P O L I T E C H N I K A W R O C Ł A W S K A

W Y D Z I A Ł Ł Ą C Z N O Ś C I

KATEDRA KONSTRUKCJI MASZYN MATEMATYCZNYCH

P R A C A D Y P L O M O W A

Kazimierz MAZURKIEWICZ

Marian SNOWARSKI

Wrocław, luty 1964.

KATEDRA
KONSTRUKCJI MASZYN CYFROWYCH
Politechniki Wrocławskiej
Wrocław, ul. B. Prusa nr 53/55

Wrocław, dnia 1.10.1963r.

Temat dyplomowej pracy magisterskiej dla Ob. Ob.

Kazimierza Mazurkiewicza

i Mariana Snowarskiego.

Opracować statystycznie wyniki badań wstępnej eksploatacji serii elektronicznych maszyn matematycznych typu UMC - 1.

Badania przeprowadzić na dwóch grupach produkcyjnych maszyn, w Ośrodku Prób i Zastosowań Maszyn Matematycznych przy Wrocławskich Zakładach Elektronicznych "ELWRO".

Wyniki ująć w postaci zestawień tabelarycznych i wykresów, przy szczególnym zwróceniu uwagi na niezawodność pracy podzespołów i urządzeń maszyny.

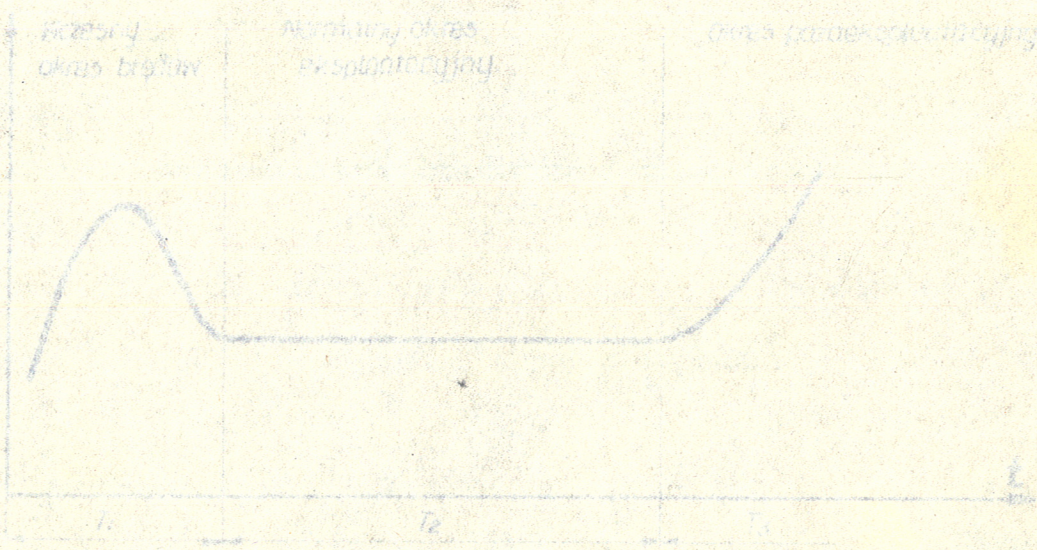
Bromirski.
Doc. dr Jerzy Bromirski

Termin oddania pracy 29.02.1964r.

S P I S T R E Ś C I

1. Wstęp 4
2. Charakterystyka maszyny cyfrowej UMC-1 . . 7
3. Podstawy teoretyczne statystycznego opracowania zagadnienia .
   3.1. Wprowadzenie 9
   3.2. Zasady estymacji 10
   3.3. Wybór estymatora i określenie przedziału ufności 12
4. Materiał statystyczny 17
5. Statystyczne ujęcie przebiegu wstępnej eksploatacji 20
6. Statystyka lamp i związany z nią materiał matematyczny 27
   6.1. Materiał statystyczny 29
   6.2. Statystyczne ocena stabilności pracy lamp 34
   6.3. Intensywność uszkodzeń i średnia trwałość lamp 39
7. Statystyka uszkodzeń pakietów 46
8. Statystyka uszkodzeń węzłów maszyny . . . 51

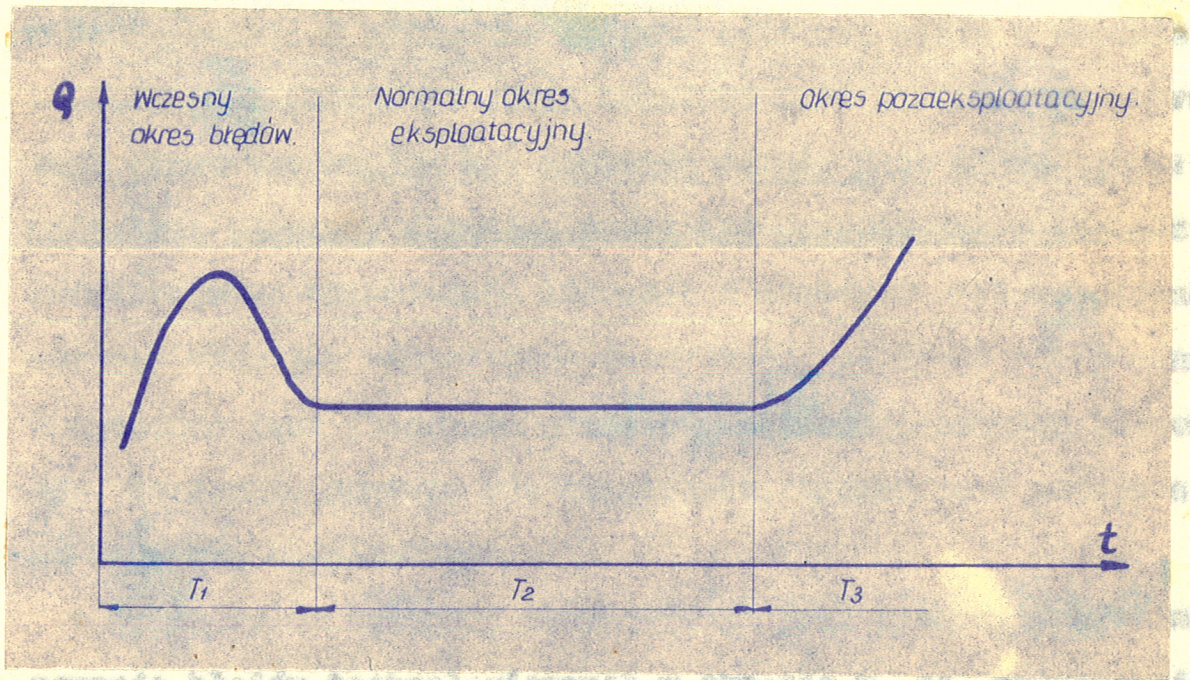
9. Wnioski .
9.1. Lampy 65
9.2. Pokioty i wąsy 67
9.3. Wstępna eksploatacja 69
9.4. Podsumowanie wniosków 73
10. Zakończenie 74
11. Literatura 75



1. WSTĘP.

Budowa coraz bardziej złożonych urządzeń elektronicznych i wprowadzanie ich do automatyzacji przemysłu, telemetrii, centralnego sterowania i innych odpowiedzialnych funkcji, postawiły z całą ostrością problem niezawodności tych urządzeń.

Oznaczmy literą Q liczbę uszkodzeń przypadających statystycznie na jedną godzinę pracy urządzenia. Wówczas dla większości urządzeń elektronicznych poprawna będzie zależność ilustrowana poniższym wykresem.



Czas życia urządzenia można podzielić na trzy okresy:

T_1 - wczesny okres błędów,

T_2 - normalny okres eksploatacyjny,

T_3 - okres pozaeksploatacyjny urządzenia.

W okresie T_1 prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzeń jest znacznie większe niż w okresie T_2, ponieważ w T_1 powią się podzespoły obciążone wadami technologicznymi, ujawniają się usterki montażowe i.t.d.

W okresie T_2 awaryjność urządzenia jest najmniejsza i w przybliżeniu jednakowa, zależy ona głównie od czynników losowych. Jest to właściwy okres eksploatacyjny urządzenia. Po nim następuje okres poeksploatacyjny T_3, w którym prawdopodobieństwo występowania uszkodzeń czyli awaryjność wolniej lub szybciej rośnie.

Zależnie od rodzaju i przeznaczenia urządzenia oraz stawianych wymagań, można różnie podejść do zagadnienia, aby jak najwłaściwiej wykorzystać potencjalne możliwości urządzenia danego typu lub odpowiednio je zwiększyć.

Postępowanie w przypadku maszyny cyfrowej, którą w okresie właściwej eksploatacji winna cechować duża niezawodność, przy czym okres ten winien być możliwie długi, jest następujące: wszystkie elementy składowe muszą być wyprobowane w zakładzie produkcyjnym, odpowiednio starzone i starannie selekcjonowane. Powinny mieć jak najmniejszą awaryjność, ponieważ niezawodność urządzenia jest iloczynem niezawodności zastosowanych elementów. Następnie montuje się urządzenie, uruchamia i oddaje się do wstępnej eksploatacji.

Głównym celem wstępnej eksploatacji jest całkowite wyeliminowanie błędów technologicznych w okresie T_1 tj. przekazanie do właściwej eksploatacji urządzenia znajdującego się w okresie T_2.

Zaznaczyć trzeba, że niezawodność urządzenia należy rozważyć jeszcze przed ustaleniem warunków technicznych. Ustalone warunki techniczne powinno się traktować jako dynamiczne. Wpływ na nie mieć powinny próby modelowe, ocena prototypu oraz zachowanie się wyrobu podczas eksploatacji. Oznacza to, że działania zmierzające do zapewnienia wysokich niezawodności muszą

być rozpoczęte w momencie powstania projektu.

Chcąc uzyskać wysoką niezawodność wyrobu należy: po pierwsze - przewidzieć wyniki poczynań zanim jeszcze zaistnieją, po drugie - określić czy już wyprodukowany wyrób odpowiada wymaganiom czy też nie. Zagadnienie to jest możliwe do rozwiązania przy zastosowaniu odpowiedniej metody matematycznej wykorzystując nowoczesne środki obliczeniowe.

Zadaniem naszym jest analiza dotychczasowego postępowania w okresie eksploatacji wstępnej serii maszyn cyfrowych UMC-1 wyprodukowanych przez zakłady "ELWRO".

Zagadnienie to rozpatrzymy z punktu widzenia niezawodności.

2. CHARAKTERYSTYKA MASZYNY CYFROWEJ UMC-1.

"UMC-1" jest małą, uniwersalną maszyną cyfrową, przeznaczoną do obliczeń naukowo-technicznych. Za pomocą maszyny można rozwiązać każde zadanie, dla którego można określić numeryczną metodę rozwiązania. Można również rozwiązać problemy dla których znany jest algorytm postępowania.

Konstrukcja maszyny oparta jest na wymiennych pakietach i zawiera 670 lamp i około 5.000 diod.

Dane techniczne:

Organizacja urządzenia:	Maszyna cyfrowa UMC-1 jest maszyną szeregową, jedno-adresową sekwencyjną, stało-przecinkową, mikroprogramowaną.
Arytmetyka:	Binua dwójkowa.
Programowanie:	Przyjęty został system kodowania rozkazów elementarnych i łączenia ich w tzw. instrukcje.
Technika maszyny:	Arytmometr i sterowanie maszyny zbudowane są z podstawowych elementów logicznych: opóźnienia, powtórzenia, negacji, na wejściu których zrealizowane są dysjunkcja względnie konjunkcja diodowo-oporowa.
Długość słowa:	34 bity + 2 bity techniczne. Część operacyjna zajmuje 22 bity. Na część adresową zarezerwowanych jest 12 bitów.
Pamięć:	Maszyna posiada na pamięć bębnową

	o pojemności 4096 słów, rozmieszczonych na 64 ścieżkach. Na bębnie umieszczone są również cztery rejestry dynamiczne: rejestr akumulatora, mnożnika, arytmometru i rozkazów.
Szybkość:	Średnio około 100 /sek.
Urządzenia wejścia:	Dalekopis, przewidziany czytnik fotoelektryczny. Dane wprowadza się na taśmie perforowanej 5-cio kanałowej w międzynarodowym kodzie dalekopisowym Nr 2.
Urządzenia wyjścia:	Dalekopis. Wyprowadzanie wyników bądź na taśmie papierowej, bądź na taśmie perforowanej, względnie na jednym i drugim.
Zasilanie:	3 x 380 V / 220 V 50 Hz 6,5kVA.

3. PODSTAWY TEORETYCZNE STATYSTYCZNEGO OPRACOWANIA ZAGADNIENIA.

3.1. WPROWADZENIE.

Maszynę cyfrową można traktować jako pewien system, w którym każdy element współpracuje z innym elementem lub jest od niego zależnym. Błąd w działaniu jednego elementu powoduje błąd systemu.

Stopień w jakim można polegać na danym systemie charakteryzuje niezawodność.

Niezawodność systemu definiuje się jako prawdopodobieństwo poprawnego działania w określonym przedziale czasu w określonych warunkach wymuszających.

Ponieważ prawdopodobieństwo jest pojęciem statystycznym, więc aby niezawodność była mierzona i analizowana za pomocą techniki statystycznej.

Zainteresowanie w badaniach niezawodności aparatury elektronicznej jest uzasadnione przez fakt, że badania te dostarczają przesłanek do powiększania bezbłędnego działania urządzenia z przewidywanymi warunkami użytkowania.

Wykażemy następnie, że obserwacje częstości uszkodzeń w czasie eksploatacji w przeszłości w warunkach rzeczywistych lub symulowanych /próby marginesowe/, dostarcza najcenniejszych danych dla przewidywania przyszłych uszkodzeń.

Załóżmy, że na n niezależnych elementach przeprowadzono takie samo doświadczenie. Jest to równoznaczne stwierdzeniu, że wykonano n niezależnych doświadczeń. Załóżmy dalej, że w przeprowadzonych n doświadczeniach obserwowano jakieś zdarzenie A np. uszkodzenie elementu w maszynie cyfrowej. Stwierdzono, że zdarzenie to zaszło w q elementach a w pozostałych n - q elementach nie zaszło.

