakich należy prowadzić obserwacje, aby zapewnić wysoką skuteczność wykrywania zespołów uszkodzonych. Jako narzędzie do badań wykorzystano eksperyment symulacyjny, ponieważ warunki eksploatacyjne nie gwarantowały dostatecznej dokładności określenia wartości ruchu oferowanego zespołowi.

Przykładowo na rys. 11 przedstawiono zależność statystyki $\hat{I}(x)$ od wartości parametru $r^* = \frac{\mu^*}{\mu}$ /przyjmowanego do obliczeń statystyki/ dla różnych obciążeń i rodzajów uszkodzeń badanego zespołu. Z przeprowadzonych badań wynika:

- skuteczność wykrywania zespołów uszkodzonych, których uszkodzenia charakteryzuje wartość parametru $r \leq 2$ jest niewielka w każdym warunkach ruchowych;
- w przypadku uszkodzeń charakteryzujących się wartością parametru $r \geq 5$ uzyskuje się dużą skuteczność wykrywania uszkodzonych zespołów, gdy obserwacje prowadzone są w wa-



Rys. 11. Zależność statystyki $\hat{l}(x)$ od wartości przyjmowanego w obliczeniach parametru r^* dla różnych rodzajów uszkodzeń zespołu (r) i ich obciążenia

runkach średniego ($\lambda=0,6$ Erl) i silnego ($\lambda=0,9$ Erl) obciążenia zespołu;

- przebieg statystyki $\hat{I}(x)$ jako zależności przyjętej do obliczeń wartości parametru r^* pozwala dodatkowo na oszacowanie rodzaju uszkodzenia występującego w badanym zespole. W otoczeniu $r = r^*$ występuje dość wyraźne maksimum wartości statystyki.

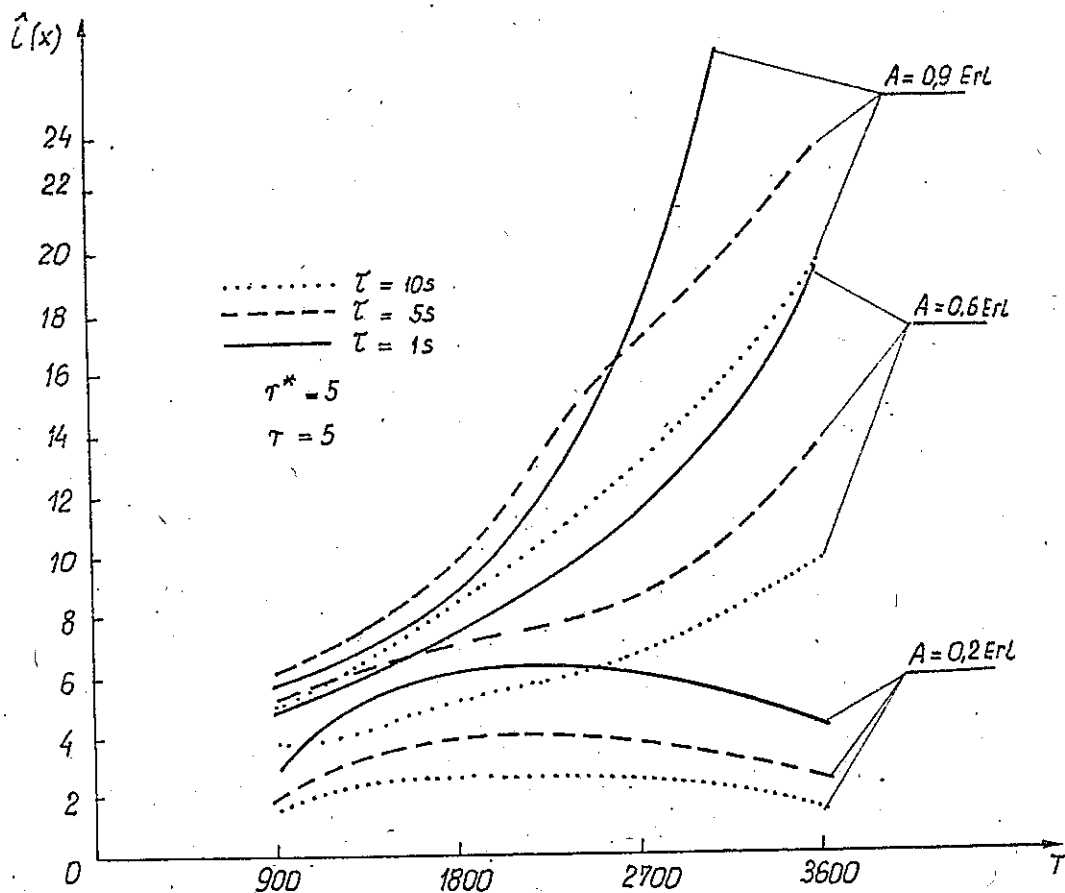
Istotnym problemem, który wymagał rozwiązania, było określenie optymalnego okresu zbiorczego, który zapewniłby dostateczną skuteczność metody tak do zespołów sprawnych, jak i uszkodzonych.

