

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY  
PROBLEMOWE

Zeszyt 23

Janina Kowalska

PRÓBNA EKSPLOATACJA  
AUTOMATYCZNEJ APARATURY BADANIOWEJ ABA-2  
ANALIZA WYNIKÓW, WNIOSKI



Warszawa - listopad 1979

Jeżeli nasunęły się państwu jakieś uwagi dotyczące treści bądź formy "Referatów Problemowych", prosimy o skierowanie ich na adres:

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

ul. Szachowa 1

04-894 WARSZAWA

Zakład Z-2 /Referaty Problemowe/

621.317.799 : 621.353

I N S T Y T U T   Ł Ą C Z N O Ś C I

---

Na prawach rękopisu

R E F E R A T Y   P R O B L E M O W E

Zeszyt 23

PRÓBNA EKSPLOATACJA  
AUTOMATYCZNEJ APARATURY BADAWCZEJ ABA-2  
- ANALIZA WYNIKÓW, WNIOSKI

Warszawa - listopad 1979

5-8590

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności  
Nr S-8590

Opracowała:

mgr inż. Janina Kowalska

Zakład Miernictwa i Automatykacji Badań /Z-2/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-136

Uzupełnienie do sprawozdania z realizacji pracy nr 19.01.A.

Opiniował: dr inż. Stanisław Sońta

Maszynopis dostarczono dnia 30.10.1979 r.

Referat zawiera ocenę eksploatacyjną automatycznej aparatury badaniowej ABA-2, tzn. ocenę przyjętej koncepcji, rozwiązań układowych, informacji zawartych w wydrukach, analizę wyników pomiarowych, wnioski.

Redaktor: mgr K. Juskiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności  
dnia 8.11.1979 r.  
Nakład 70 egz.

## SPIS TRESCI

	Str.
1. Przedmiot próbnej eksploatacji	1
2. Program próbnej eksploatacji	2
2.1. Sprawdzenie przyjętej koncepcji systemu ABA-2	2
2.2. Ocena przyjętych rozwiązań układowych w poszczególnych urządzeniach systemu ABA-2 z punktu widzenia ich niezawodnej pracy	3
2.3. Ocena informacji zawartych w wydrukach dostarczanych przez aparaturę ABA-2	12
2.4. Ocena jakości łączy na podstawie wyników pomiarowych dostarczanych przez aparaturę ABA-2	13
Wykaz literatury	18

## 1. PRZEDMIOT PRÓBNEJ EKSPLOATACJI

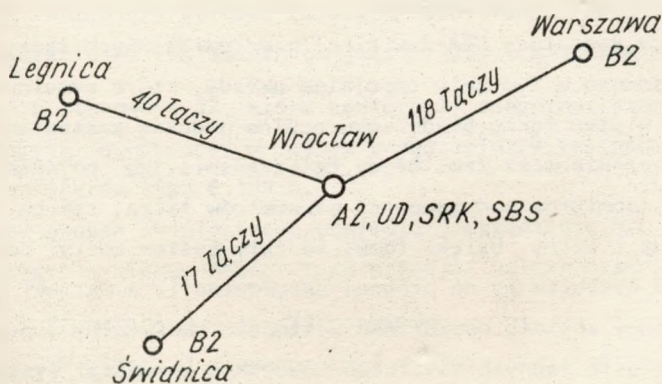
Przedmiotem próbnej eksploatacji był system ABA-2, opracowany przez Zakład Miernictwa i Automatykacji Badań Instytutu Łączności. System ten jest przeznaczony do utrzymania - w należytej sprawności technicznej - sieci łączy międzymiastowych pracujących w systemie "miasto-miasto". Kontrolne badania łączy międzymiastowych za pomocą systemu ABA-2 obejmują:

- sprawdzenie poprawności zestawiania i rozłączenia połączenia,
- pomiar tłumienności wynikowej łączy przy częstotliwości 800 Hz,
- progowy pomiar szumów.

Próbną eksploatacją zostały objęte wszystkie urządzenia systemu ABA-2, tzn.:

- urządzenie sterujące A2,
- urządzenie sterowane B2,
- urządzenie dołączające UD,
- stojak rozdzielczo-kontrolny SRK,
- stanowisko badań szczegółowych SBS.

Próbną eksploatacją systemu badaniowego ABA-2 objęta fragment sieci międzymiastowej w relacjach podanych na rysunku 1.



Rys. 1. Fragment sieci międzymiastowej objęty próbną eksploatacją systemu ABA-2

Próbna eksploatacja systemu ABA-2 w relacjach Wrocław-Warszawa, Wrocław-Legnica oraz Wrocław-Świdnica trwała od 1 lipca 1976 r. do 31 grudnia 1977 r.

## 2. PROGRAM PRÓBNEJ EKSPLOATACJI

Program próbnej eksploatacji systemu ABA-2 obejmował przede wszystkim:

- 1/ sprawdzenie przyjętej koncepcji systemu ABA-2 w warunkach rzeczywistych,
- 2/ ocenę przyjętych rozwiązań układowych w poszczególnych urządzeniach systemu ABA-2 z punktu widzenia ich niezawodnej pracy,
- 3/ ocenę informacji zawartych w wydrukach dostarczanych przez aparaturę ABA-2,
- 4/ ocenę jakości łączy na podstawie wyników pomiarowych dostarczanych przez aparaturę ABA-2.

### 2.1. Sprawdzenie przyjętej koncepcji systemu ABA-2

Wstępne sprawdzenie koncepcji systemu ABA-2, jak też zbadanie, czy współpraca poszczególnych urządzeń systemu ABA-2 jest prawidłowa i zgodna z przyjętymi założeniami, przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na terenie łt. Starano się odtworzyć - w maksymalnym stopniu - rzeczywiste warunki pracy aparatury ABA-2 w sieci międzymiastowych łączy telefonicznych. Zastosowano w tym celu specjalne układy, które symulowały występujące na rzeczywistym łączy błędy komutacyjne podczas zestawiania lub rozłączania połączenia oraz tzw. błędy teletransmisyjne, pojawiające się na łączy podczas pomiarów podstawowych parametrów łączy, takich jak tłumienność wynikowa i szumy. Dzięki temu, że cały system został dokładnie przebadany przed oddaniem go do próbnej eksploatacji, a warunki rzeczywiste pracy aparatury zostały odtworzone w stopniu maksymalnym, próbna eksploatacja nie wniosła żadnych zastrzeżeń odnośnie koncepcji systemu. Pewne uzupełnienia układowe wynikły tylko na "styku" centrala - aparatura pomiarowa. Tego bowiem "styku" nie można w warunkach laboratoryjnych całkowicie odtworzyć.