Można więc powiedzieć, że zdarzenie A jest zdarzeniem losowym o określonym prawdopodobieństwie zaistnienia.

Przeprowadzone n niezależnych doświadczeń możemy traktować jako próbkę losową o liczności n z nieograniczonej populacji.

3.2. ZASADY ESTYMACJI.

Oszacowanie nieznanego parametru Θ w populacji na podstawie badania reprezentującej ją próbki losowej, nazywamy estymatorem tego parametru.

Zaobserwowana w próbce losowej wartość estymatora U_n będzie się różniła od rzeczywistej wartości tego parametru.

Jeżeli dla każdego $\varepsilon > 0$ zajdzie relacja

$$\lim_{n\to\infty} P\{|U_n - \Theta| > \varepsilon\} = 0 \qquad (1)$$

to estymator U_n nazywamy estymatorem zgodnym parametru Θ.

Zgodność estymatora wyraża jego własności graniczne. Dla oszacowania przeciętnie dobrego, dla dowolnych wartości n chcemy ponadto, żeby wartość oczekiwana estymatora U_n była równa Θ, tzn.

$$E[U_n] = \Theta \qquad (2)$$

Estymator spełniający warunek /2/ nazywamy estymatorem nieobciążonym.

Ponadto estymator powinien spełniać warunek dostateczności, relacja /3/

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \Theta} = 0 \qquad (3)$$

gdzie L jest funkcją wiarygodności R.A. Fischera.

Dla zmiennej losowej X nieciągłej mamy

$$L = \prod_{i=1}^{n} p(x_i, \Theta) \qquad (4)$$

gdzie $p\,/x_i, \Theta/$ oznacza prawdopodobieństwo zdarzenia $X = x_i$ przy danym parametrze Θ.

Dla zmiennej losowej ciągłej relacja /4/ ma postać

$$L = \prod_{i=1}^{n} f(x_i, \Theta) \qquad (5)$$

Z zależności /3/ i /4/ widać, że estymator dostatecznny daje maksimum funkcji wiarygodności, czyli jest najbardziej wiarygodnym oszacowaniem nieznanego parametru.

W praktyce staramy się zawsze korzystać z estymatorów najefektywniejszych, jeśli w danym przypadku takie istnieją.

Estymator U_n jest tym efektywniejszy, im mniejsza jest jego wariancja, wówczas bowiem jego wartości zaobserwowane będą bardziej skupione wokół rzeczywistej wartości parametru Θ.

Minimalną wariancję estymatora nieobciążonego określa nierówność Rao-Craméra, z której dla zmiennej losowej ciągłej mamy

$$\sigma^2(U_n)_{min} = \frac{1}{n \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{\partial \ln f(x,\Theta)}{\partial \Theta}\right]^2 f(x,\Theta)\,dx} \qquad (6)$$

Analogicznie dla zmiennej losowej nieciągłej mamy

$$\sigma^2(U_n)_{min} = \frac{1}{n \cdot \sum_k \left[\frac{\partial \ln P(x_k,\Theta)}{\partial \Theta}\right]^2 P(x_k,\Theta)} \qquad (7)$$

gdzie $\sum_k$ oznacza sumowanie obejmujące wszystkie możliwe wartości x_k zmiennej losowej X.

Miarą efektywności estymatora U_n jest stosunek wariancji minimalnej wynikającej z relacji /6/ i /7/ do rzeczy-

wiatej wartości tego estymatora, tzn.

$$e = \sigma^2(U_n)_{min} \frac{1}{\sigma^2(U_n)} \qquad (8)$$

zależność /8/ nazywamy efektywnością estymatora U_n

Estymator, którego efektywność równa jest jedności nazywamy estymatorem najefektywniejszym.

W przypadku gdy wariancja estymatora U_n jest proporcjonalna do $1/n$, relacja /8/ mówi, że estymator U_n z próbki o liczności n daje takie samo oszacowanie nieznanego parametru Θ - z punktu widzenia efektywności - jak estymator najefektywniejszy z próbki o liczności $e \cdot n$.

3.3. WYBÓR ESTYMATORA I OKREŚLENIE PRZEDZIAŁU UFNOŚCI.

Interesuje nas nieznany prawdopodobieństwo p zdarzenia A np. uszkodzenie elementu wchodzącego w skład maszyny cyfrowej. Zaistnienie zdarzenia A traktujemy jako zmienną losową nieciągłą.

Zajściu zdarzenia A przypiszemy X = 1 a przypadkowi przeciwnemu przypiszemy X = 0.

Mamy więc:

$$\left.\begin{aligned} P(X = 1) &= p \\ P(X = 0) &= 1 - p \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Przeprowadzamy n niezależnych doświadczeń. Zaobserwujemy q przypadków zajścia zdarzenia A tzn. X = 1 i n - q przypadków X=0. Chcemy na podstawie tych doświadczeń oszacować nieznane prawdopodobieństwo p zajścia A w populacji. Wymaga estymator o największej wiarygodności. Funkcję wiarygodności zgodnie z relacją /4/ napiszemy w postaci

$$L = p^q (1-p)^{n+q} \qquad (10)$$

stąd

$$\frac{\partial \ln L}{\partial p} = \frac{q}{p} - \frac{n-q}{1-p} = \frac{q-n\cdot p}{p(1-p)} \qquad (11)$$

przyrównajmy zależność /11/ do zera

$$p = \frac{q}{n} = h \qquad (12)$$

Estymatorem dostatecznym nieznanego prawdopodobieństwa p zdarzenia A jest więc częstość h wystąpienia tego zdarzenia w przeprowadzonych n niezależnych doświadczeniach.

Zgodność tego estymatora nie wymaga oddzielnego dowodu, wynika bowiem z prawa wielkich liczb Bernoulliego.

Częstość $h = \frac{q}{n}$ jest zmienną losową o wartości oczekiwanej

$$E\left[\frac{q}{n}\right] = E[h] = p \qquad (13)$$

i wariancji

$$\sigma^2(h) = \frac{p(1-p)}{n} \qquad (14)$$

Jest to więc estymator nieobciążony.

Korzystając z relacji /7/ można wykazać, że częstość h jest najefektywniejszym estymatorem nieznanego prawdopodobieństwa p.

Weźmy wyrażenie:

$$\sum_k \left[\frac{\partial \ln P(x_k,p)}{\partial p}\right]^2 P(x_k,p) = \sum_k \frac{1}{P(x_k,p)}\left[\frac{\partial P(x_k,p)}{\partial p}\right]^2$$

Pochodna z relacji /9/ jest

$$\frac{\partial P(x_k,p)}{\partial p} = \begin{cases} 1 \text{ ; gdy } X = 1 \\ -1 \text{ ; gdy } X = 0 \end{cases}$$

zatem

$$\sum_k \frac{1}{P(x_k,p)} \left[\frac{\partial P(x_k,p)}{\partial p}\right]^2 = \frac{1}{p} + \frac{1}{1-p} =$$

$$= \frac{1}{p(1-p)} \qquad (15)$$

po podstawieniu wyrażenia /15/ do relacji /7/ uzyskamy wzór /14/.

Rozumując można stwierdzić, że najlepszym oszacowaniem nieznanego prawdopodobieństwa p zdarzenia losowego A jest częstość tego zdarzenia zaobserwowana w n niezależnych doświadczeniach.

Należy jeszcze wyznaczyć przedział, w którym z określonym prawdopodobieństwem β, zawarta będzie rzeczywista wartość poszukiwanego prawdopodobieństwa p.

Przedział taki nosi nazwę przedziału ufności a wartość β nazywamy poziomem ufności.

Przy ~~niezbyt~~ dużym n i niezbyt małych wartościach $p \cdot (1-p)$, na podstawie twierdzenia Moivreá - Laplace'a można przyjąć, że h ma w przybliżeniu rozkład normalny

$$N\left(p, \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right)$$

W rzeczywistości częstość h w n niezależnych doświadczeniach ma rozkład dwumianowy, określony jako

$$P\left\{h=\frac{q}{n};n;p\right\}=P\left\{q;n;p\right\}=\binom{n}{q}p^q(1-p)^{n-q}$$

Przy znanych wartościach n i q prawdopodobieństwo p można traktować jako zmienną losową o rozkładzie beta i korzystając z istniejących tablic niekompletnej funkcji beta , wyznaczyć wartości p_1 i p_2 spełniające relację

$$\left.\begin{aligned} P\{p\leq p_2\}&=\beta \\ P\{p\geq p_1\}&=\beta \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Przy założeniu rozkładu normalnego zmiennej losowej h mamy

$$P\left\{(h-p)\leq y_\beta\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right\}=\beta \qquad (17)$$

gdzie y_β jest zmienną standaryzowaną rozkładu normalnego, odpowiadającą poziomowi ufności β.

Szukamy przedziału ufności określonego należnością

$$P\left\{p_1\leq p\leq p_2\right\}=\beta \qquad (18)$$

Wartości p_1 i p_2 stanowiące granice przedziału ufności dla nieznanego prawdopodobieństwa p znajdziemy przez rozwiązanie równania

$$(h-p)^2=y_\beta^2\,\frac{p(1-p)}{n} \qquad (19)$$

Z rozwiązania równania /19/ mamy:

$$p_1 = \frac{1}{n + y_\beta^2}\left[nh + \frac{y_\beta^2}{2} - y_\beta\sqrt{nh(1-h)+y_\beta^2\frac{1}{4}}\right] \qquad (20)$$

$$p_2 = \frac{1}{n + y_\beta^2}\left[nh + \frac{y_\beta^2}{2} + y_\beta\sqrt{nh(1-h)+y_\beta^2\frac{1}{4}}\right] \qquad (21)$$

Dodać należy, że omawianą metodę wg Van der Waerden. Mathematische Statistik, można stosować przy spełnieniu warunków:

$$n \cdot h = q \geq 4 \quad \text{oraz} \quad n - q \geq 4$$

4. MATERIAŁ STATYSTYCZNY.

Materiał statystyczny dotyczący zużycia maszyn cyfrowych UMC-1 nr nr 005, 006, 007, 009, 012, 011, traktujemy jako próbkę wziętą z populacji maszyn cyfrowych /m.c./ wyprodukowanych przez zakłady "ELWRO".

Materiał ten zebrany został w okresie wstępnej eksploatacji m.c. UMC-1.

Wnioski wyciągnięte na podstawie analizy wyników zebranych będą dla okresu eksploatacji wstępnej całej populacji z zastrzeżeniem, że nie ulegną zmianie warunki wymuszające.

Ponieważ obserwacja częstości uszkodzeń daje podstawę do najlepszego oszacowania nieznanego prawdopodobieństwa powstania losowego np. uszkodzenia pakietów, lampy itp., co zostało wykazane w rozdziale 3, materiał statystyczny był zbierany w następujący sposób:

1. Rejestrowano każdy błąd w działaniu m.c.
2. Rejestrowano czas między kolejnymi błędami w działaniu m.c.
3. Rejestrowano przyczynę błędnego zadziałania m.c. tzn. uszkodzenie podzespołu /pakietu wraz z jego lokalizacją/.
4. Rejestrowano bezpośrednią przyczynę uszkodzenia podzespołu, tzn. uszkodzenie elementu elektronicznego.
5. Po usunięciu uszkodzenia podzespół dalej pełni swoją funkcję.

Dane z punktów 1,2, powyższej systematyki wykorzystano do opracowania zagadnienia wstępnej eksploatacji maszyn cyfrowych UMC-1 rozdział 5.

Dane z punktu 3 posłużyły za podstawę do określenia jakości wyrobu - jako wskaźnik przyjęto tutaj awaryjność poszczególnych rodzajów pakietów, rozdział 7.

Określono również niezawodność poszczególnych węzłów maszyny, sygnalizując na jakie układy trzeba zwrócić szczególną uwagę przy uruchamianiu i eksploatacji wstępnej m.c. UMC-1, rozdział 8.

Dane z punktu 4 wykorzystano do oceny jakości elementów elektronicznych użytych do konstrukcji maszyny cyfrowej UMC-1.

Główną uwagę skoncentrowano tutaj na elementach przełączających — lampach, rozdział 6.

STATYSTYKA ZAOBSERWOWANYCH USZKODZEŃ

Lp	Numer maszyny / Typ uszkodzenia	005	006	007	009	011	012	Razem	Ilość elementów w maszynie
1.	Lampy	11	15	26	5	7	9	73	670
2.	Zimne lutowanie	7	15	41	35	59	27	184	100000
3.	Diody	3	6	6	-	-	8	23	5000
4.	Oporniki	2	2	6	1	-	6	17	5500
5.	Kondensatory	1	2	1	-	-	-	4	800
6.	Transformatory dławiki	1	1	2	-	-	1	5	300
7.	Głowice	-	-	1	2	-	2	5	74
8.	Styki pulpitu sterowniczego łączówki	2	2	6	-	-	9	19	11000
9.	zasilacz diody	4	2	4	-	-	10	20	24
10.	Zestyki przekaźników	1	2	1	1	-	1	6	30
Razem uszkodzeń		32	47	94	44	66	73		
Uszkodzeń nieniszczących		22	28	46	8	7	36		

Pozycje 2,8 i 10 należą do uszkodzeń nieniszczących, pozostałe przedstawiają zaistniałe uszkodzenia niszczące, gdyż dla usunięcia tego uszkodzenia należy wymienić zły element.

Liczby podane w ostatniej kolumnie są przybliżoną ilością elementów w jednej maszynie.

Ze statystyki wynika, że najczęstszym powodem niesprawności są zimne lutowania. Należy jednak zaznaczyć, że przytłaczającą większość tych uszkodzeń zostały usunięte w wyniku przeglądu wszystkich pakietów.

Uszkodzenia diod DG-2 zasilacza spowodowane były przez tych diod przy obciążeniu nominalnym. Po wmontowaniu dodatkowych diod, uszkodzeń tego typu nie zanotowano.

Stosunkowo najczęstszą przyczyną błędnego działania maszyny były lampy /przerwane włókna żarzenia, spadek prądu emisji poniżej dopuszczalnego, zwarcia międzyelektrodowe, pęknięcia obudowy szklanej itp./, dlatego też przeprowadzono szczegółową analizę tego zjawiska.