Badania wykazały, że warunki ruchowe, w jakich prowadzone są obserwacje zespołów, wpływają na długość okresu zbiorczego. Przykładowo na rys. 12 przedstawiono zależność statystyki $\hat{I}(x)$ od długości okresu zbiorczego dla różnych obciążeń badanego zespołu uszkodzonego. Badania wykazały, że prowadzenie badań w warunkach średniego obciążenia ($\lambda=0,6$ Erl) powoduje wyraźne zwiększenie skuteczności metody, jednak dalszy wzrost obciążenia /np. do $\lambda=0,9$ Erl/ istotnie jej nie poprawia, przy czym tę dużą skuteczność $\hat{I}(x) \gg 1$ uzyskuje się dla okresu zbiorczego $0,5 \text{ h} < T \leq 1 \text{ h}$.

Analiza wyników badań pozwoliła na empiryczne wyznaczenie obszaru krytycznych wartości statystyki, to znaczy zakresu wartości statystyki, którym nie można przyporządkować jednoznacznej decyzji. Badania wykazały, że obszarem największych wahań wartości statystyki $\hat{I}(x)$ /wahań co do zmian znaku/ jest przedział wartości $-1 < \hat{I}(x) < +1$.

Dla przypadków, gdy $\hat{I}(x) > 1$ lub $\hat{I}(x) < -1$ tylko w pojedynczych przypadkach obserwowano chwilowe zmiany znaku wartości statystyki $\hat{I}(x)$. Dlatego też, wydaje się być słuszone przyjęcie zakresu wartości statystyki $-1 < \hat{I}(x) < +1$ jako obszaru krytycznego, nie upoważniającego do przyjęcia hipotezy, że badany zespół jest sprawny lub że badany zespół jest uszkodzony.

Trzecia część badań dotyczyła określenia wpływu uszkodzeń występujących w trakcie prowadzonych badań na podejmowanie



Rys. 12. Zależność statystyki od długości okresu zbiorczego T dla różnych okresów próbkowania τ i obciążenia łącza uszkodzonego (A)

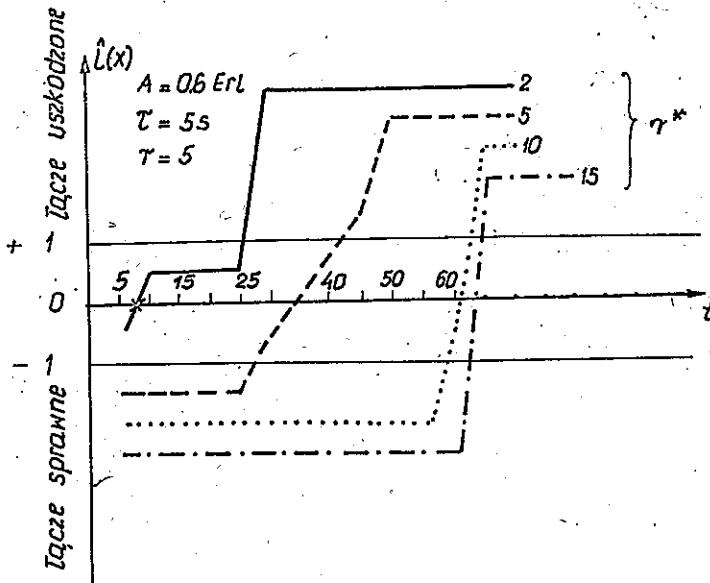
decyzji o stanie sprawności zespołu. Zakłócenie w procesie podejmowania decyzji uzależnione jest momentem wystąpienia uszkodzenia, czyli udziałem czasu trwania uszkodzenia w okresie zbiorczym oraz rodzajem tego uszkodzenia /wartości parametru r /. Przeprowadzono wpływ uszkodzeń występujących w trakcie obserwacji dla dwóch sposobów prowadzenia badań.