## 2.2. Ocena przyjętych rozwiązań układowych w poszczególnych urządzeniach systemu ABA-2 z punktu widzenia ich niezawodnej pracy

Badania aparatury ABA-2, przeprowadzane podczas próbnej eksploatacji, miały na celu sprawdzenie poprawności zastosowanych rozwiązań układowych w poszczególnych zespołach, ocenę niezawodności zastosowanych elementów oraz ocenę współpracy bloków funkcjonalnych wewnątrz poszczególnych urządzeń. Ocena niezawodności czasowej całych urządzeń aparatury ABA-2, tzn. urządzenia sterującego A2 i urządzeń sterowanych B2, była bardzo utrudniona. Urządzenia te były bowiem urządzeniami prototypowymi, a ponadto wiele zespołów /zwłaszcza w urządzeniach B2/ zostało wykonanych na drukach uniwersalnych. W związku z tym występowały nieraz przestoje aparatury spowodowane, np. "zimnymi" lutowaniami, urywaniem się przewodów połączeniowych na drukach uniwersalnych itp. Nie bez znaczenia był też fakt, że obsługa eksploatacyjna aparatury ABA-2 nie miała przedtem do czynienia z tego typu aparaturą badaniową i dlatego też lokalizacja uszkodzeń nie zawsze - zwłaszcza w początkowym okresie eksploatacji - przebiegała sprawnie.

Przedmiotem szczególnego zainteresowania podczas próbnej eksploatacji były:

- a/ urządzenie sterujące A2, składające się z 12 bloków funkcjonalnych, zawierających łącznie 85 zespołów, które stanowią w sumie 109 płytek drukowanych /w tym 3/4 płytek, to płytki dwustronne, metalizowane/; w jednym urządzeniu A2 zastosowanych jest  $\sim 1500$  logisterów typu E 100 H;
  - b/ urządzenie sterowane B2, które zawiera 27 zespołów, stanowiących w sumie 43 płytki drukowane; w jednym urządzeniu B2 zastosowanych jest  $\sim 250$  logisterów typu E 100 H,
- /ponieważ próbna eksploatacja obejmuje 3 urządzenia B2, dlatego też w rozważaniach o niezawodności tych urządzeń należy brać pod uwagę:

81 zespołów - 3 x 27 zespołów,  
129 płytek drukowanych - 3 x 43 płytki,  
 $\sim 750$  logisterów - 3 x  $\sim 250$  logisterów/;

- c/ urządzenie dotączające UD, w którym oprócz zespołów komutacyjnych znajdują się również 2 zespoły jednopłytkowe zawierające 38 logisterów typu E 100 H.



tącznie zatem szczególnej obserwacji poddano w czasie próbnej eksploatacji:

168 zespołów /elektronicznych/, stanowiących w sumie

240 płytek drukowanych, na których oprócz niewielkiej ilości układów scalonych monolitycznych, oprócz dyskretnych elementów półprzewodnikowych typowych, jak diody i tranzystory, zastosowanych jest ~2300 logisterów E 100 H /układy scalone hybrydowe, grubowarstwowe/.

Analiza uszkodzeń, które spowodowały w okresie próbnej eksploatacji przestój aparatury ABA-2, wykazuje, że wykryto w tym czasie w urządzeniach:

a/ złe styki, zimne lutowania lub zwarcia ścieżek resztkami cyny:

w urządzeniu A2 - 11 razy,

w urządzeniach B2 - 6 razy,

w urządzeniu UD - 4 razy,

b/ urwane przewody:

w urządzeniu UD - 1 raz,

w urządzeniu A2 /w zespole PT 131/ - 1 raz,

c/ uszkodzone logistery:

w urządzeniach B2 - 2 logistery,

w urządzeniu A2 - 8 logisterów,

d/ uszkodzone elementy inne niż logistery:

w urządzeniu A2 - 1 dioda świecąca,

1 układ scalony SFC 400 E

1 dioda,

2 tranzystory,

1 kondensator,

w urządzeniach B2 - 1 tranzystor.

Uszkodzenia obiektów, zarówno prostych jak i złożonych, mogą być [4, 8]:

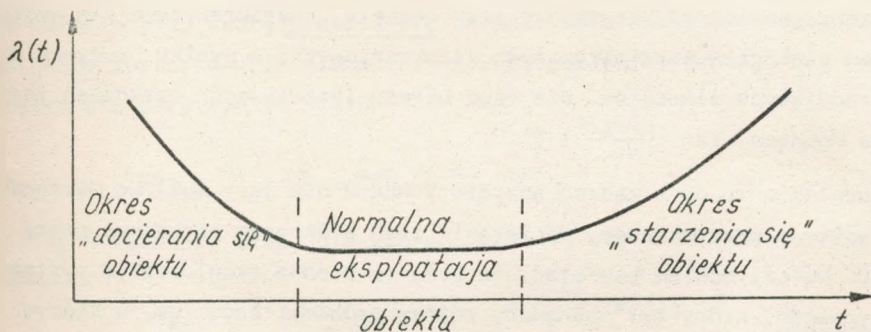
- parametryczne /starzeniowe/, które powstają w wyniku powolnych nieodwracalnych procesów fizycznych zachodzących w obiekcie,

- przejsciowe /zanikające/, jako wynik pojawienia się fizycznych procesów odwracalnych o różnej bezwładności, wywołujących czasowe przekroczenie dopuszczalnych wartości cech mierzalnych /np. różne przekłamania/,
- katastroficzne /przypadkowe/, które są wynikiem nieodwracalnych skokowych /nieciągłych/ zmian cech mierzalnych lub niemierzalnych.