5. STATYSTYCZNE UJĘCIE PRZEBIEGU WSTĘPNEJ EKSPLOATACJI.

Eksploatacja wstępna pierwszej serii maszyn typu UMC-1 była początkowo utrudniona ze względu na brak doświadczenia produkcyjnego, jak i brak odpowiednich przyrządów ułatwiających pracę np. autotransformatorów trójfazowych. Mimo, że ogólne założenia wstępnej eksploatacji były znane /Instrukcja Wstępnej Eksploatacji Maszyn Cyfrowych UMC-1/, to jednak brakowało odpowiedzi na kilka istotnych pytań.

1. Po ilu godzinach pracy maszyny należy uważać okres wstępnej eksploatacji za zakończony.
2. Jak postępować, żeby możliwie szybko wykryć wszystkie wady ukryte maszyny.
3. Jakie testy kontrolne stosować w celu wychwycenia wadliwej pracy bardziej złożonych układów maszyny.

Odpowiedzi na powyższe pytania należało szukać we wnioskach po zakończeniu wstępnej eksploatacji serii pierwszych trzech maszyn, a tymczasowo uczyniono następujące założenia:

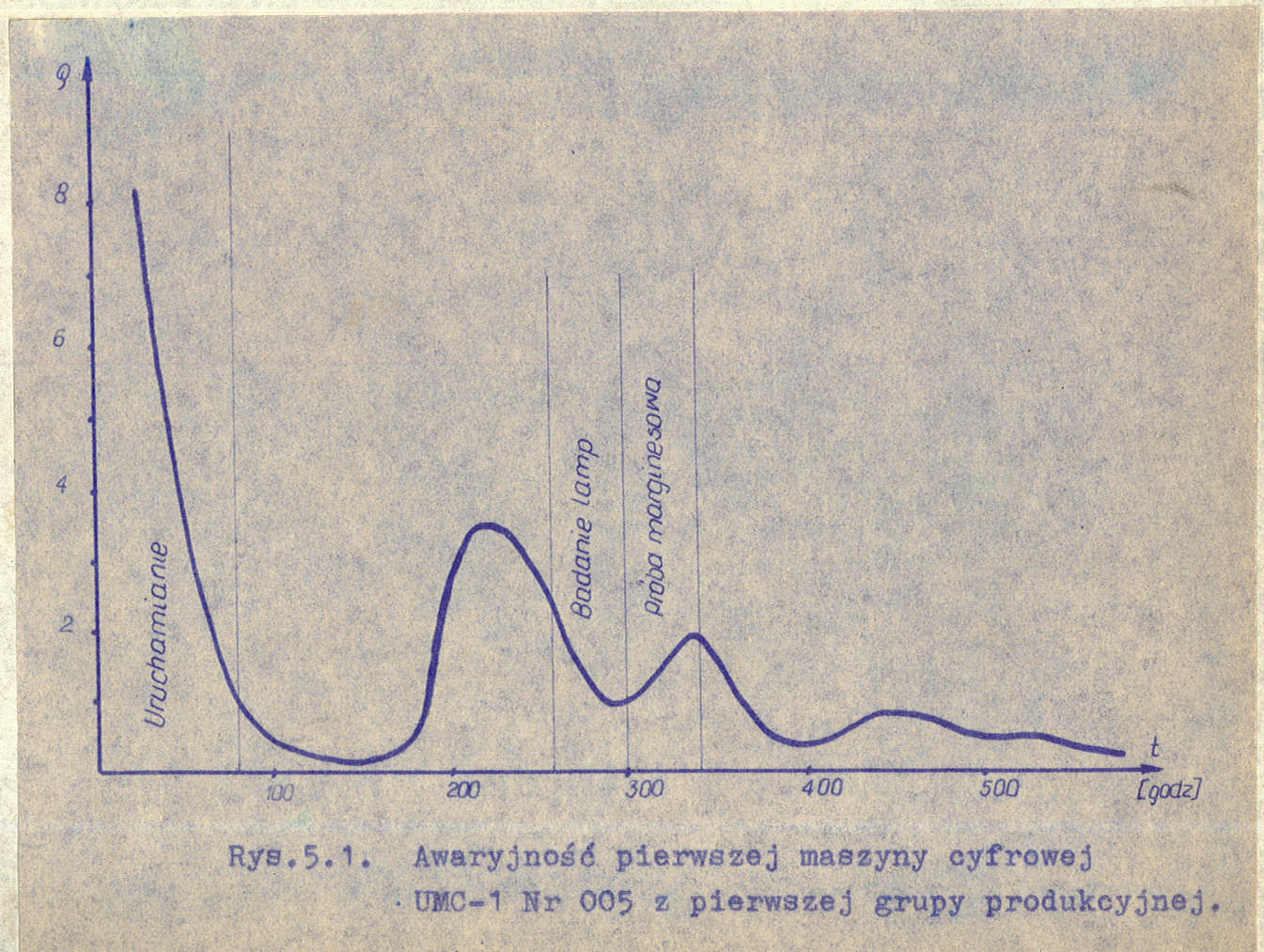
1. Okres eksploatacji wstępnej winien trwać około 500 godzin.
2. Po uruchomieniu maszyny przejść do eksploatacji ciągłej.
3. Sprawdzać pracę maszyny następującymi testami
   a/ testami układu wejścia - wyjścia D-1, D-2,
   b/ testami pamięci P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7,
   c/ testem działań arytmetycznych A-1

c/ testem sprawdzającym układ automatyki dzielenia A-2.

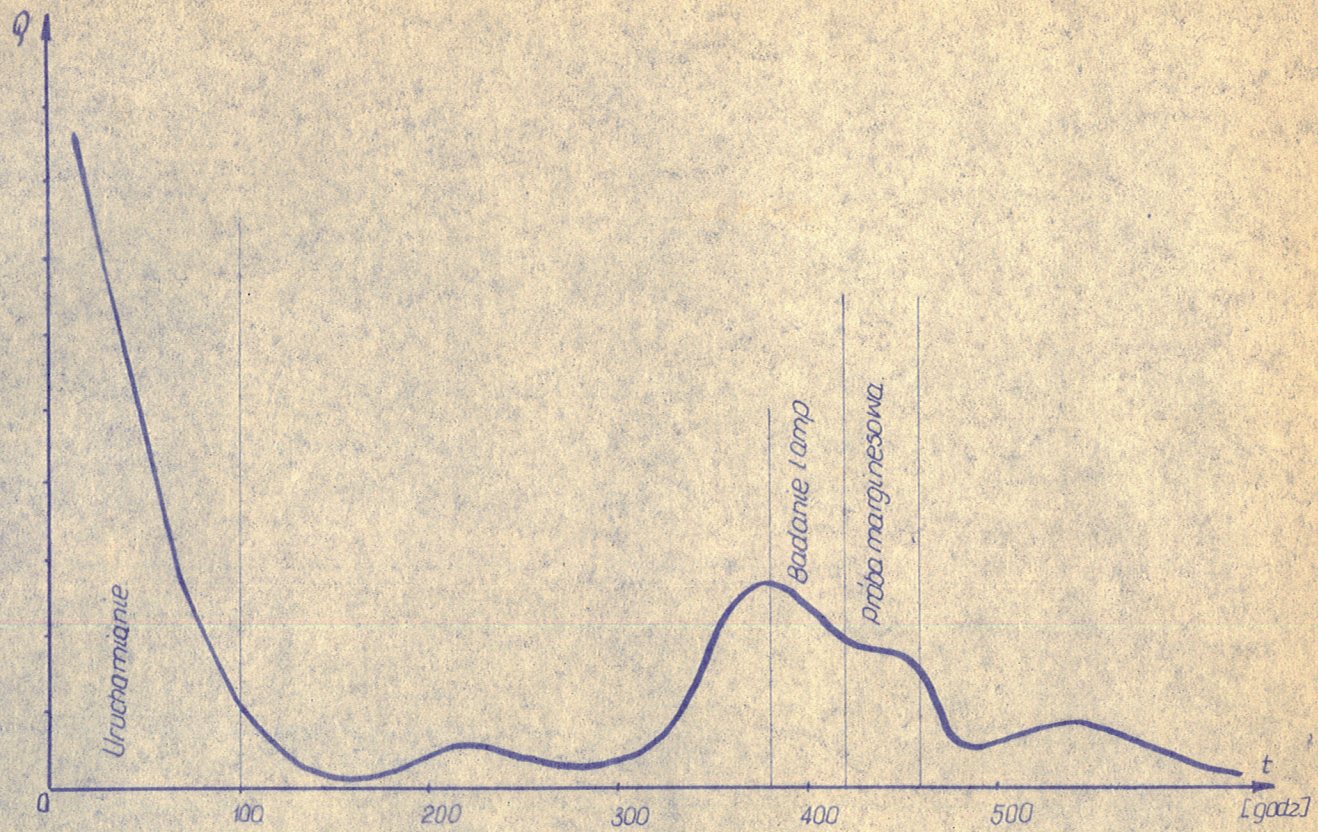
4. Powstałe uszkodzenia usuwać notując te przypadki.
5. Wykonać próby marginesowe maszyny /
6. Przebiegać wszystkie lampy maszyny po około 500 godz. pracy lamp.

Ilustracja graficzna przebiegu wstępnej eksploatacji poszczególnych maszyn UMC-1.

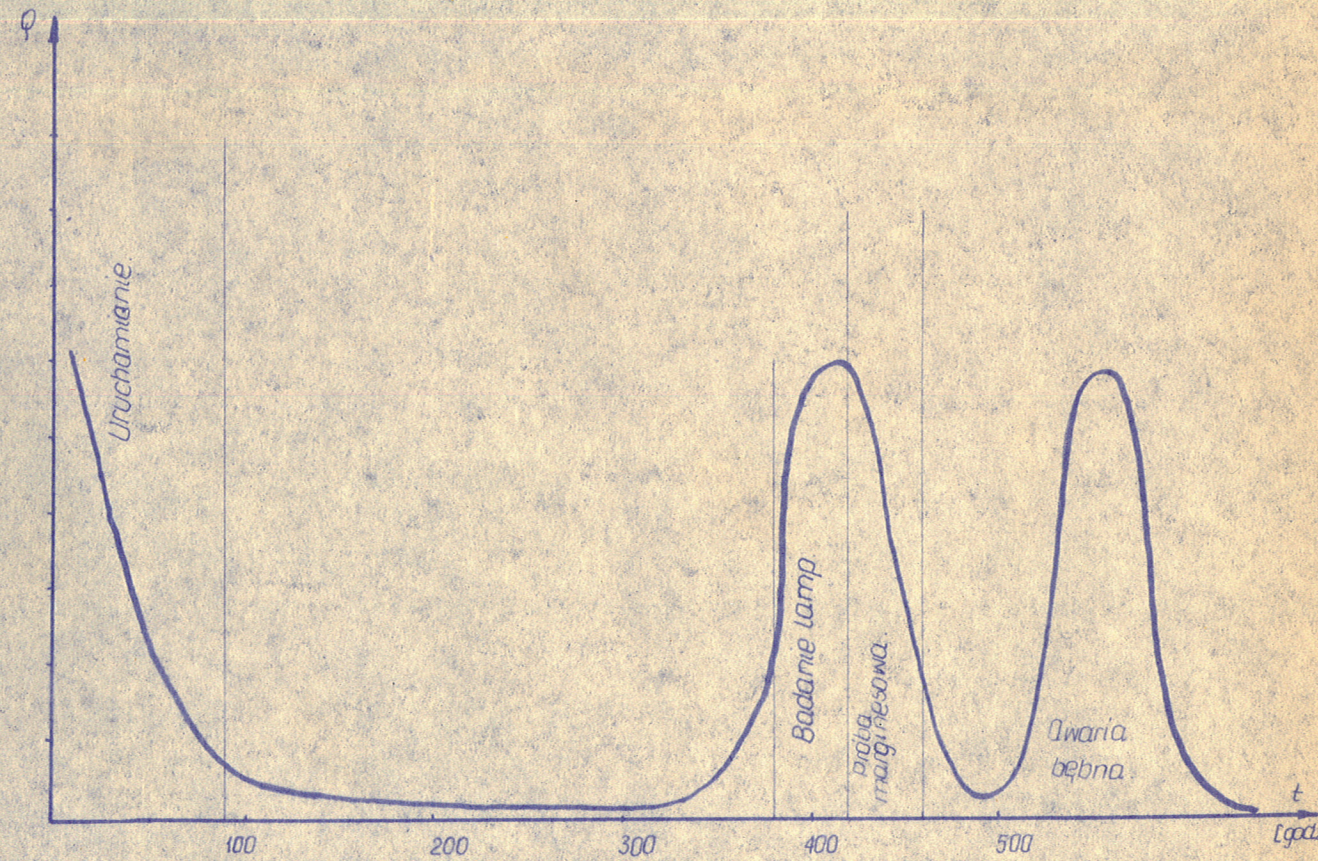
Q - liczba uszkodzeń statystycznie przypadająca na 20 godzin pracy.



Rys.5.1. Awaryjność pierwszej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 005 z pierwszej grupy produkcyjnej.



Rys. 5.2. Awaryjność drugiej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 006 z pierwszej grupy produkcyjnej.



Rys. 5.3. Awaryjność trzeciej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 007 z pierwszej grupy produkcyjnej.