W pierwszym, podejmowanie decyzji następowało po upływie przyjętego okresu zbiorczego na podstawie danych zebranych

tylko w tym czasie. Drugi sposób polegał na ciągłym próbkowaniu stanu zespołu, a decyzje podejmowane były na podstawie danych zebranych w okresie zbiorczym liczonym wstecz od momentu podejmowania decyzji. Jest to zasada podejmowania decyzji przyjęta w zmodyfikowanej metodzie.

W ramach przeprowadzonych badań rozpatrzono dwa skrajne przypadki wystąpienia uszkodzenia w czasie trwania podstawowego okresu zbiorczego:

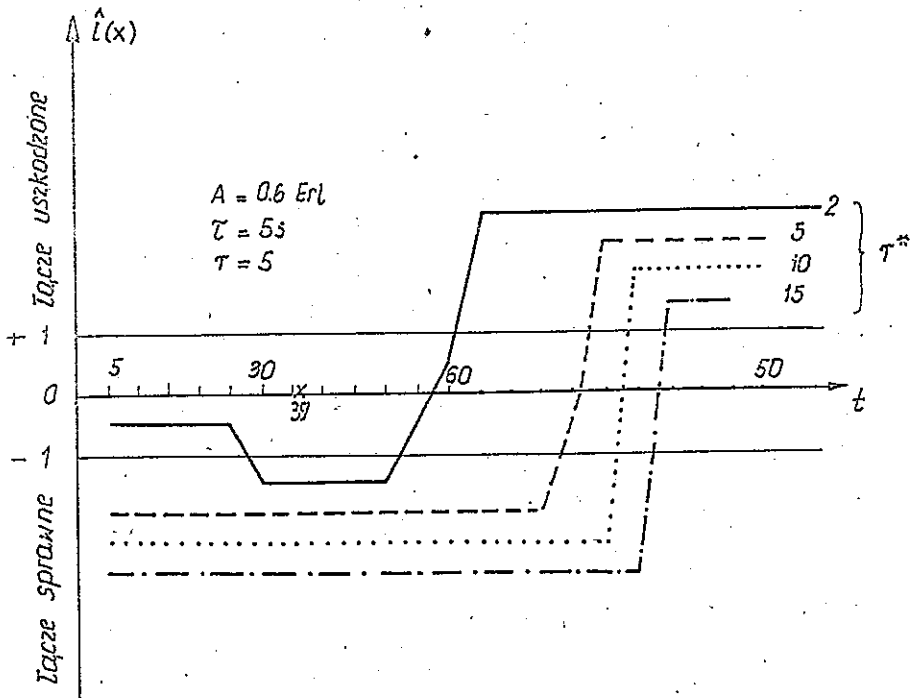
- uszkodzenie zespołu następuje w początkowej części okresu zbiorczego / ~ 8 minut zespół jest sprawny, po czym ulega uszkodzeniu/,
- uszkodzenie zespołu następuje w drugiej części okresu zbiorczego lub pod jego koniec / ~ 40 minut zespół jest sprawny, a pozostałą część czasu jest uszkodzony/.



Rys. 13. Zależność położenia statystyki $\hat{i}(x)$ od kolejnych momentów podejmowania decyzji dla zespołu uszkodzonego ($r=5$)

Wyniki badań, dla przypadku gdy uszkodzenie obserwowanego zespołu występuje w początkowej części okresu zbiorczego, ilustrują wykresy przedstawione na rys. 13. Aby pokazać kształtowanie się statystyki $\hat{l}(x)$ w trakcie obserwacji, obliczenia jej wartości były przeprowadzane co 300 s.