W każdym złożonym obiekcie elektronicznym, a takim właśnie jest aparatura pomiarowa ABA-2, uszkodzenie jednego elementu bardzo często pociąga za sobą uszkodzenie skojarzonych z nim innych elementów. Tego rodzaju uszkodzenia, zwane uszkodzeniami wtórnymi, dotyczą zarówno ciągłych jak i skokowych zmian cech obiektu i występują zawsze z opóźnieniem w stosunku do czasu powstania uszkodzeń pierwotnych.

Analizując charakter uszkodzeń, które wystąpiły w czasie próbnej eksploatacji aparatury ABA-2, stwierdza się zupełny brak uszkodzeń parametrycznych. Uszkodzenia, które wystąpiły, były uszkodzeniami katastroficznymi /skokowymi/ pierwotnymi oraz katastroficznymi wtórnymi, spowodowanymi przez różne przypadkowe zwarcia elementów podczas prób i badań aparatury. Występowały też uszkodzenia przejściowe.

Intensywność uszkodzeń danego obiektu, oznaczana w teorii niezawodności symbolem  $\lambda$ , jest funkcją czasu, a jej typowy wykres dla sprzętu elektronicznego jest następujący [1,4,8]:



Rys. 2. Zmienność w czasie intensywności uszkodzeń dla sprzętu elektronicznego

W przebiegu intensywności uszkodzeń w funkcji czasu występują trzy charakterystyczne okresy [8]. W początkowym okresie eksploatacji /okres

"docierania"/ intensywność uszkodzeń  $\lambda$  jest funkcją malejącą, tzn.  $\frac{d\lambda/t/}{dt} < 0$ . W tym okresie, zwanym też okresem wstępnej eksploatacji, następuje eliminowanie elementów o niższej niezawodności /populacja nigdy nie jest jednorodna/. Występują również uszkodzenia wynikłe z błędów produkcyjnych. Okres normalnej eksploatacji obiektu charakteryzuje się stałą i stosunkowo małą wartością intensywności uszkodzeń  $\lambda$ , tzn. dla tego okresu  $\lambda/t/ = \text{constans}$ . Jeżeli intensywność uszkodzeń jest stała i nie zależy od czasu w całym przedziale  $/0, t/$ , słuszne jest wtedy tzw. wykładnicze prawo niezawodności a mianowicie:

$$R/t/ = \exp /- \lambda t/ \quad /1/$$

Ponieważ dla obszaru, gdzie  $\lambda/t/ = \lambda = \text{constans}$ , średni czas między uszkodzeniami obiektu wyniesie

$$T_{sr.} = \frac{1}{\lambda_{sr.}} \quad /2/$$

zatem niezawodność obiektu może być również określona wzorem:

$$R/t/ = \exp /- \frac{t}{T_{sr}}/ \quad /3/$$

Wreszcie trzeci okres, zaznaczony na wykresie czasowym intensywności uszkodzeń, jako okres "starzenia się" obiektu, charakteryzuje się występowaniem uszkodzeń parametrycznych /starzeniowych/ w wyniku "zużywania się" pracujących elementów. Dla tego okresu intensywność uszkodzeń jest funkcją rosnącą, tzn.  $\frac{d\lambda/t/}{dt} > 0$ .

W odniesieniu do urządzeń aparatury ABA-2 nie jest możliwe wyznaczenie granicy między okresem "docierania się" a okresem normalnej pracy obiektu. Należy bowiem pamiętać, że była to próbna eksploatacja systemu prototypowego, który był poddawany różnym próbom i badaniom, w którym sprawdzono, czy przyjęte rozwiązania układowe są optymalne, dokonując przy tym różnych przełączeń, przelutowań itp. i powodując nieraz niezamierzone uszkodzenia elementów. Należy również podkreślić, że urządzenia aparatury ABA-2 nie przechodziły - przed przekazaniem ich do próbnej eksploatacji - żadnego wstępnego starzenia, a np. logistery były montowane do płytek drukowanych bez wstępnego nawet sprawdzania, bezpośrednio po pobraniu z magazynu. Dopiero, gdy płytka drukowana nie spełniała warun-

ków, podanych w Instrukcji Kontroli, szukano niesprawnego elementu /najczęściej logistera/. Chcąc zatem - w przyszłości - wyeliminować z urządzenia elementy o niższej niezawodności, należy urządzenia po zmontowaniu i uruchomieniu poddać wstępnemu starzeniu. Dokumentacja produkcyjna aparatury badaniowej ABA-2 przewiduje 2-tygodniowe starzenie zmontowanych i uruchomionych wstępnie urządzeń. Należałoby również wprowadzić 100% sprawdzanie logisterów - na zgodność z WT - przed przekazaniem ich do montażu. Opisane wyżej postępowanie stanowi zamierzone sterowanie niezawodnością systemu ABA-2. Sterowanie niezawodnością obiektu [1] może być realizowane na etapie projektowania, wytwarzania /produkcji/, a nawet w trakcie użytkowania obiektu. Sterowanie niezawodnością danego systemu odbywa się poprzez zmianę niezawodności elementów systemu. Np. niezawodność systemu dwuelementowego, złożonego z aparatury i obsługującego ją człowieka, jest określona jako iloczyn niezawodności tych dwóch elementów

$$R_{\text{sys.}} = R_{\text{apar.}} \cdot R_{\text{człow.}}$$

Z punktu widzenia niezawodności systemu obojętne jest, czy maleje niezawodność aparatury, czy niezawodność obsługi. Dlatego też chcąc zwiększyć niezawodność systemu - przy określonej niezawodności aparatury - należy dążyć do zwiększenia niezawodności obsługi poprzez odpowiednie szkolenie. Na etapie projektowania obiektu ustalana jest potencjalna niezawodność obiektu [4], którą szacuje się na podstawie wskaźników uszkodzenia godzinowego zastosowanych elementów, z uwzględnieniem ich ogólnej ilości. Korzysta się przy tym ze wzoru:

$$R = \exp /- \lambda_{sr} \cdot t/ \quad /4/$$

gdzie:  $t$  - założony czas, dla którego określa się  $R$  urządzenia, zaś

$$\lambda_{sr} = n_1 \cdot \lambda_1 + n_2 \cdot \lambda_2 + \dots + n_n \lambda_n = \sum n_i \lambda_i \quad /5/$$

$n_1, n_2 \dots$  - ogólne ilości poszczególnych, zastosowanych w urządzeniu elementów,

$\lambda_1, \lambda_2 \dots$  - wskaźniki uszkodzenia godzinowego dla poszczególnych elementów, podawane przez producenta.