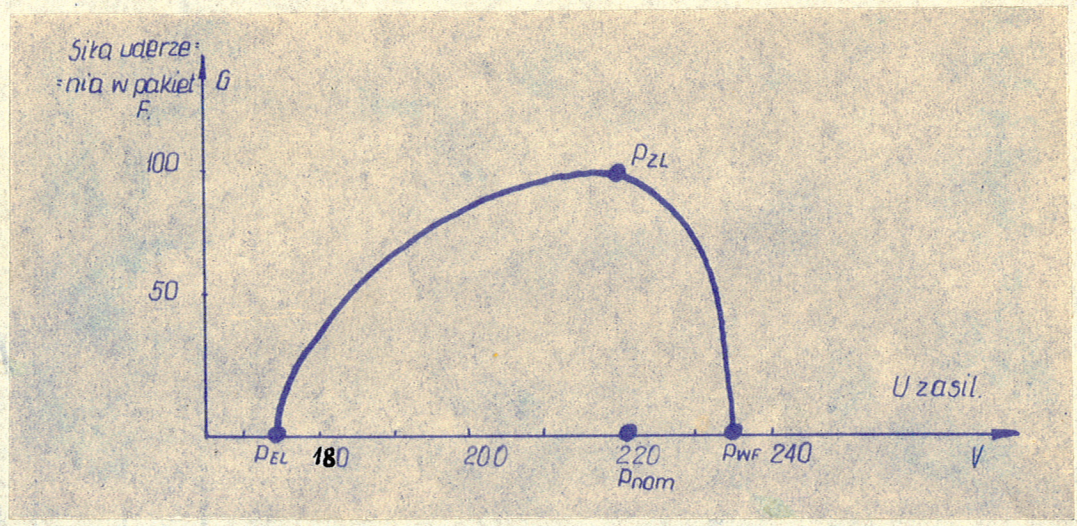
Analizując powyższe wykresy można zauważyć następujące prawidłowości:

1. W ciągu pierwszych około 200 godzin pracy maszyny awaryjność jest dosyć niska, później zaczyna wzrastać. W okresie wzrostu awaryjności większość uszkodzeń spowodowana była uszkodzeniem lamp /zagadnienie to zostało szczegółowo omówione w następnym rozdziale/ i zimnymi lutowaniami.
2. Po wykonaniu prób marginesowych awaryjność maszyny w przeciągu około 200 godzin nigdy nie wzrosła powyżej poziomu jaki osiągnęła przy próbach marginesowych. /Przypadek maszyny Nr 007 należy potraktować jako przypadek losowy/.

W oparciu o powyższe prawidłowości można postawić następujące tezy:

I. Celem skrócenia okresu wstępnej eksploatacji maszyny cyfrowej należy bezpośrednio po jej uruchomieniu wykonać próbę marginesową z tym, że powinna się tak dobrać parametry marginesów, żeby uwzględnić wykrycie zimnych lutowań oraz wychwycenie tych lamp, które w późniejszym okresie mogą powodować niesprawność maszyny głównie wskutek zmniejszenia się prądu emisji.

Do prób marginesowych maszyny przyjęto dwuwymiarową przestrzeń parametrową przedstawioną na rysunku 5.4.



Rys. 5.4. Przebieg parametrów prób marginesowych.

P_{nom} - nominalny punkt pracy maszyny.

P_{EL} - punkt zapewniający poprawną pracę maszyny przy zmniejszonej emisji lamp.

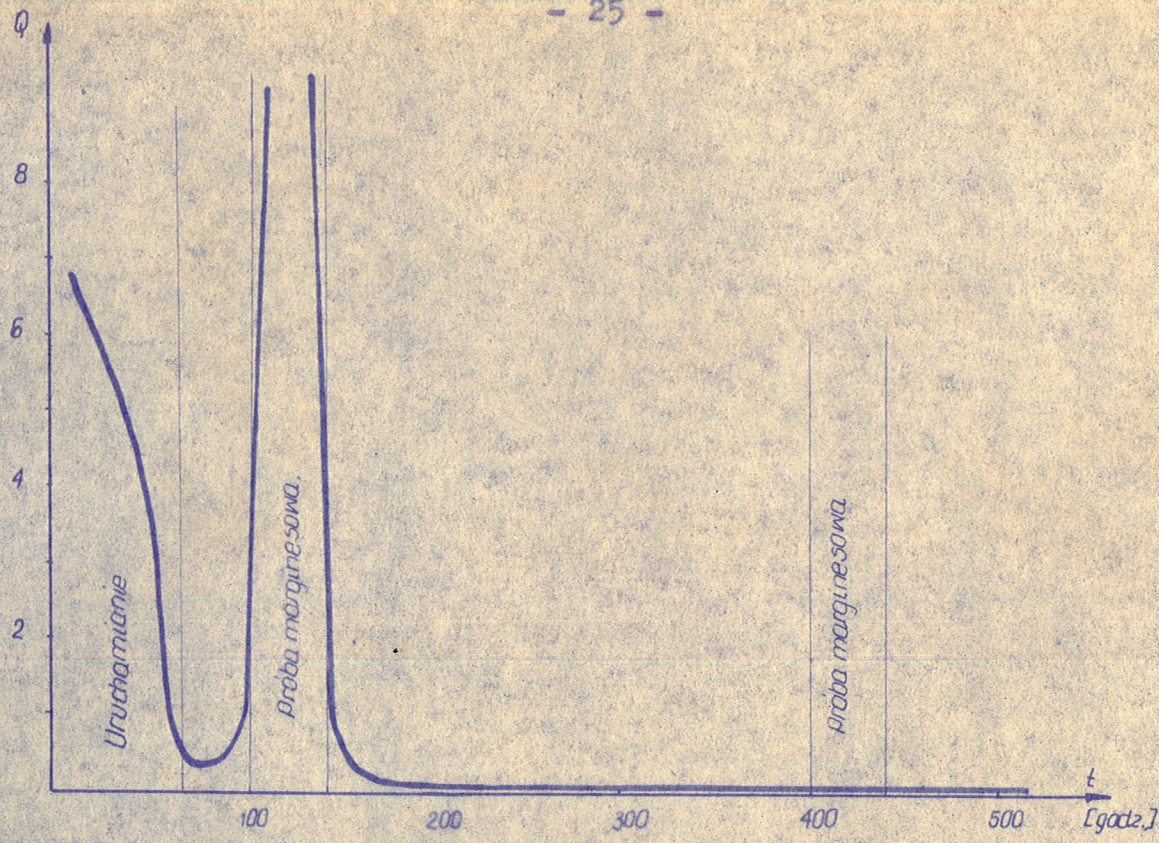
P_{ZL} - pseudopunkt pracy maszyny pozwalający wykryć większość zimnych lutowań.

P_{WF} - punkt zapewniający poprawną pracę maszyny przy for sownych warunkach zasilania.

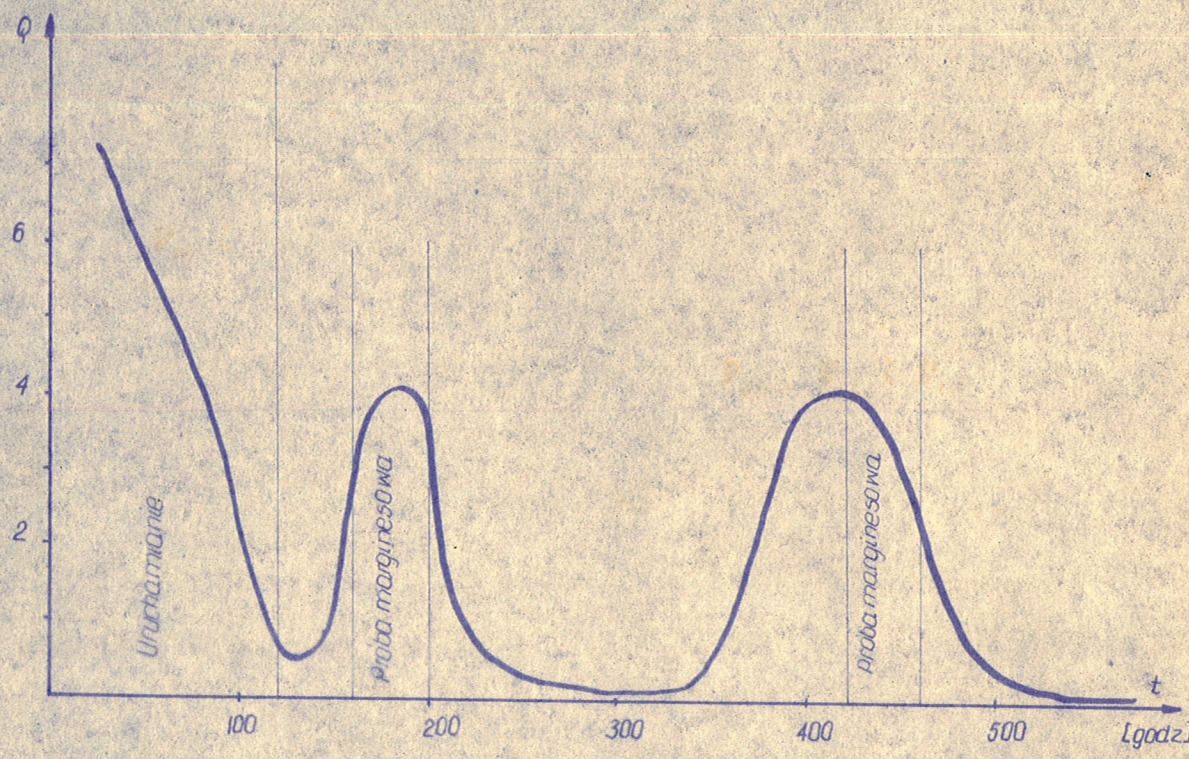
Próba marginesowa maszyny polega na tym, że ustalony punkt pracy urządzenia kolejno w jednym z punktów P_{EL}, P_{ZL}, P_{WF} i sprawdza się poprawność pracy maszyny kolejno wszystkimi testami kontrolnymi. Wyniki prób uważa się za dodatnie jeśli w każdym z punktów P_{EL}, P_{ZL} i P_{WF}, każdy z testów trzykrotnie da prawidłowy wynik.

II. Po okresie 300 godzin pracy maszyny przeprowadzić drugą próbę marginesową.

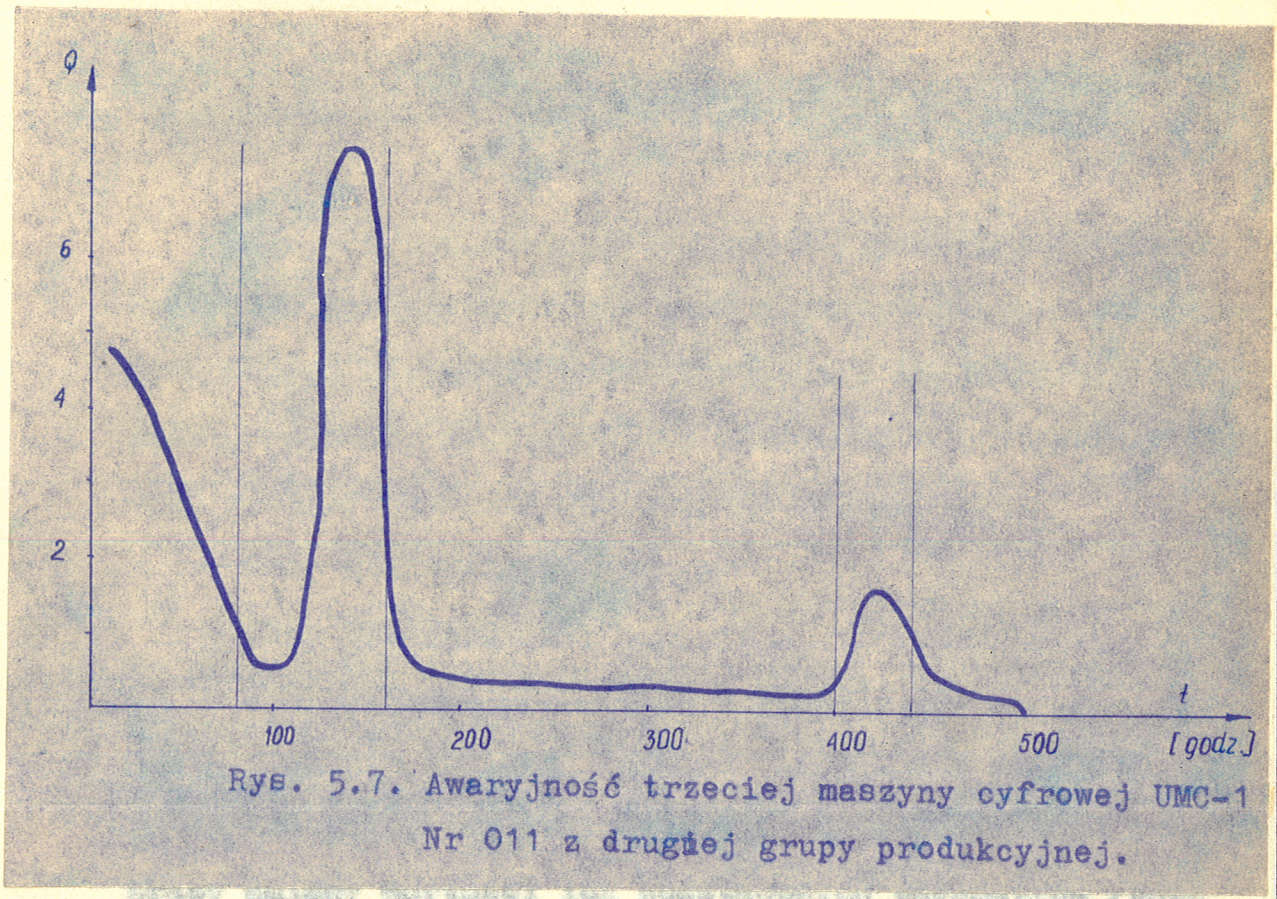
W czasie wstępnej eksploatacji trzech maszyn cyfrowych z drugiej grupy produkcyjnej uwzględniono powyższe tezy. Ilustrację graficzną przebiegu wstępnej eksploatacji maszyn z drugiej grupy podają rysunki 5.5., 5.6., 5.7.,



Rys. 5.5. Awaryjność pierwszej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 009 z drugiej grupy produkcyjnej.



Rys. 5.6. Awaryjność drugiej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 012 z drugiej grupy produkcyjnej.



Rys. 5.7. Awaryjność trzeciej maszyny cyfrowej UMC-1 Nr 011 z drugiej grupy produkcyjnej.

W konkluzji należy stwierdzić, że testy I i II są skuteczne. Dowodzi to na przykładzie maszyn Nr Nr CC9, C11, gdzie próby marginesowe wykonano bardzo skrupulatnie. Awaryjność tych maszyn w przeciągu około 400 godzin od chwili przeprowadzenia pierwszej próby, utrzymywała się w granicy zera. Maszyna Nr CC9, wytrzymywała nawet następną próbę marginesową po 400 godzinach pracy.