Z rys. 13 widać, że fakt wystąpienia uszkodzenia zostaje najwcześniej wykryty /dla przyjętego $r^* = 5$ / po upływie ~ 35 minut, z tym że przez czas ~ 15 minut występują już wahania wartości statystyki $\hat{l}(x)$ w obszarze $[-1, +1]$. Dla przyjętej do obliczeń wartości parametru $r^* = 10$ uszkodzenie zostaje wykryte dopiero po 50 minutach, co wskazuje, że gdy okres zbiorczy $T \leq 1$ h to dla $r^* \geq 10$ poprawna decyzja będzie podjęta po upływie drugiego okresu zbiorczego.



Rys.14. Zależność położenia statystyki $\hat{l}(x)$ od kolejnych momentów podejmowania decyzji dla zespołu, który uległ uszkodzeniu w drugiej połowie okresu zbiorczego ($r=5$)

W przypadkach gdy uszkodzenie zespołu następuje w drugiej części okresu zbiorczego lub pod jego koniec /dla $T \leq 1$ h/ wykrycie, że badany zespół jest uszkodzony, jest mało prawdopodobne. Ten przypadek dobrze ilustrują wykresy przedstawione na rys. 14.

W odniesieniu do metody zmodyfikowanej w wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono:

- w przypadkach, gdy uszkodzenie wystąpi w początkowej części okresu zbiorczego, a okres zbiorczy $T = 1$ h, to wpływ stosowania metody zmodyfikowanej nie przynosi dużych efektów.

Z dużym prawdopodobieństwem fakt ten zostanie wykryty w chwili zakończenia okresu zbiorczego. Natomiast zmodyfikowana metoda przynosi efekty w tych przypadkach, gdy uszkodzenie występuje w dalszej części okresu zbiorczego /w jego połowie lub pod koniec/. Poprawę decyzji można w takich przypadkach podjąć przed upływem drugiego okresu zbiorczego.

Badania nad określeniem wartości odstępu czasu ΔT między kolejnymi decyzjami w zmodyfikowanej metodzie wykazały, że powinien on wynosić 30 minut.

2.3.5. Ocena metody

Omówiona metoda określania stanu sprawności zespołów central telefonicznych oparta na obserwacjach stanów zajętości badanych zespołów jest metodą pozwalającą na automatyzację procesu badań, czyli badania większej liczby zespołów przez jedno urządzenie. Wymaga ona przyjęcia /do obliczeń/ wartości kilku parametrów: okresu zbiorczego T , okresu próbkowania τ , średniego czasu zajęcia zespołu traktowanego za uszkodzony /lub r / oraz odstępu czasu ΔT podejmowania kolejnych decyzji w przypadku metody zmodyfikowanej. Jak wykazały badania, znaczny wpływ na skuteczność metody mają warunki ruchowe /obciążenie/, w jakich są prowadzone obserwacje. Stosowanie metody wymaga znajomości charakterystyk ruchowych ba-

danych grup zespołów dla konkretnej centrali telefonicznej.

Rozpatrując dokładność metody, pod pojęciem której rozumie się prawdopodobieństwo popełnienia błędu /błędnej decyzji/, należy stwierdzić, że dla metody Kaufmana nie jest znany z góry rozkład statystyki $\hat{I}(x)$. Stanowi to zasadniczy mankament metody. Istotne utrudnienie w stosowaniu tej metody stanowi obliczanie wartości statystyki $\hat{I}(x)$. Wymaga ono przeprowadzenia dość złożonych obliczeń analitycznych, przy obróbce danych statystycznych.

Rozważając obszar zastosowania metody z punktu widzenia wykrywania rodzajów uszkodzeń, należy podkreślić, że obejmuje ona uszkodzenia o $r > 2$ oraz przypadki krytyczno: blokadę i trzymanie zespołu. Ważny z punktu widzenia jakości usług i sprawności technicznej czas wykrywania uszkodzenia nie przekracza w tej metodzie 1 godziny. Stosowanie tej metody, poza aparaturą pomiarową, w centralach telefonicznych wymaga wprowadzenia dodatkowego okablowania w postaci jednego przewodu do każdego zespołu, po którym będzie przekazywane kryterium stanu - zajęty - wolny. Podsumowując można stwierdzić, że metoda ta jest szczególnie skuteczna do wykrywania uszkodzeń zespołów o krótkich czasach zajęcia, przypadków blokady i ciągłego zajęcia, gdy badania prowadzone są przy średnich $\lambda = 0,6$ Erl/ i dużych obciążeniach $\lambda = 0,9$ Erl/.