Otrzymany wynik jest wielkością szacunkową. Dla większej dokładności należy w wyrażeniu  $\sum n_i \lambda_i$  uwzględniać również ilości punktów lutowniczych,

przyjmując odpowiednie wskaźniki uszkodzenia godzinowego dla połączeń lu-  
towanych.

Ponieważ w przypadku urządzeń aparatury ABA-2 najczęściej zastosowanych  
jest logisterów, można było na etapie projektowania, oszacować wielkość  
spodziewanej niezawodności aparatury tylko dla tych elementów.

Przyjmując wskaźnik uszkodzenia godzinnego dla logisterów:

$$\lambda = 1 \cdot 10^{-7} / \text{godz.} \quad 1/$$

można oszacować wielkości spodziewane:

- dla urządzenia A2 / $\sim 1500$  logisterów/

średnia intensywność uszkodzeń  $\lambda_{sr} \approx 1500 \cdot 1 \cdot 10^{-7} / \text{godz.} \approx 15 \cdot 10^{-5} / \text{godz.}$ ,

średni czas między uszkodzeniami  $T_{sr} = \frac{1}{\lambda_{sr}} \approx \frac{1}{15} \cdot 10^5 \text{ godz.} \approx 0,07 \cdot 10^5 \text{ godz.} =$   
 $\approx 7000 \text{ godz.}$ ,

stąd niezawodność R dla  $t = 1000$  godzin pracy

$$R/1000/ = \exp / - \lambda_{sr} \cdot t / = \exp / - \frac{t}{T_{sr}} /$$

$$R/1000/ \approx 0,88 \approx 0,9;$$

- dla urządzenia B2 / $\sim 250$  logisterów/

średnia intensywność uszkodzeń

$\lambda_{sr} \approx 250 \cdot 1 \cdot 10^{-7} / \text{godz.} \approx 25 \cdot 10^{-6} / \text{godz.}$ ,

średni czas między uszkodzeniami

$T_{sr} = \frac{1}{\lambda_{sr}} \approx \frac{1}{25} \cdot 10^6 \text{ godz.} \approx 0,04 \cdot 10^6 = 40.000 \text{ godz.}$ ,

stąd niezawodność R dla  $t = 1000$  godzin pracy

$$R/1000/ \approx \exp / - 25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 /$$

$$R/1000/ = 0,98.$$

W odniesieniu do urządzeń aparatury badaniowej ABA-2, które stanowią  
tzw. obiekty odnawialne, powinien być - zgodnie z teorią niezawodności -  
- określany parametr, zwany "gotowością" obiektu i oznaczany symbolem K [1].

1/ Wartość konsultowana z pracownikami AGH-Kraków, prowadzącymi badania  
niezawodności logisterów E-100 H.

Termin "niezawodność" stosowany jest w odniesieniu do tzw. obiektów nieodnawialnych, które po uszkodzeniu nie podlegają naprawie.

Niezawodność jest to własność obiektu, scharakteryzowana prawdopodobieństwem [2], że dla danego zespołu wymuszeń  $\Phi/t/$  wszystkie jego cechy mierzalne i niemierzalne w danym przedziale czasu  $/0, \tau/$  nie zmieniają swoich wartości tak, aby obiekt nie mógł realizować założonych funkcji.

Niezawodność obiektu w chwili początkowej  $t = 0$  jest równa

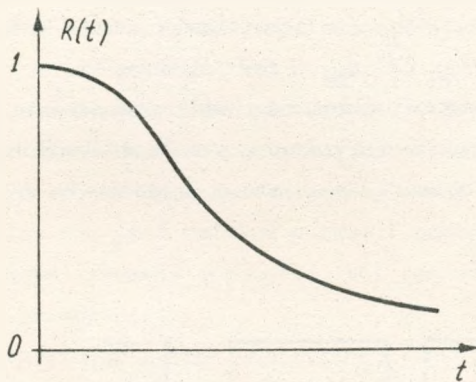
$$R/0/ = 1,$$

zaś po czasie nieskończenie długim

$$\lim_{t \rightarrow \infty} R/t/ = 0.$$

$$t \rightarrow \infty$$

Typowy wykres funkcji niezawodności  $R/t/$  przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Typowy wykres funkcji niezawodności /dla obiektu nieodnawialnego/

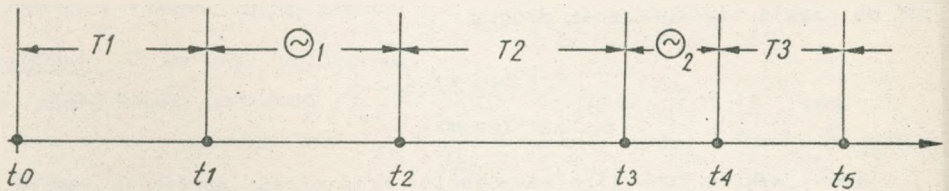
Gotowość obiektu w chwili  $t$  zdefiniowana jest jako prawdopodobieństwo, że w chwili tej obiekt znajduje się w tzw. stanie zdatności [1,8].

Po każdym uszkodzeniu obiekt zostaje poddany naprawie, czyli przywr-

ca mu się wszystkie jego właściwości, jakie posiadał przed uszkodzeniem.

Model "życia" obiektu odnawialnego /albo inaczej - naprawialnego/ tworzą zmienne losowe [1]:

$T_1, T_2, \dots, T_k$  - czasy pracy,  
 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$  - czasy odnowień.