6. STATYSTYKA LAMP I ZWIĄZANY Z NIĄ MATERIAŁ MATEMATYCZNY.

Jednym z podstawowych warunków poprawnego działania ~~działanie~~ maszyny cyfrowej jest poprawna praca zastosowanych w niej elementów przełączających. Aby zapewnić taką pracę, elementy przełączające stosowane w maszynach cyfrowych powinny spełniać następujące wymagania:

- duża niezawodność
- duża trwałość
- mały rozrzut parametrów w punkcie pracy.

Wymagania obejmują również warunek aby elementy przełączające pracowały stabilnie tzn. żeby zachodzące podczas pracy zmiany wartości ich podstawowych parametrów /ech nierealnych/ były w czasie możliwie małe.

Rolę elementów przełączających w maszynie cyfrowej UMC-1 spełniają lampy elektronowe. Wymagania wyżej wymienione odnośnie lamp spełniają lampy specjalnej jakości SQ /SPECJAL QUALITY/.

W rozpatrywanej przez nas serii maszyn cyfrowych UMC-1 zastosowano lampy rynkowe ECC85 /88 %/, EL84 /7,4%/, EF80 /4%/ i EL81 /0,5%/; /w nawiasach podano procentowe ujęcie lamp w maszynie/.

Ponieważ lampy ECC85 stanowią pod względem ilościowym podstawowy element przełączający UMC-1, w naszych rozważaniach będziemy opierać się głównie na materiale statystycznym zebranym dla tych lamp.

W celu przygotowania lamp ECC85 do produkcji m.c. UMC-

poddaje się je starzeniu przez około 100 godzin a następnie dokładnej selekcji. Podczas selekcji przyporządkowuje się badanej lampie odpowiednią klasę w zależności od prądu emisji obu jej połówek w punkcie pracy U_a = + 140V i U_s = 0V. Warunkiem żeby lampa znalazła się w jednej z klas jest to aby prądy emisji obu jej połówek mieściły się w przedziale wyznaczonym dla którejkolwiek klasy oraz aby prąd emisji przy U_a = + 140 V i U_s = - 6 V nie był większy niż 100 μA. Lampy uważa się za nieodpowiednie do pracy w układach m.c. UMC-1, jeżeli nie spełniają wyżej podanego warunku przynależności do jednej z wymienionych klas:

klasa lamp	granice prądu emisji obu połówek /mA/
żółta	11,5 - 13
zielona	12,5 - 14
czerwona	13,5 - 14,5
niebieska	14 - 15,5
biała	15 - 16

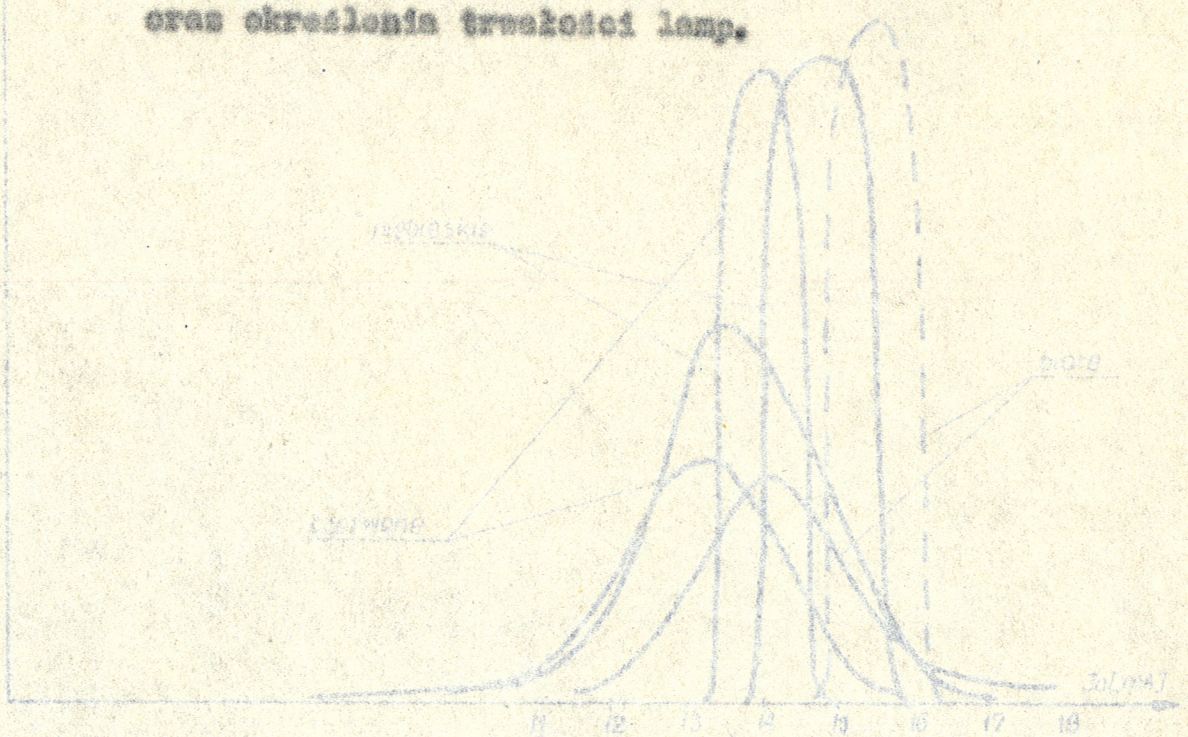
Z grupy lamp ECC85 produkcji NRD obecnie stosowanych w UMC-1 po starzeniu i selekcji przekazano zostaje do produkcji 20 - 30% lamp, dla lamp ECC85 produkcji polskiej /TRIAN/ stosowanych w serii prototypowej procent ten wynosił odpowiednio 40 - 50%. Po drugim etapie wstępnej eksploatacji czyli po około 500 godzinach pracy lamp przeprowadzono pomiary prądu emisji wszystkich lamp UMC-1.

6.1. MATERIAŁ STATYSTYCZNY.

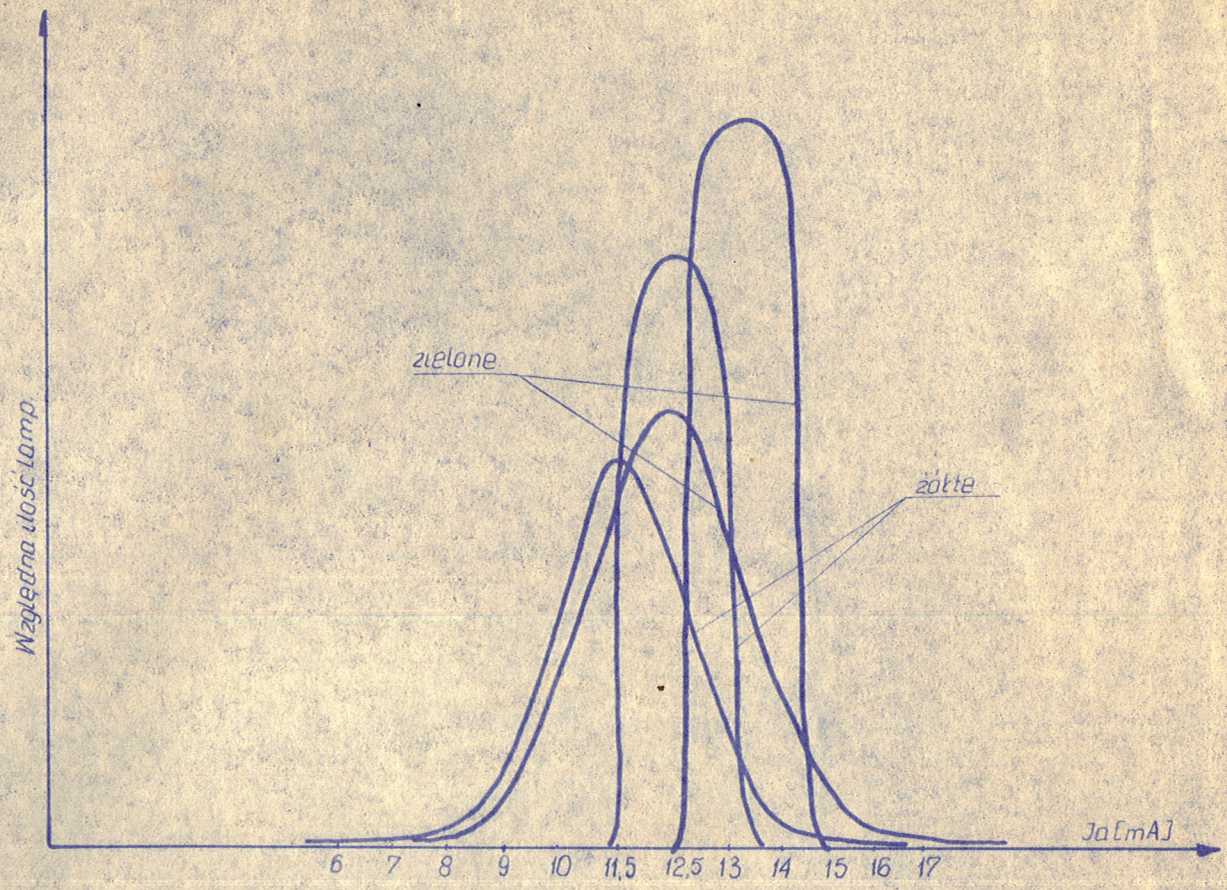
W statystyce ujęto około 2.500 lamp ECC85. Powyższa liczba obejmuje lampy z czterech zmian, przy czym dla porównania przedstawiono wyniki badań lamp produkcji ZELAM z UKC-1 serii prototypowej Nr X - 01 oraz lamp produkcji MRD z trzech UKC-1 produkcji 1963 Nr Nr 003, 006, 007.

Wyniki ujęto w postaci wykresów dla poszczególnych klas lamp z zmian objętych tą statystyką. Przyjęto układ współrzędnych gdzie oś x oznacza wartość prądu emisji lamp, a oś y obrazuje względną ilość lamp tak, że wykresy przedstawiają względną ilość lamp o danym /zaobserwowanym/ prądzie emisji.

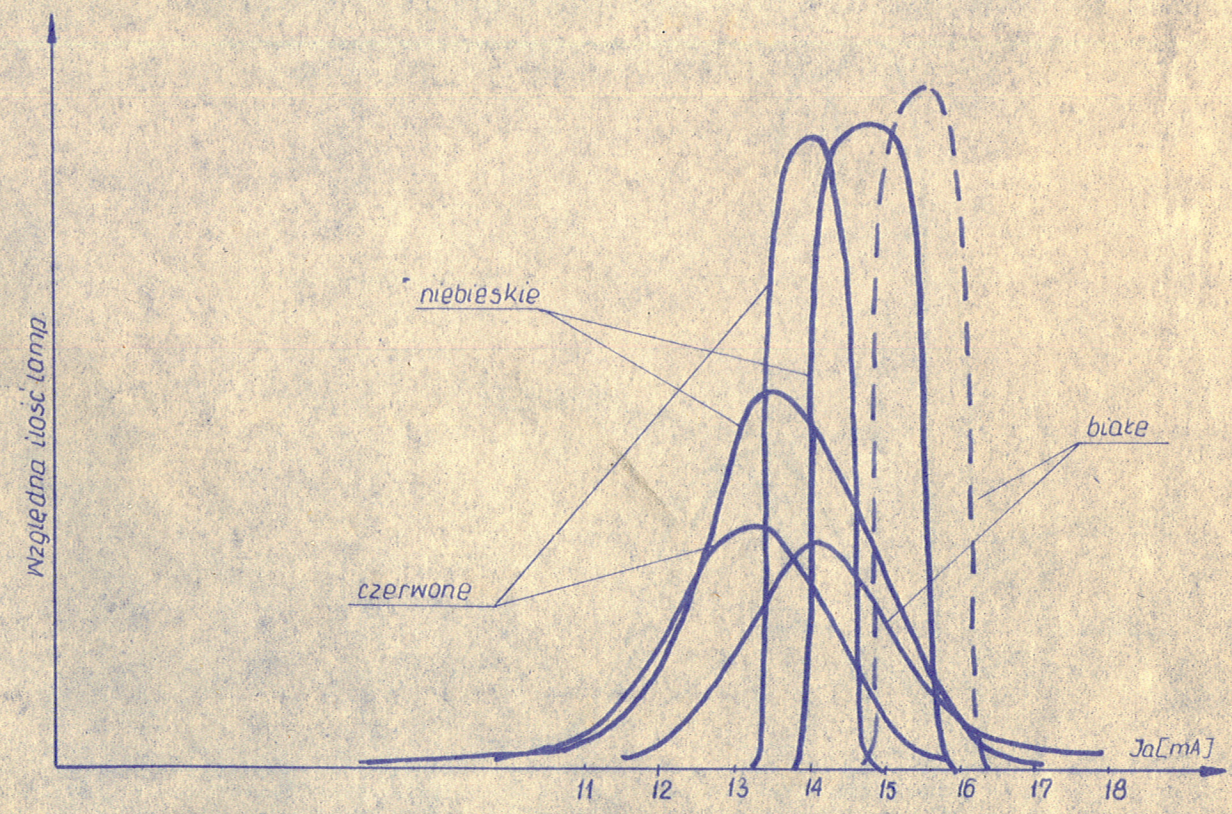
Wykresy te zostały wykorzystane do obliczeń równoważnej częstości uszkodzeń H /t/, intensywności uszkodzeń oraz określenia trwałości lamp.