2.4. Porównanie metod

Porównanie obu przedstawionych metod można przeprowadzić według szeregu kryteriów. Najistotniejszymi są: dokładność, złożoność algorytmu podejmowania decyzji, złożoność hardware'u i obliczeń, dodatkowe wyposażenie na centrali, rodzaje wykrywanych uszkodzeń. Ponieważ obie metody są metodami statystycznymi, to przez dokładność rozumie się tu prawdopodobieństwo popełnienia błędu /błędnej decyzji/. W przypadku średniego czasu zajęcia można to prawdopodobieństwo wyznaczyć, gdyż znane są rozkłady statystyki. Dla metody Kaufmana nie jest znany rozkład statystyki $\hat{I}(x)$, więc nie można wyznaczyć

tego prawdopodobieństwa. Jest to zasadniczy mankament tej metody. Pod względem algorytmu podejmowania decyzji obie metody są porównywalne, posiadają identyczne kroki prowadzące do podjęcia decyzji. Zaproponowane rozwiązanie aparatury pomiarowej jest dokładnie takie same, a jedyna różnica występuje w oprogramowaniu. Dla metody Kaufmana jest ono bogatsze, a więc wymaga większej pojemności pamięci. Wynika to z konieczności przeprowadzania bardziej złożonych obliczeń analitycznych; przy obróbce danych statystycznych. Zastosowanie nowoczesnej aparatury pomiarowej do istniejących systemów central telefonicznych, z których większość to system Strwożer'a, wymaga dodatkowego wyposażenia dla każdego badanego zespołu. Przy proponowanych rozwiązaniach obie metody wymagają identycznego wyposażenia.

Biorąc pod uwagę obszar zastosowania z punktu widzenia rodzajów uszkodzeń, bardziej przydatna jest metoda średniego czasu zajęcia. Jest ona nieskuteczna dla uszkodzeń, których czasy zajęcia znajdują się w pobliżu czasów zajęcia sprawnych zespołów. W metodzie Kaufmana obszar wykrywanych uszkodzeń obejmuje $r > 2$ oraz przypadki krytyczne: blokadę i trzymanie zespołu. Za to z punktu widzenia czułości lepsza jest metoda Kaufmana. Bardzo ważny z punktu widzenia jakości usług i sprawności technicznej jest czas wykrywania uszkodzenia. W tym przypadku korzystniejsza jest również metoda Kaufmana. Obie metody bazują na obserwacji rzeczywistego ruchu, którego charakterystyki mogą się zmieniać. W związku z tym ważne jest, jaki ma to wpływ na własności rozważanych statystycznych metod wykrywania uszkodzeń. Wpływ ten jest widoczny przy dużych zmianach obciążenia i szczególnie niekorzystny dla małych obciążeń; dla obydwu metod jest identyczny.

Przeprowadzone porównanie wskazuje na fakt wzajemnej wymienialności obydwu metod pomiarowych.

2.5. Koncepcja rozwiązania aparatury

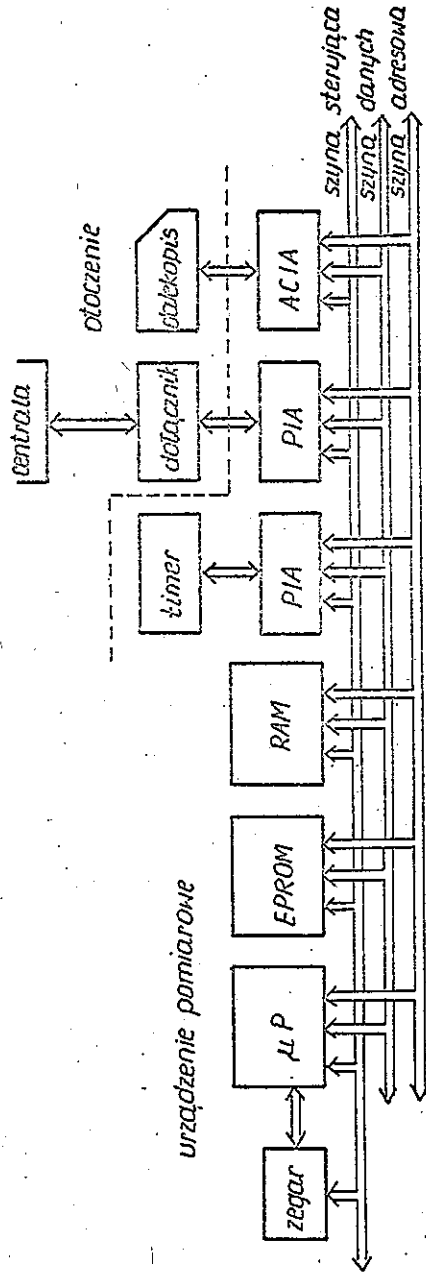
Mimo iż przedstawione wyżej dwie metody określania stanu sprawności zespołów central telefonicznych bazują na innej zasadzie, to jednak mogą być zrealizowane na podstawie tego samego urządzenia pomiarowego różniącego się jedynie oprogramowaniem. Z góry zakłada się, że przy tego typu aparaturze do automatycznego badania, zostanie wykorzystana technika mikroprocesorowa, pozwalająca na dużą uniwersalność i elastyczność zastosowań. Jest to konieczne ze względu na obróbkę danych statystycznych celem podjęcia decyzji.