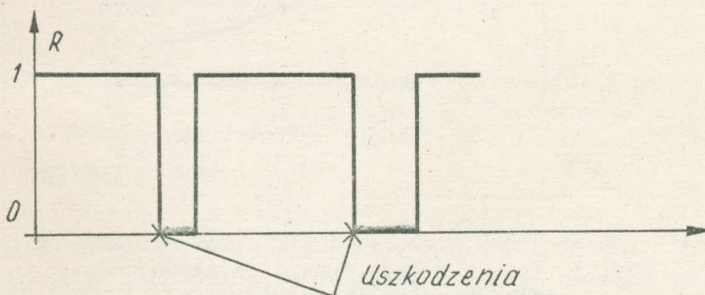


Rys. 4. Przykładowy wykres czasu pracy i czasu odnowy dla obiektu odnawialnego

Ciąg  $t_1, t_3, \dots, t_{2k-1}$  - przedstawia chwile kolejnych uszkodzeń, natomiast ciąg  $t_2, t_4, \dots, t_{2k}$  - chwile odnowień.

Czas odnowy stanowi okres od chwili uszkodzenia obiektu do chwili, w której obiekt znajduje się znowu w stanie zdatności.

Wykres pracy obiektu odnawialnego przedstawia rys. 5 [8].



Rys. 5. Wykres pracy obiektu odnawialnego

Chcąc ocenić pracę obiektu odnawialnego potrzebna jest znajomość rozkładu czasu pracy, jak i czasu napraw. Wtedy możliwe jest obliczenie współ-

czynnika gotowości urządzenia /zdadności funkcyjnej urządzenia/  $p_d$  i współczynnika niezdatności funkcyjnej urządzenia  $q_d$  [2].

Jeżeli np. czas pracy urządzenia pomiędzy uszkodzeniami, jak i czas pojedynczej naprawy mają rozkład wykładniczy /co często występuje w praktyce/, wtedy:

$$p_d = \frac{T_d}{T_d + \theta_d} \quad /6/$$

natomiast

$$q_d = \frac{\theta_d}{T_d + \theta_d} \quad /7/$$

gdzie:  $T_d$  - średni czas pracy pomiędzy uszkodzeniami,  
 $\theta_d$  - średni czas trwania naprawy /odnowy/.

Łatwo zauważyć, że  $p_d + q_d = 1$ . Oba te współczynniki są interpretowane jako odpowiednie prawdopodobieństwa.

Czas poszczególnej naprawy urządzenia zależy od bardzo wielu czynników, takich jak: rodzaj uszkodzenia; łatwość demontażu urządzenia, sprawność obsługi, wyposażenie warsztatowe, posiadane części zamienne itp. Ponieważ próbna eksploatacja systemu ABA-2 dotyczyła urządzeń prototypowych i była prowadzona z dala od jednostki macierzystej konstruktorów, a obsługa eksploatacyjna aparatury dopiero się z nią zapoznawała, nie miało żadnego sensu prowadzenie rejestru czasu faktycznej pracy urządzeń i czasu ich napraw. Dlatego też nie jest możliwe w chwili obecnej obliczenie dla aparatury ABA-2 ani współczynnika gotowości, ani też współczynnika niezdatności funkcyjnej urządzenia.

Można jedynie korzystając z tzw. empirycznej funkcji niezawodności [1,4,7], stosowanej przy obiektach nieodnawialnych, spróbować oszacować niezawodność zespołów w poszczególnych urządzeniach aparatury, traktując te zespoły jako zbiór elementów poddanych badaniom niezawodnościowym.

Konieczne jest najpierw oszacowanie sumarycznego czasu pracy aparatury, podczas którego wystąpiły określone uszkodzenia. I tak:

- próbna eksploatacja, prowadzona przez DOPiT - Wrocław, trwała 18 miesięcy /od 1.07.76 r. do 31.12.77 r./,
- w jednym miesiącu średnio 25 dni roboczych,
- w ciągu jednego dnia średnio 2,5 godziny pracy aparatury /wielkość raczej zaniżona/,



stąd:

$$18 \times 25 \times 3,5 \text{ godz.} = 1.575 \text{ godz.} \approx 1600 \text{ godz.}$$

Zestawmy:

1600 godzin pracy aparatury /urządzenia A2, B2, UD/,

15 zespołów, w których wystąpiły uszkodzenia przy ogólnej liczbie zespołów 168,

15 płytek drukowanych, w których wystąpiły uszkodzenia, przy łącznej sumie płytek drukowanych 240.

Empiryczna funkcja niezawodności ma postać:

$$R/t/ = \frac{N - n/t/}{N} \quad /8/$$

gdzie: N - ogólna ilość elementów,

n/t/ - elementy uszkodzone w czasie t.

Zatem niezawodność dla zespołów systemu ABA-2 dla t = 1600 godzin:

$$R/1600/ = \frac{168-15}{168} = \frac{153}{168} = 0,91,$$

zesp.

natomiast dla płytek drukowanych dla t = 1600 godzin:

$$R_{\text{płyt.}}/1600/ = \frac{240-13}{240} = \frac{227}{240} = 0,95.$$

Analizując powyższe wyniki, należy stwierdzić, że uzyskana niezawodność zespołów, jak i płytek drukowanych systemu ABA-2 jest zupełnie zadowalająca, tym bardziej że podstawą do analizy w tym zakresie były dane z próbnej eksploatacji urządzeń prototypowych, które podlegały różnym badaniom i próbom i w których były stosowane zespoły z drukami uniwersalnymi.