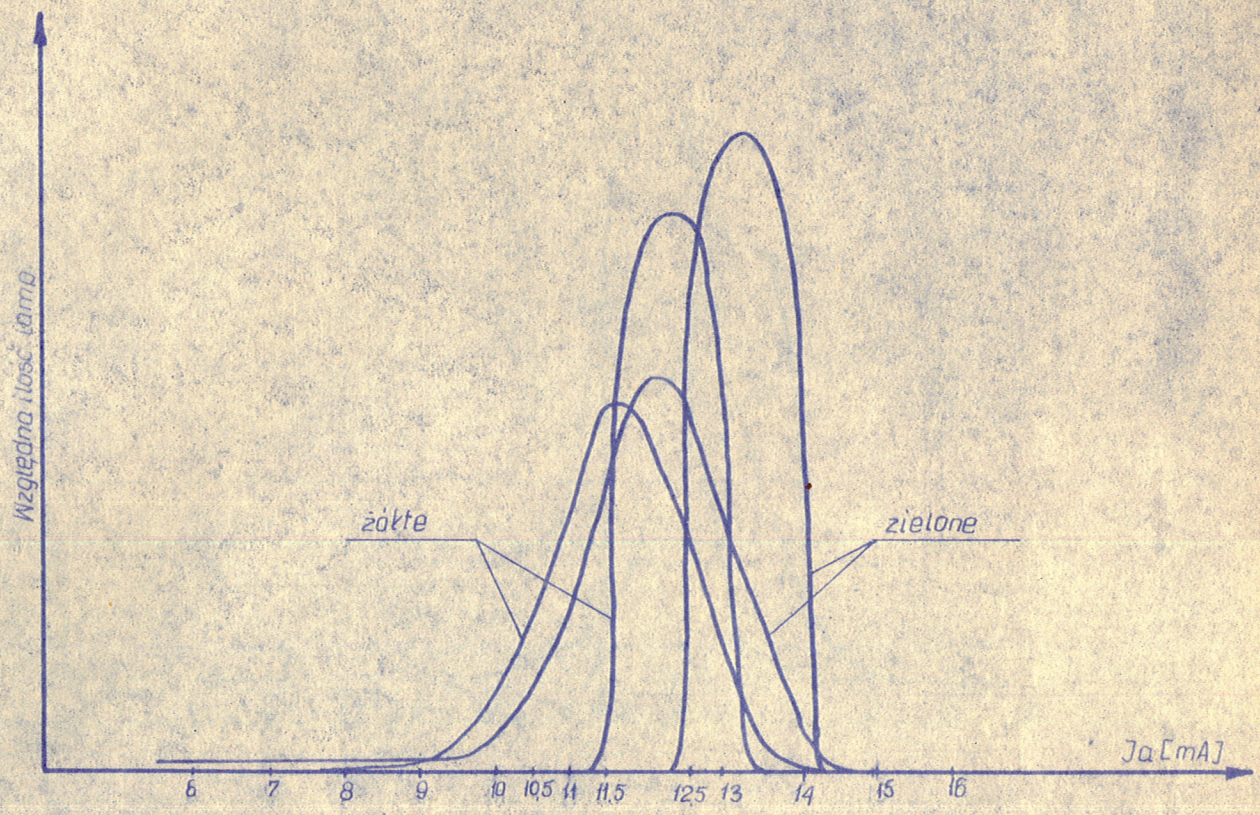
Wyniki badań lamp UKC-1 nr 005.



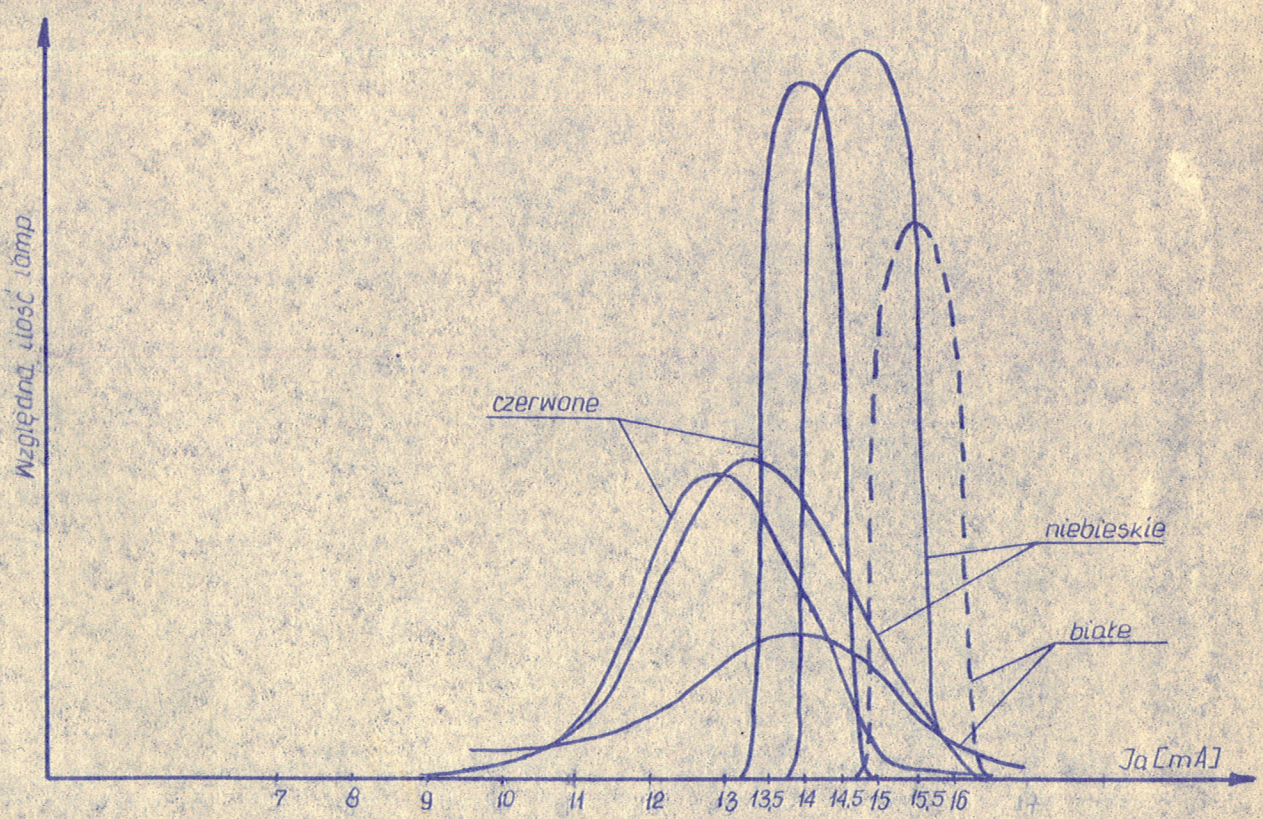
Wyniki badań lamp UMC-1 nr 005.



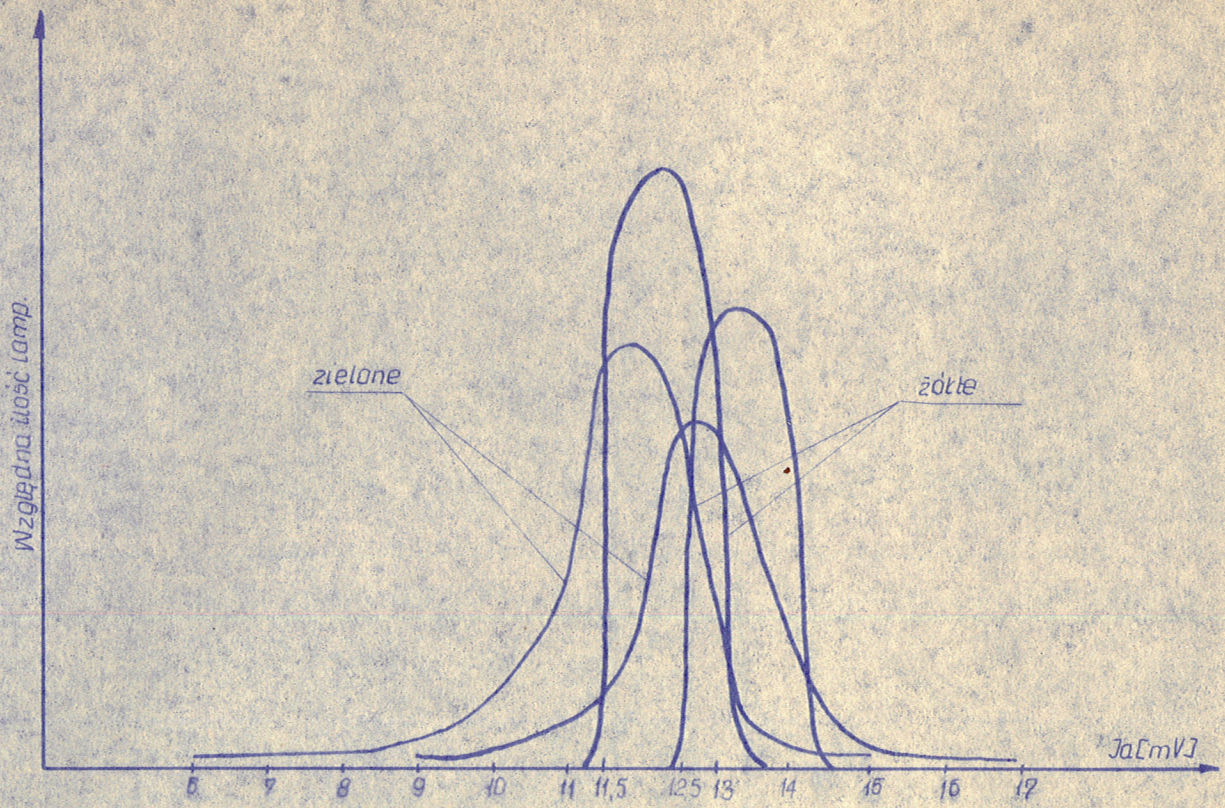
Wyniki badań lamp UMC-1 nr 005.



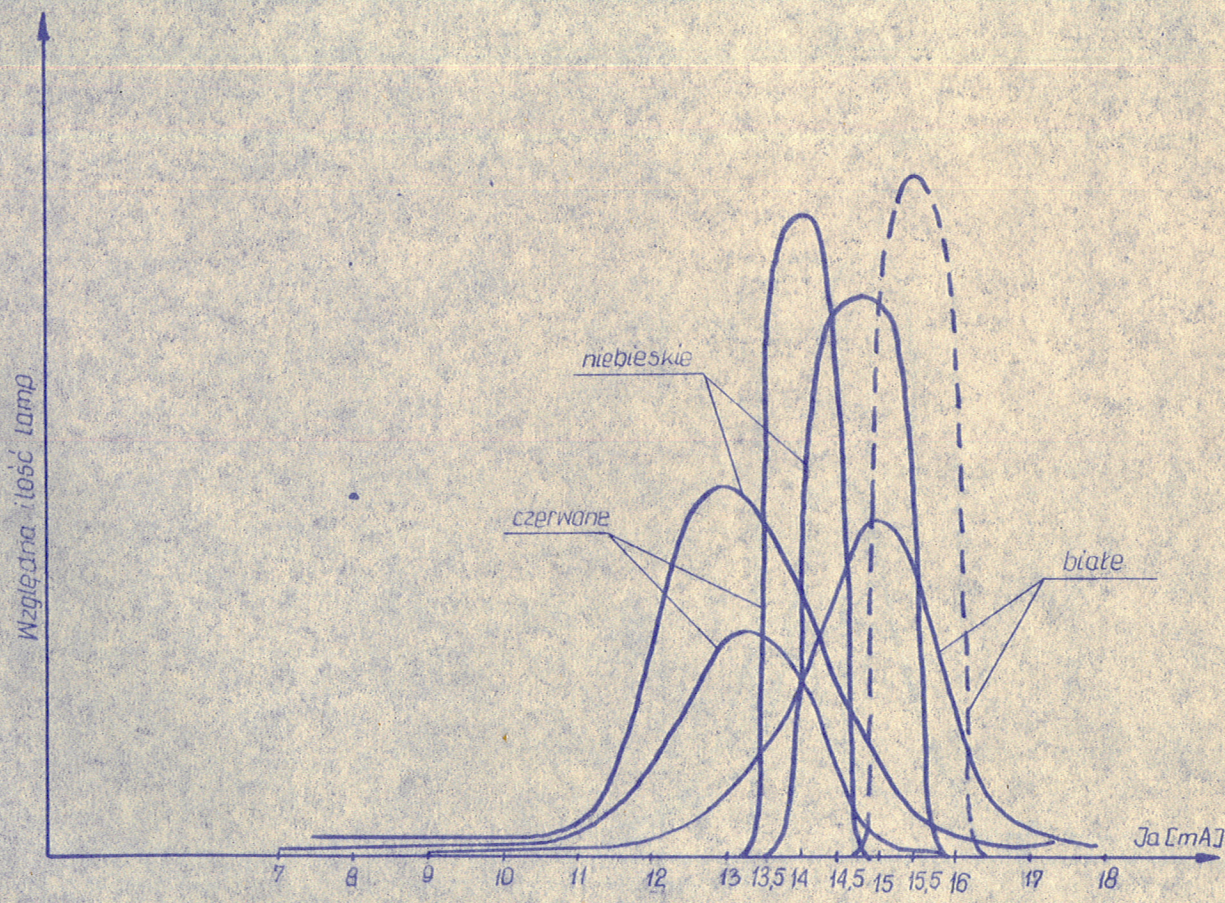
Wyniki badań lamp UMC-1 nr 006.