Ogólny schemat blokowy przedstawiono na rys. 15.

Przeznaczenie poszczególnych bloków wynika ze struktury urządzenia pomiarowego, którym jest - nie da się to ukryć - komputer zbudowany na mikroprocesorze, współpracujący z otoczeniem poprzez standardowe interfejsy /PIA, ACIA/. Do otoczenia zalicza się centralę telefoniczną z dołącznikiem /multiplexer/ - umożliwiającym również dopasowanie elektryczno-informacyjne do urządzenia pomiarowego - oraz przykładowo dalekopis lub inne urządzenie wejścia - wyjścia, wykorzystywane do komutacji obsługi z urządzeniem. Przy takim rozwiązaniu urządzenie stanowi stałe wyposażenie centrali telefonicznej.

Program pracy zawarty w pamięci EPROM uzależniony jest od wykorzystywanej metody badania. Dane statystyczne i wyniki obliczeń gromadzone są w pamięci RAM. Timer z punktu widzenia mikroprocesora stanowi urządzenie zewnętrzne wykorzystywane do programowanego generowania przerw czasowych niezbędnych dla pracy systemu, jak również wyznaczania chwil, w których następuje cykliczne zbieranie danych.

Z przedstawionego schematu blokowego wynika, iż rozwiązanie hardware'u jest bardzo proste, zakładając dostęp do układów LSI. Punkt ciężkości w realizacji takiego rozwiązania zostaje przesunięty na opracowanie i przetestowanie oprogramowania, w którym wyróżnić można następujące moduły:



Rys. 15. Schemat blokowy urządzenia pomiarowego

- systemu,
- obsługi przerw, ań,
- monitora,
- zbierania danych,
- obliczeń statystycznych.

Należy podkreślić, że dzięki dużej uniwersalności, przez dołączenie odpowiednich modułów oprogramowania, możliwe jest rozszerzenie funkcji urządzenia pomiarowego, np. do pełnej analizy zestawianego połączenia.

Możliwości urządzenia, mierzone maksymalną liczbą równocześnie badanych zespołów, określone są przez złożoność aparatu matematycznego niezbędnego dla określenia decyzji oraz szybkości zastosowanego mikroprocesora i jego pamięci. Najmniej czasu zajmuje zbieranie danych statystycznych. Jeżeli zatem zrezygnuje się z ograniczeń co do szybkości wydawania decyzji /ograniczeń sensorych z praktycznego punktu widzenia/, wówczas można wyobrazić sobie nadzorowanie wszystkich zespołów centrali przez jedno urządzenie i to w sposób ciągły. Innym rozwiązaniem jest określenie maksymalnej liczby badanych zespołów, np. 256 i prowadzenie badań przez czas na i sucony wykorzystywaną metodą, wyprowadzenie na urządzenie zewnętrzne podjętych decyzji, a następnie przełączenie /manualne/ urządzenia na kolejne 256 zespołów i powtórzenie czynności badawczych. Tym sposobem można przebadać wszystkie zespoły centrali.