### 2.3. Ocena informacji zawartych w wydrukach dostarczanych przez aparaturę ABA-2

Wydruk z wynikami badań, uzyskany za pomocą aparatury ABA-2, zawiera następujące informacje:

- numer centrali wychodzącej,
- numer centrali docelowej,

- numer łącza badanego,
- kategorię łącza badanego, zapisaną jako łącze jednotorowe lub dwutorowe,
- stan łącza badanego pod względem komutacyjnym, wykazujący:

łącze sprawne,  
 brak dołączenia rejestru,  
 brak identyfikacji urządzenia B2,  
 brak odłączenia rejestru,  
 brak podniesienia mikrotelefonu,  
 brak potwierdzenia zakończenia pomiarów,  
 brak położenia mikrotelefonu,  
 brak odłączenia TAWk,

- wyniki pomiarów odchyłki poziomu od wartości znamionowej dla kierunku  $B \leftarrow A$  i  $A \rightarrow B$ ,
- wyniki oceny, czy zmierzone poziomy psfometryczne szumów dla kierunku  $B \leftarrow A$  i  $A \rightarrow B$  leżą powyżej, czy poniżej ustalonej wartości progowej szumów,
- wynik oceny jakości łącza z punktu widzenia przekroczenia granic eksploatacyjnych, ustalonych dla poziomu i szumów.

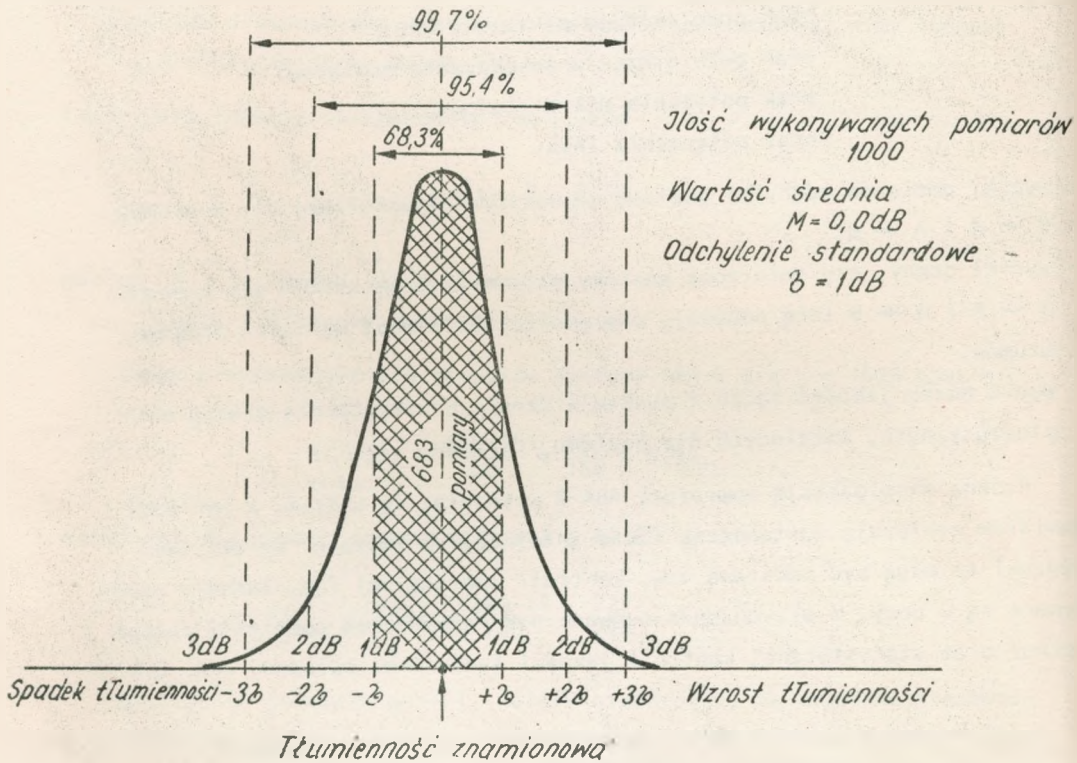
Próbna eksploatacja aparatury ABA-2 wykazała, że wydruki z wynikami pomiarów zawierają dostateczną ilość informacji o łącach. Dzięki temu wydruki te mogą być podstawą tzw. kontroli operacyjnej /np. badania wykonywane są w nocy, a uszkodzenia usuwane nad ranem przed godzinami dużego ruchu/ oraz statystycznej kontroli jakości łączy m-m, opisanej w p. 2.4.

#### 2.4. Ocena jakości łączy na podstawie wyników pomiarowych dostarczanych przez aparaturę ABA-2

Automatyczna aparatura badaniowa typu ABA będzie stanowić w polskiej sieci międzymiastowej podstawę kontroli i poprawy jakości oraz stabilności łączy. W ocenie jakości łączy ma zastosowanie technika statystycznej kontroli jakości. Jakość łączy jest oceniana z punktu widzenia jakości transmisji i stabilności zestawu. Jakość transmisji wyrażana jest funkcją wahań tłumienności wynikowej i poziomem szumów. Wahaniami tłumienności wynikowej można ocenić na podstawie wahań jej wartości średniej  $M$  i odchylenia standardowego  $\sigma$ . Praktyka wykazuje bowiem, że wahaniami tłumienności wynikowej łączy międzymiastowych mają rozkład normalny. Zmiana zatem pa-

rametrów rozkładu normalnego poza ustalone granice przy niezmienionym jego typie lub zmiana samego typu rozkładu prawdopodobieństwa sygnalizują o stanie awaryjnym w pracy sieci.

Na rysunku 6 pokazano przykład rozkładu normalnego o średniej wartości zerowej  $M = 0,0$  dB i odchyleniu standardowym  $\sigma = 1$  dB [3].