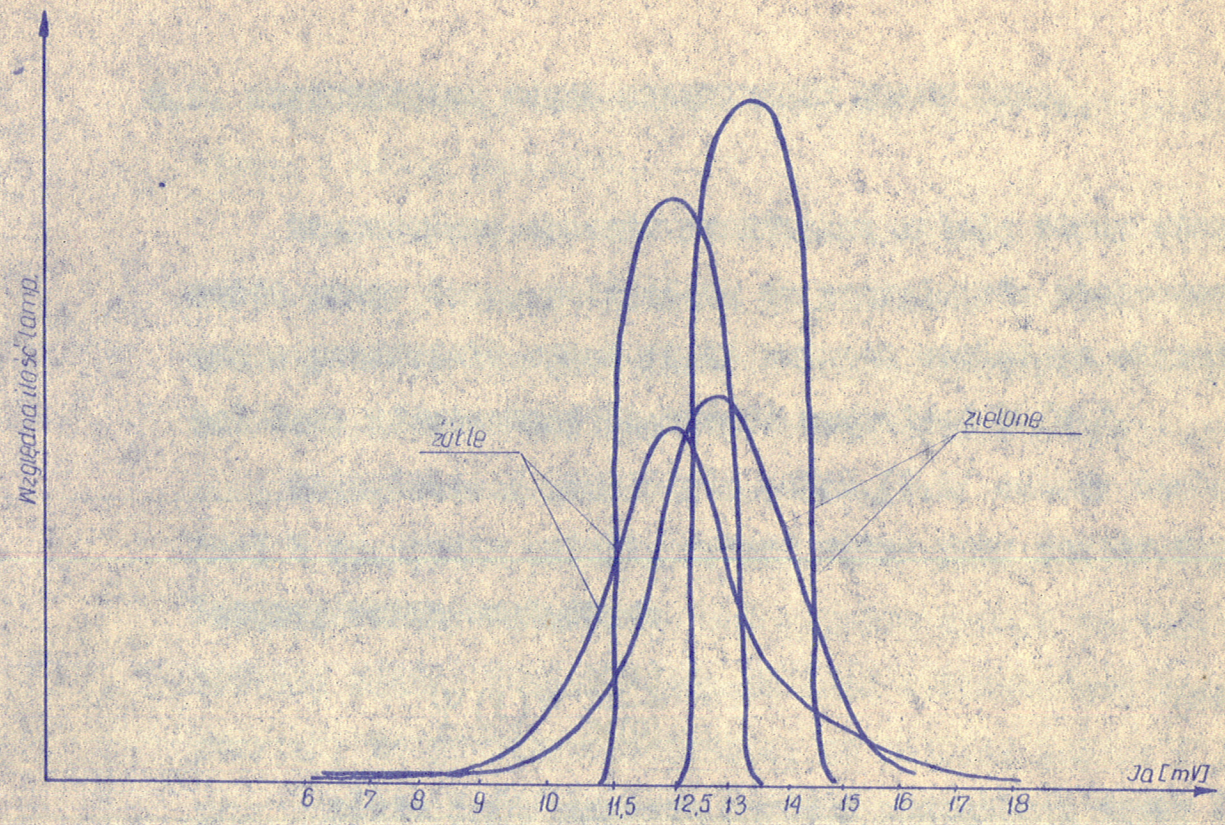
Wyniki badań lamp UMC-1 nr 006.



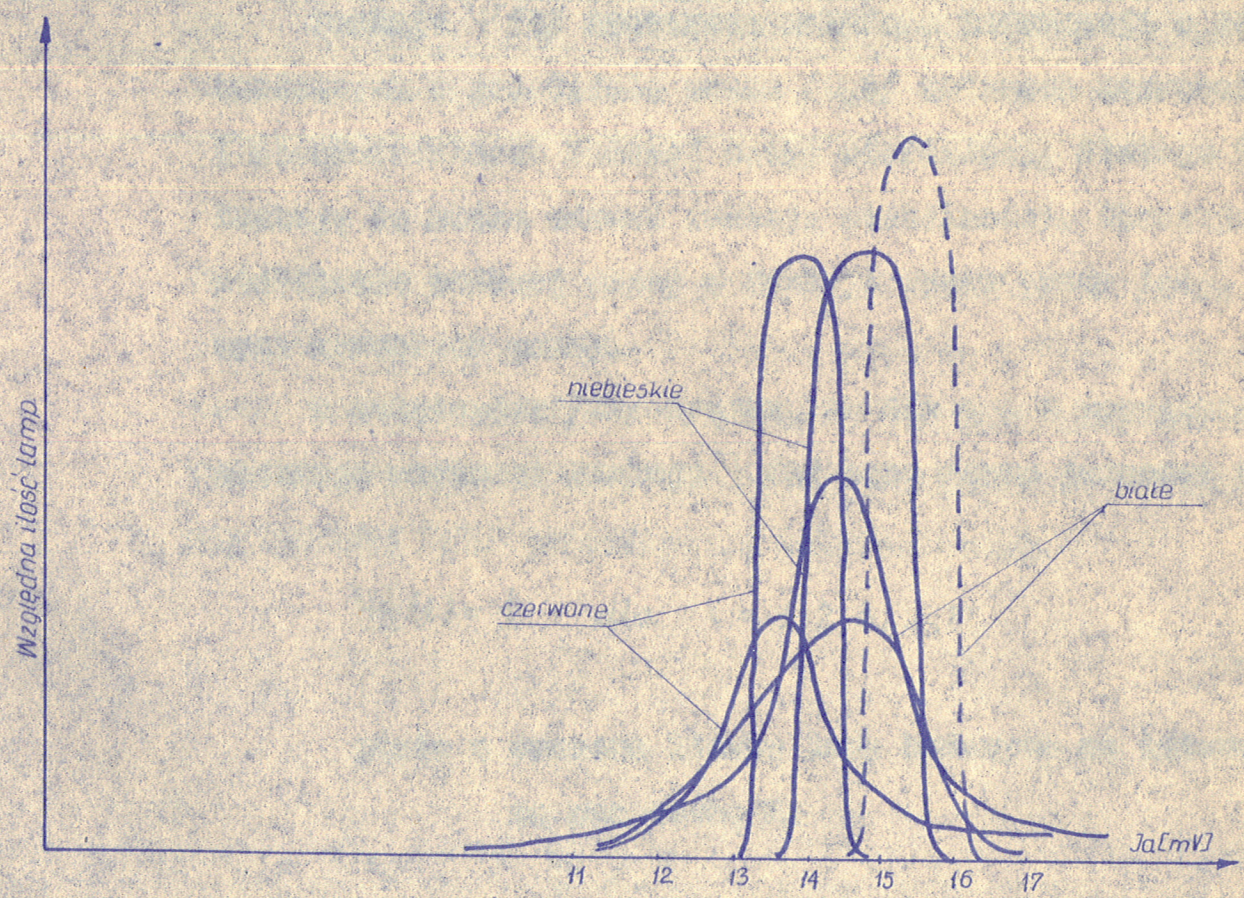
Wyniki badań lamp UMC-1 nr 007.



Wyniki badań lamp UMC-1 nr 007.



Wyniki badań lamp UMC-1 nr X-01.



Wyniki badań lamp UMC-1 nr X-01.

6.2. STATYSTYCZNA OCENA STABILNOŚCI PRACY LAMP.

Rozpatrzymy obecnie praktyczną metodę oceny stabilności pracy lamp, polegającą na przypisaniu zachowywanym w przedziale czasu /0,t/ zmianom względnym właściwości lamp równoważnej częstości uszkodzeń H /t /.

Zachodzące w przedziale czasu /0,t/ zmiany cechy mierzalnej X np. prądu emisji, opisać można przy pomocy funkcji losowej zmian względnych

$$\Psi(t) = \frac{X(t)}{X(0)} \qquad (22)$$

gdzie X /0/ oznacza wartość początkową cechy X a X /t/ wartość tej cechy po czasie pracy t.

Funkcja $\Psi(t)$ dostarcza maksimum informacji o zachodzących w przedziale czasu /0,t/ zmianach odwracalnych i nieodwracalnych badanej cechy mierzalnej, dlatego też funkcję tę można nazwać funkcją stabilności. Obrazuje ona stabilność badanej cechy w funkcji czasu pracy lamp, w danych warunkach pracy.

Z zależności /22/ wynika, że dla t = 0 wszystkie realizacje wartości funkcji $\Psi(t)$ będą równe jedności tzn.

$$\Psi_i(t) = 1 \quad \text{dla} \quad i = 1,2,3,\ldots,n$$

gdzie n oznacza liczbę lamp badanych na interesującą nas cechę X.

Zauważa to, że wartość chwilowa $\Psi(0)$ jest wielkością stałą i równą jedności.

Dla czasu pracy $t>0$ wartość chwilowa $\Psi/t/$ jest zmienną losową, przy czym rozkład jej na ogół nie jest normalny. Z dostateczną dla praktyki dokładnością można przyjąć, że prawie wszystkie możliwe realizacje zmiennej losowej $\Psi/t/$ zawarte są w przedziale 3- sigmowym.

W przypadku prądu anodowego lub innych cech X określających lampy interesuje nas głównie spadek wartości badanej cechy. Z wystarczająco dużą dokładnością można przyjąć, że prawdopodobieństwo, iż zmienna losowa $\Psi/t/$ przyjmie wartość mniejszą niż dolny kres przedziału 3- sigmowego jest zaledwie małe i można je uważać za prawie równe zeru. Wynika z tego niemożliwość zaobserwowania w próbce wartości

$$\Psi_{gr}(t) = \overline{\Psi}(t) - 3\delta_{\Psi(t)} \qquad (23)$$

będącej oszacowaniem na chwilowej wartości funkcji $\Psi_{gr}/t/$, stanowiącej w przybliżeniu dolną granicę możliwych realizacji funkcji stabilności $\Psi/t/$ dla interesującej nas cechy X. Wartość średnia $\overline{\Psi}/t/$ i odchylenie średnie $\delta_{\Psi(t)}$ zmiennej losowej $\Psi/t/$ określone są zależnościami:

$$\overline{\Psi}(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Psi_i(t) \qquad (24)$$

$$\delta_{\Psi(t)} = \frac{1}{n}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n}\Psi_i^2(t) - \left[\sum_{i=1}^{n}\Psi_i(t)\right]^2} \qquad (25)$$

gdzie n - liczba lamp badanych na cechę X po czasie pracy t.

$\Psi_i/t/$ - zaobserwowana wartość zmiennej losowej $\Psi(t)$ dla i - tej lampy.

Funkcja stabilności $\Psi/t/$ może obok zmian względnych badanej cechy X odzwierciedlać również występujące uszkodzenia polegające na niespełnieniu wymagań dla cech, w odniesieniu do których stosowana jest klasyfikacja alternatywna lamp na dobre i niedobre. Wymaganiem dla cech może być przykładowo prąd emisji pobranej wartości dopuszczalnej lub brak zwarć międzyelektrodowych.

Załóżmy, że badaniom poddano n lamp, z których po czasie pracy t wymagania dla cech spełniło $n/t/$ lamp a $m/t/ = n - n/t/$ lamp nie spełniło tych wymagań /którejkolwiek/ tzn. wykazało uszkodzenia. Przypisujemy lampom uszkodzonym $\Psi_i/t/ = 0$ przy tym jest $m/t/$ wartości $\Psi_i/t/=0$ oraz $n/t/$ wartości $\Psi_i/t/ > 0$, gdyż lampom spełniającym wymagania dla cech przyporządkowuje się wartości $\Psi_i/t/ > 0$.

Dla przypadku założenia, że wszystkie lampy nieuszkodzone wykazały idealną stabilność zaobserwowanej w próbce wartości $\Psi_{gr}/t/ = \overline{\Psi}/t/ - 3\sigma_{\Psi(t)}$ można przypisać równoważną częstość uszkodzeń $h^x/t/$ spełniającą zależność

$$\Psi_{gr}(t) = 1 - h^x(t) - 3\sqrt{h^x(t)[1-h^x(t)]} \qquad (26)$$

Wartość $h^x/t/$ równoważnej częstości uszkodzeń mówi, że zaobserwowanej w próbce wartości $\Psi_{gr}/t/$ w przypadku idealnej stabilności pracy lamp nieuszkodzonych uzyskano przy liczbie uszkodzeń $m/t/ = n \cdot h^x/t/$.

Dla wyznaczenia wartości rzeczywistej $h^x/t/$ korzystać należy z tego, że równoważna częstość uszkodzeń $h^x/X,t/$ odzwierciedlająca zaobserwowane zmiany względne wartości cechy X nie zależy od rzeczywistej wartości uszkodzeń

$$h^x(t) = \frac{m(t)}{n}$$

Równoważna częstość uszkodzeń $H/t/$ uwzględniająca zarówno uszkodzenia zupełne jak i stabilność cechy X, dana będzie wzorem

$$H(t) = \frac{1}{n}\left[m(X,t) + n(X,t) \cdot h^x(X,t)\right] \qquad (27)$$

gdzie n - liczebność próbki

$m/X,t/$ - liczba lamp nie spełniających w chwili t wymagań dla cech X,

$n/X,t/$ - liczba lamp spełniających w chwili t wymagania dla cech X,

$h^x/X,t/$ - równoważna częstość uszkodzeń w chwili t, odpowiadająca zaobserwowanym zmianom wartości cechy X.

Wyznaczoną w ten sposób równoważną częstość uszkodzeń $H/t/$ matematycznie można traktować jako rzeczywistą częstość uszkodzeń i wykorzystywać do analizy stabilności.

trwałości i niezawodności lamp.

W pracy naszej opieraliśmy się na przedstawionej wyżej metodzie, przy pomocy której wyznaczyliśmy H /t/ dla lamp ECC85 wszystkich klas z próbki o liczebności $n = 2.500$ podzielonej wg maszyn po $n_o = 625$.

Przy obliczeniach przyjęto następujące założenia:

$\Psi_i = 1$ - dla lamp pozostających we właściwej klasie.

$\Psi_i = 0,8$ - dla lamp o prądzie anodowym zmierzonym o 0,5 mA od dolnej granicy przedziału przyjętego dla danej klasy.

$\Psi_i = 0,6$ - dla lamp o prądzie anodowym zmierzonym odpowiednio o 1 mA.

$\Psi_i = 0,4$ - dla lamp o prądzie anodowym zmierzonym odpowiednio o 1,5 mA.

$\Psi_i = 0,2$ - dla lamp o prądzie anodowym zmierzonym odpowiednio o 2 mA.

$\Psi_i = 0$ - dla lamp uszkodzonych, przy czym za lampy uszkodzone uważa się te, których prąd anodowy jest zmierzony o więcej niż 2 mA od dolnej granicy przedziału przyjętego dla danej klasy lub o prądzie J_a przy $U_S = -6$ V $J_a \geq 100 \mu A$ oraz lampy o uszkodzeniach mechanicznych.

Założenia te wynikają z obserwacji poczynionych przy próbach marginesowych określonych warunkami technicznymi. Lampy o prądzie emisji opisanym przy $\Psi_i = 0$ nie zawsze pracowały prawidłowo.