Istotnym problemem jest dopasowanie urządzenia pomiarowego do danego typu centrali. Wydaje się celowe, aby w samym urządzeniu tego nie przeprowadzać, gdyż każdy typ centrali telefonicznej ma inne wymagania elektryczne, tym samym wymaga indywidualnych rozwiązań. Nie pozwala to na zrealizowanie wymogu uniwersalności urządzeniowania pomiarowego. Z tego też względu dołącznik należy uznać za element centrali telefonicznej. Dołącznik ten jest prostym urządzeniem, którego głównym zadaniem jest zebranie i zgrupowanie kryteriów stanu zespołu: wolny - zajęty. Na każdy zespół wymagany jest jeden przewód dodatkowego okablowania oraz układ transmitujący

wartości potencjałów. Jest to więc minimalne pod względem konstrukcyjnym rozwiązanie dołącznika.

Prace nad urządzeniem pomiarowym, którego schemat blokowy przedstawiono na rys. 15, prowadzone są w Zespole Systemów Komutacyjnych Politechniki Gdańskiej.

3. ZAKOŃCZENIE

Jakość i liczba usług oraz minimalizacja ruchu jałowego zależą od sprawności technicznej urządzeń, a zwłaszcza sprawności technicznej wiązek łączy międzycentralowych, zatem sprawa szybkiego wykrywania stanu uszkodzonych zespołów komutacyjnych, a szczególnie translacji jest bardzo ważna. Zmniejszenie czasu, liczonego od momentu wystąpienia uszkodzenia do momentu lokalizacji niesprawnego zespołu, jest możliwe przez wykorzystanie omówionych najnowszych koncepcji w tej dziedzinie i opracowania odpowiedniej aparatury. Koncepcje te uwzględniają aspekty: ekonomiczny /minimalizacja okablowania/, techniczny /wykorzystanie nowoczesnej technologii elementów elektronicznych, np. poprzez zastosowanie mikroprocesorów/ oraz organizacyjny /dostarczenie informacji do sterowania procesem utrzymania urządzeń/. Dlatego wydaje się celowe dalsze kontynuowanie rozpoczętych w kraju prac w tym zakresie, aż do opracowania i wdrożenia do produkcji i eksploatacji niezbędnej aparatury badaniowej.

WYKAZ LITERATURY

1. Forys L.J., Messerli E.J.: Analysis of Trunk Groups Containing Short-Holding - Time Trunks. BSTJ, 1975, No 6.
2. Kaufman J.S.: Faulty-Trunk Detection Algorithms Using EADAS/ICUR Traffic Data. BSTJ, 1977, No 6.
3. Klimontowicz A.: Ocena efektywności działania wiązek doskonalej zawodnych łączy telefonicznych. Praca doktorska, Warszawa 1969.

4. Komór L.: Ocena skuteczności metody Kaufmana wykrywania niesprawnych zespołów funkcjonalnych w centralach systemów biegowych. Praca dyplomowa, Gdańsk 1982.
5. Krismling R., Mühlberg R., Depczyński T., Weisbrodt R.: Technologie der Fehlererkennung durch Analyse des natürlichen Fernsprechverkehrs. 13 Verkehrswissenschaftliche Tage, 7-10 September 1982.
6. Mühlberg R.: Technologische Möglichkeiten der Fehlererkennung an Vermittlungseinrichtungen durch Mikrorechnereinsatz. Nachrichtentechnik Elektronik, 1982, No 9.
7. Walaszek S.: Koncepcja eksploatacji technicznej miejskich central telefonicznych systemu Pentaconta w Polsce. Biuletyn Techniczny, 1977, nr 1/118/.
8. Walaszek S.: Modele procedur obsługi systemów komutacyjnych. II Konferencja Naukowa pt. Systemy i Sieci Telekomunikacyjne, Warszawa, październik 1981.
9. Walaszek S.: Nadzór jakości usług telefonicznych. Problemy Łączności, 1976, nr 148.
10. Walaszek S.: Nowe środki poprawy jakości usług central telefonicznych systemu Strowger'a. Przegląd Telekomunikacyjny, 1976, nr 7.
11. Walaszek S.: Zastosowanie ilorazowego testu sekwencyjnego do oceny stanu technicznego centrali telefonicznej. Prace Instytutu Łączności, 1968, nr 1/49/.
12. Weisbrodt R.: Badanie wpływu uszkodzeń na wielkości ruchowe pełnodostępnej wiązki łączy. Praca doktorska, Gdańsk 1981.

ISSN 0209-1046