Rys. 6. Rozkład normalny o średniej wartości zerowej

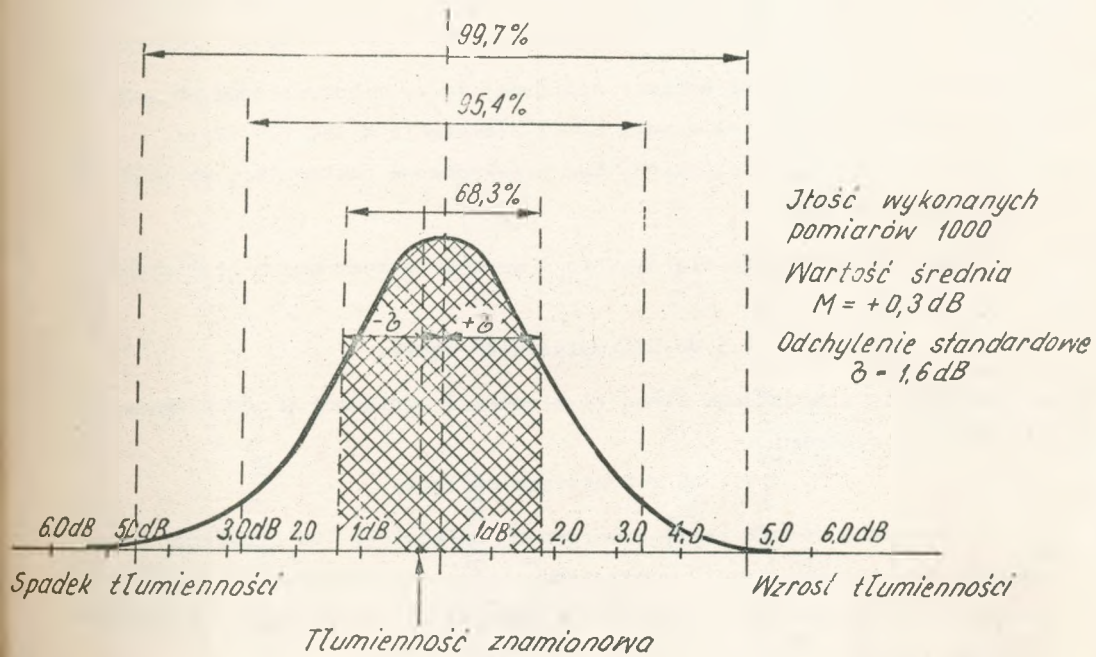
Obszar pod krzywą, pokazaną na rys. 6, przedstawia liczbę wykonanych pomiarów, a mianowicie:

683 pomiary zawierają się w obszarze wyznaczonym przez  $-1\sigma$ ,  $+1\sigma$ , co w tym przypadku odpowiada  $-1,0$  dB,  $+1,0$  dB/,

954 pomiary - w obszarze wyznaczonym przez  $-2\sigma$ ,  $+2\sigma$  /  $-2,0$  dB,  $+2,0$  dB/,

997 pomiarów - w obszarze wyznaczonym przez  $-3\sigma$ ,  $+3\sigma$  /  $-3,0$  dB,  $+3,0$  dB/.

Na rysunku 7 pokazano przykład rozkładu normalnego o średniej wartości  $M = +0,3 \text{ dB}$  i odchyleniu standardowym  $\sigma = 1,6 \text{ dB}$  [3].



Rys. 7. Rozkład normalny o średniej wartości  $M = +0,3 \text{ dB}$

W powyższym przykładzie:

683 pomiary mieszczą się w obszarze wyznaczonym przez  $-\sigma$ ,  $+\sigma$  /  $-1,3 \text{ dB}$ ,  $+1,9 \text{ dB}$  /,

954 pomiary mieszczą się w obszarze wyznaczonym przez  $-2\sigma$ ,  $+2\sigma$  /  $-2,9 \text{ dB}$ ,  $+3,5 \text{ dB}$  /,

997 pomiarów mieści się w obszarze wyznaczonym przez  $-3\sigma$ ,  $+3\sigma$  /  $-4,5 \text{ dB}$ ,  $+5,1 \text{ dB}$  /.

Krzywa rozkładu normalnego jest całkowicie zdefiniowana dwoma parametrami:  $M$  i  $\sigma$ .

Obszar rozkładu normalnego jest symetryczny w stosunku do wartości średniej  $M$ , przy czym:

68,3% obszaru zawarte jest między wartościami jednego odchylenia standardowego z obu stron wartości średniej,

94,5% obszaru - między wartościami dwu odchylen standardowych z obu stron wartości średniej,

99,7% obszaru, tj. praktycznie cały obszar - między wartościami trzech odchylen standardowych z obu stron wartości średniej.

Odnosnie wahań tłumienności wynikowej łączy międzynarodowych w funkcji czasu są ustalone zalecenia CCITT /Zalecenie M 16, tom IV-1/.

Zakłada się, że nie powinny być przekroczone następujące wartości dla łączy międzynarodowych:

a/ różnica między wartością średnią i wartością znamionową tłumienności wynikowej

0,5 dB dla wszystkich łączy,

b/ odchylenie standardowe wahań tłumienności wynikowej w odniesieniu do wartości średniej

1,0 dB dla wszystkich łączy.

W przypadku jednak łączy utworzonych całkowicie lub częściowo na urządzeniach starego typu i w przypadku łączy składających się z dwóch lub więcej odcinków może być dopuszczone odchylenie standardowe nie przekraczające 1,5 dB.

Wybór metody, pozwalającej na osiągnięcie tych wymagań CCITT pozostawia do uznania poszczególnym administracjom.

W analizie statystycznej wyników pomiarowych, uzyskiwanych za pomocą aparatury ABA-2, występują następujące wielkości i oznaczenia:

- wartość średnia - M,
- wariancja - V,
- odchylenie standardowe - S.

Wartość średnia M określona jest jako:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad /9/$$

gdzie:  $p_i$  - i-ty wynik pomiaru poziomu,  
 $n$  - ilość pomiarów /liczność próbek/.

ANALIZA STATYSTYCZNA ŁĄCZA NR 311  
(OD 8.4 DO 30.6.1977 R.)

PRZEDZIAŁ [DB]	ILÓŚĆ POMIARÓW Z PRZEDZIAŁU
POWYŻEJ 9.5	0
9.5 DO 8.6	0
8.5 7.6	0
7.5 6.6	0
6.5 5.6	0
5.5 4.6	0
4.5 3.6	0
3.5 2.6	0
2.5 1.6	0
1.5 0.6	0
0.5=== -0.4	0
-0.5 -1.4	12   *****
-1.5 -2.4	35   *****
-2.5 -3.4	5   *****
-3.5 -4.4	0
-4.5 -5.4	0
-5.5 -6.4	0
-6.5 -7.4	0
-7.5 -8.4	0
-8.5 -9.4	0
PONIŻEJ -9.4	0
RAZEM POMIARÓW	52

\*\*\*\*\* WARTOŚĆ ŚREDNIA M= -1.8808 [DB]

WARIANCJA V= 0.1754 [DB]

\*\*\*\*\* ODCHYLENIE STAND. S= 0.4188 [DB]

- 92 POMIARY NIE DOSZŁY DO SKUTKU
- 36 - Z POWODU ZAJĘTOŚCI
- 19 - Z POWODU ZABLOKOWANIA
- 37 - Z POWODU USZKODZENIA

POMIARÓW POWYŻEJ 9.9 LUB PONIŻEJ -9.9 [DB] E = 0 (= 0.000€)

Rys. 8. Analiza statystyczna tłumienności łącza

BIBLIOTEKA  
 Instytutu Łączności  
 Nr 3-8590

Wariancja <sup>1/</sup> V określona jest wzorem:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n /p_i - M/2 \quad /10/$$

Odchylenie standardowe S:

$$S = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n /p_i - M/2} \quad /11/$$

Rysunek 8 przedstawia arkusz z obróbką statystyczną wyników pomiarowych tłumienności wynikowej konkretnego łącza. Z analizy tej obróbki obsługa powinna wyciągnąć wniosek o konieczności regulacji wzmocnienia na danym łączu. Sposób wykorzystania przedstawionej na arkuszach analizy statystycznej łącza lub wiązki łączy ujmuje odrębny dokument pt.: "Instrukcja utrzymania sieci m/m za pomocą pomiarów zautomatyzowanych w systemie ABA-2".

**BIBLIOTEKA**  
**Instytutu Łączności**  
**Nr 3-8590**

<sup>1/</sup>Wariancja - rozrzut wartości zmiennej losowej wokół jej wartości średniej.

## WYKAZ LITERATURY

1. Bobrowski Dobiesław: Wprowadzenie matematyczne do teorii niezawodności. Materiały do studiów doktoranckich i podyplomowych - Nr 5. Politechnika Poznańska. Poznań 1977.
2. Bojarski Włodzimierz W.: Wprowadzenie do oceny niezawodności działania układów technicznych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1967 r.
3. CCITT - Księga Zielona, tom IV - 1,2.
4. Centre de Fiabilité - C.N.E.T.: Biuletyny "Fiabilité" - 1963 + 1968 r.
5. Firkowicz Szymon: Statystyczne badanie wyrobów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1970.
6. Szor J.B., Kuźmin F.I.: Ocena niezawodności urządzeń, tablice. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1970.
7. Sztarski Marian: Niezawodność i eksploatacja urządzeń elektronicznych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1972.
8. Zamojski Wojciech: Teoria i technika niezawodności. Politechnika Wrocławska, Instytut Cybernetyki Technicznej. Wrocław 1976.



D o t y c h c z a s u k a z a ł y s i ę :

1. Biało-brzeski R., Sońta S.: Zastosowanie testu  $\chi^2$  kwadrat Pearsona do weryfikacji hipotezy statystycznej, na podstawie empirycznej gęstości prawdopodobieństwa. Grudzień 1977.
2. Blinkiewicz A., Mędrzycki B., Hutnik M., Sambierski R.: Zastosowanie pamięci kasetowej PK-1 do rejestracji danych w systemie komutacyjnym E-10. Styczeń 1978.
3. Orłowski A.: Optymalizacja układu ogranicznika dynamiki zwłaszcza dla radiofonii krótkofalowej. Luty 1978.
4. Frączek K.: Zasady opracowywania wymagań techniczno-eksploatacyjnych na urządzenia pomiarowe w resorcie łączności. Marzec 1978.
5. Biało-brzeski R., Dudziewicz J.: Minimalna częstość próbkowania sygnału losowego przy pomiarze jego mocy średniej. Marzec 1978.
6. Lewandowski W.: Wprowadzenie komutacji teledacyjnej kanałów cyfrowych w powszechnej telefonicznej sieci komutacyjnej z centralami elektronicznymi E-10. Kwiecień 1978.
7. Dudziewicz J.: Ogólne wytyczne w sprawie prowadzenia i dokumentowania prac naukowo-badawczych wykonywanych w Instytucie łączności. Kwiecień 1978.
8. Stagrowski A.: Metoda detekcji i pomiaru impulsów o maksymalnych i minimalnych czasach trwania w ciągu. Maj 1978.
9. Chamski J.: System CTI-B dla maszyny cyfrowej R-10. Maj 1978.
10. Puchalski E.: Kompensator napięcia stałego stosowany w układach do sprawdzania przetworników termoelektrycznych i mikropotencjometrów. Czerwiec 1978.
11. Kozłowski A.: Elektroniczny sygnalizator przywołania abonenta w aparacie telefonicznym CB. Wrzesień 1978.
12. Stasiński L.: Wyładowania łukowe w.c.z. na izolatorach odciągów pionowych anten radiofonicznych. Październik 1978.
13. Walaszek S.: Zastosowanie uogólnionego rozwiązania układu o trzech stanach do analizy niezawodności. Styczeń 1979.
14. Sońta S.: Aparatura automatyczna badań sieci łączny międzymiastowych systemu ABA-3. Luty 1979.

15. Godlewski P.: Język programowania badań w systemie ABA2 i ABA3. Marzec 1979.
16. Waśniewski A.: Kombinatoryczne aspekty planowania badań sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu ABA-3. Kwiecień 1979.
17. Brennek L., Lebedziuk B.: System edycji, przechowywania i translacji programów w języku SAWIK dla minikomputera MERA 305. Maj 1979.
18. Godlewski P.: Aparatura sterująca systemem badaniowego ABA-3 - architektura urządzenia. Czerwiec 1979.
19. Chamski J.: Centrum eksploatacji technicznej w systemie E 10. Lipiec 1979.
20. Porada M.: Komunikat o badaniach zakłóceń impulsowych w łąkach telefonicznych. Sierpień 1979.
21. Sońta S.: Generacja sygnałów losowych niezależnych obciążających kanały telefoniczne. Wrzesień 1979.
22. Karwowska-Lamparska A.: Koncepcja systemu WIDEOTEKS. Październik 1979.

Biblioteka  
IL

S-859D