6.3. INTENSYWNOŚĆ USZKODZEŃ I ŚREDNIA TRWAŁOŚĆ LAMP.

Jeżeli mamy zbiór lamp o liczebności n przy czym w chwili rozpoczęcia pracy / t = 0 / wszystkie lampy pracują poprawnie a po czasie pracy t jest m /t/ lamp uszkodzonych i n /t/ = n - m /t/ lamp spełniających stawiane im wymagania, to niezawodność tych lamp można w prosty sposób określić wyrażeniem

$$R(t) = \frac{n(t)}{n} = 1 - \frac{m(t)}{n} \qquad (28)$$

gdzie

$$\frac{m(t)}{n} = H(t) \qquad (29)$$

dla powyższych założeń słuszna będzie również zależność

$$R(t) = \frac{n(t)}{n} = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t)dt\right] \qquad (30)$$

znana jako równanie Wiemera.

Przy założeniu, że intensywność uszkodzeń λ = const. mamy

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad (31)$$

wyrażenie to znane jest jako wykładnicze prawo niezawodności.

Czas poprawnej pracy lamp tzn. bez wystąpienia uszkodzeń, nazywamy jej trwałością.

Jeżeli czas poprawnej pracy lamp /trwałość/ potraktujemy jako zmienną losową i oznaczymy ją przez ϑ to

$$R(t) = P\{\vartheta > t\} \tag{32}$$

Jeżeli znamy rozkład trwałości lamp w badanej populacji oznaczymy przez $f(t)$, to

$$R(t) = P\{\vartheta > t\} = \int_0^t f(t)\,dt = 1 - \Phi(t) \tag{33}$$

gdzie $\Phi(t)$ oznacza dystrybuantę rozkładu trwałości.

Uwzględniając zależność /33/ ze wzoru /31/ wynika, że

$$f(t) = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d[1-R(t)]}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \tag{34}$$

oznacza to, że przyjętym założeniu λ = const. odpowiada wykładniczy rozkład trwałości lamp w populacji.

Wartość oczekiwana /średnia w populacji/ zmiennej losowej ϑ, reprezentującej trwałość lamp, dana jest wówczas wzorem

$$E[\vartheta] = \frac{1}{\lambda} \tag{35}$$

Liczba uszkodzeń k w przedziale czasu $(0,t)$ jest również zmienną losową $m(t)$ o rozkładzie Poissona o parametrze $\lambda \cdot t$ tzn.

$$P\{m(t)=k;\lambda\cdot t\} = \frac{(\lambda\cdot t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \tag{36}$$

Wartość oczekiwana liczby uszkodzeń $m/t/$ określona jest wzorem

$$E[m(t)] = \lambda t \qquad (37)$$

Dla oznaczenia przeciętnej intensywności uszkodzeń posłużymy się wzorami /28/, /29/ i /31/ co daje zależność

$$\bar{\lambda}(0,t) = -\frac{1}{t}\ln[1-H(t)] \qquad (38)$$

Na podstawie wyżej przedstawionego materiału matematycznego obliczono:

1. Częstość uszkodzeń $H/t/$, której wartość równa jest zawodności lamp - zależność /27/
2. Intensywność uszkodzeń $\lambda/t/$ wyrażającą prawdopodobieństwo zajścia uszkodzenia lampy w czasie jednej godziny pracy - zależność /38/
3. Wartość oczekiwaną liczby uszkodzeń lamp po czasie 24 godzin pracy wyrażoną w procentach - zależność /37/
4. Wartość oczekiwaną trwałości lamp $E[\vartheta]$ /w godzinach/ - zależność /35/

Obliczenia punktów 1 i 2 dokonano na maszynie cyfrowej ZUSE - Z 23 i zamieszczono w postaci tabelki na str. 43. Obliczenia odnośnie punktów 3 i 4 wykonano dla wartości obliczonych jako średnie z próbki trzech m.c. UMC-1.Nr Nr 005, 006 i 007 oraz X - 01. Wyniki obliczenia zamieszczono na str. 44.

Korzystając w dalszym ciągu z materiału statystycznego odnoszącego się do lamp ECC85 wykonano obliczenia /również na m.c. ZUSE - Z 23/ obrazujące procentowy i ilościowy spa-

dok lamp danej klasy wyższej do klas niższych po 500 godzinach pracy. Przy obliczeniach wykorzystano materiał matematyczny zamieszczony w rozdziale 3. Wyniki obliczeń zamieszczono na str. 45.

MATRYCA ROWNOWAZNEJ CZESTOSCI USZKODZEN H[T]
UWZGLEDNIAJACEJ USZKODZENIA ZUPELNE I STABILNOSC WARTOSCI PRADU ANODOWEGO
ORAZ INTENSYWNOSCI USZKODZEN LAMBDA[T]
DLA POSZCZEGOLNYCH KLAS LAMP ECC 85 MASZYNY CYFROWEJ UMC-1.

KLASA LAMP ZOLTA	ZIELONA	CZERWONA	NIEBIESKA	BIALA
WYNIKI DLA UMC-1 NR.				
o.1163	o.2o86	o.3341	o.2o79	o.4431
o.ooo2	o.ooo5	o.ooo8	o.ooo5	o.oo12
WYNIKI DLA UMC-1 NR.				
o.1792	o.2579	o.2517	o.3193	o.4o41
o.ooo4	o.ooo6	o.ooo6	o.ooo8	o.oo1o
WYNIKI DLA UMC-1 NR.				
o.1899	o.2913	o.4273	o.4511	o.5281
o.ooo4	o.ooo7	o.oo11	o.oo12	o.oo15
WYNIKI DLA UMC-1 NR.				
o.2ooo	o.2151	o.251o	o.3987	o.3841
o.ooo4	o.ooo5	o.ooo6	o.oo1o	o.oo1o
WYNIKI SREDNIE DLA PROBKI TRZECH MASZYN UMC-1 NR.NR. oo5,oo6,oo7.				
o.1927	o.2675	o.3o95	o.3946	o.45o6
o.ooo4	o.ooo6	o.ooo7	o.oo1o	o.oo12

Pierwszy wiersz wyników przedstawia częstość uszkodzeń H/t/ lub awaryjność lamp.

Drugi wiersz wyraża intensywność uszkodzeń na 1 godzinę.

Wyniki obliczeń $E[m/t/]$ wartości oczekiwanej liczby uszkodzeń lamp po czasie pracy $t = 24$ godzin wyrażonej w procentach oraz wartości oczekiwanej $E[\vartheta]$ trwałości lamp wyrażonej w godzinach.

	KLASA LAMP / Nr. maszyny cyfrowej	Żółta	Zielona	Czerwona	Niebieska	Biała
$E[m/t]$ [%]	x-01	0,48	1,2	1,9	1,2	2,9
	005 006 007	0,96	1,4	1,7	2,4	2,9
$E[\vartheta]$ [godz]	x-01	5.000	2.000	1.250	2.000	830
	005 006 007	2.500	1.670	1.430	1.000	830

Pierwszy wiersz podaje dolną granicę przedziału ufności spadku lamp danej klasy do klas niższych wyrażoną w procentach.

Drugi wiersz analogicznie obrazuje górną granicę.

Trzeci i czwarty wiersz przedstawia odpowiednio dolną i górną granicę liczby lamp danej klasy wyższej, które po 500 godzinach pracy znajdą się w klasie niższej.

Suma określa przedział liczby lamp o którą zwiększy się klasa niższa wskutek przemieszczania się lamp z klas wyższych do niższych.

ZESTAWIENIE OBRAZUJACE PROCENTOWY I ILOSCIOWY SPADEK LAMP DANEJ KLASY DO KLAS NIZSZYCH
PO 500 GODZINACH PRACY

OBLICZENIA PRZEPROWADZONO DLA PROBKI LAMP Z MASZYN CYFROWYCH UMC-1 NR.NR. 005,006,007
PRZYJETO POZIOM UFNOSCI BETA=0,95

SPADEK LAMP KLAS WYZSZYCH DO KLAS : ŻÓŁTEJ	ZIELONEJ	CZERWONEJ	NIEBIESKIEJ	DANA KLASA LAMP
8.7415	8.7415	4.7950	4.0486	
23.2296	23.2296	17.1662	15.9033	BIALE
2.0000	2.0000	1.0000	1.0000	
8.0000	8.0000	6.0000	6.0000	
13.3211	11.4086	6.7862	0	
24.7120	22.2728	16.0163	0	NIEBIESKIE
7.0000	6.0000	4.0000	0	
15.0000	14.0000	10.0000	0	
34.3241	8.5101	0	0	
45.5557	16.0494	0	0	CZERWONE
33.0000	8.0000	0	0	
44.0000	16.0000	0	0	
31.5306	0	0	0	
40.8921	0	0	0	ZIELONE
42.0000	0	0	0	
55.0000	0	0	0	
SUMA				
84.0000	16.0000	5.0000	1.0000	
122.0000	38.0000	16.0000	6.0000	

Pierwszy wiersz podaje dolną granicę przedziału ufności spadku lamp danej klasy do klas niższych wyrażoną w procentach.

Drugi wiersz analogicznie obrazuje górną granicę.

Trzeci i czwarty wiersz przedstawia odpowiednio dolną i górną granicę liczby lamp danej klasy wyższej, które po 500 godzinach pracy znajdą się w klasie niższej.

Suma określa przedział liczby lamp o którą zwiększy się klasa niższa wskutek przemieszczania się lamp z klas wyższych do niższych.

7. STATYSTYKA USZKODZEŃ PAKIETÓW.

W oparciu o aparat matematyczny podany w rozdziale 3 zależności /12/, /20/ i /21/, policzono awaryjność poszczególnych pakietów wchodzących w skład maszyny cyfrowej UMC-1.

Uczyniono założenie, że uszkodzenie pakietu tego samego typu w całej próbce jest równoprawdopodobne. Równa się to założeniu, że wszystkie pakiety tego samego typu znajdują się w jednakowych warunkach wymuszających.

Załączona tabela wyników obliczeń zawiera zestawienie awaryjności średniej dla pakietów z poszczególnych maszyn oraz przedziałów ufności awaryjności dla całej populacji maszyn cyfrowych UMC-1 wyprodukowanych przez zakłady "ELWRO".

Opis tabeli.

Pierwszy wiersz podaje awaryjność średnią.

Drugi wiersz podaje dolną granicę przedziału ufności awaryjności pakietów dla całej populacji.

Analogicznie trzeci wiersz podaje górną granicę.

Z prawej strony wiersze dopisano symboliczne oznaczenia rodzajów pakietów, stosując nomenklaturę używaną w dokumentacji logicznej maszyny UMC-1.

U w a g a :

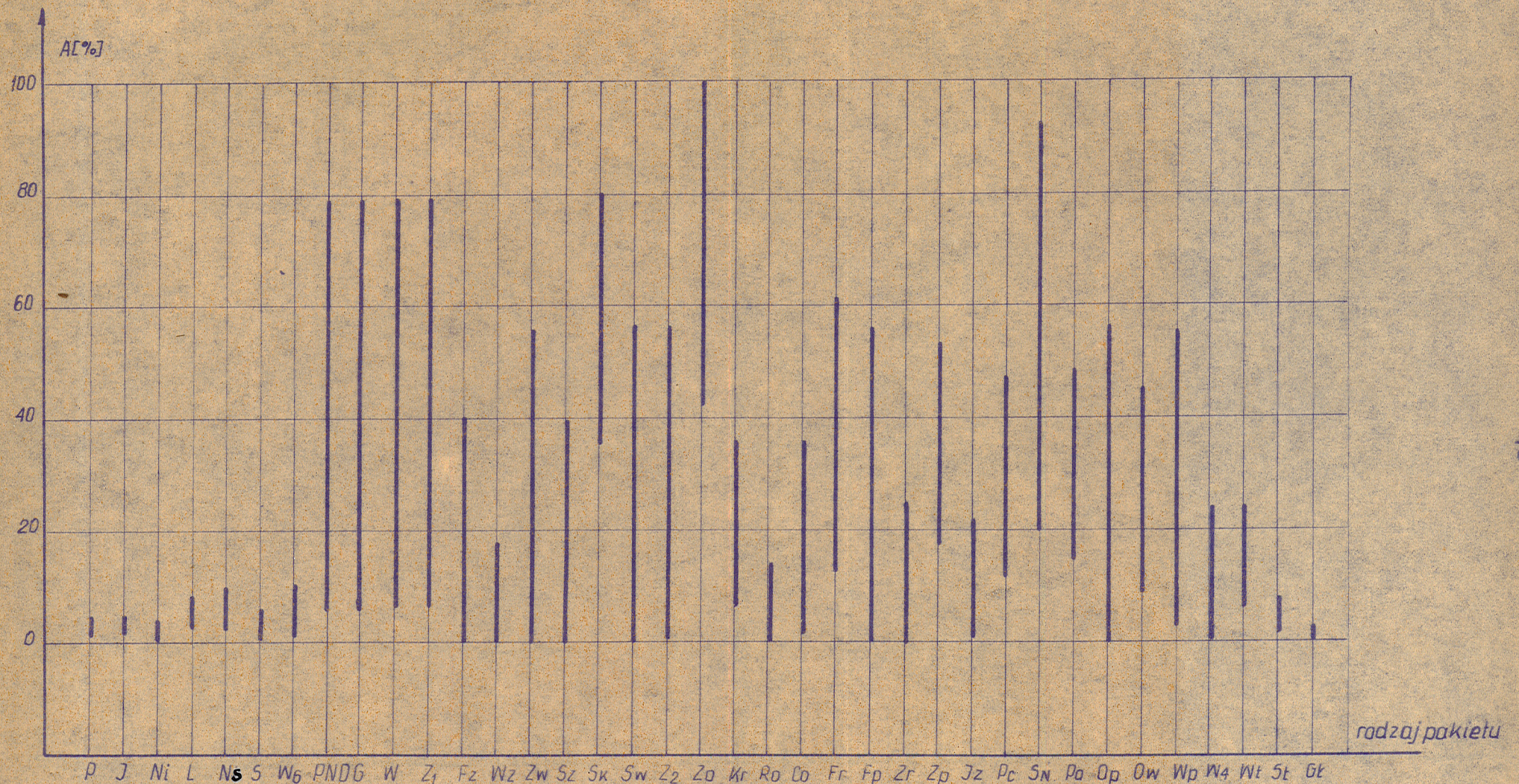
Tabela podaje awaryjność na 500 godzin.

Obliczenia przeprowadzono na maszynie cyfrowej

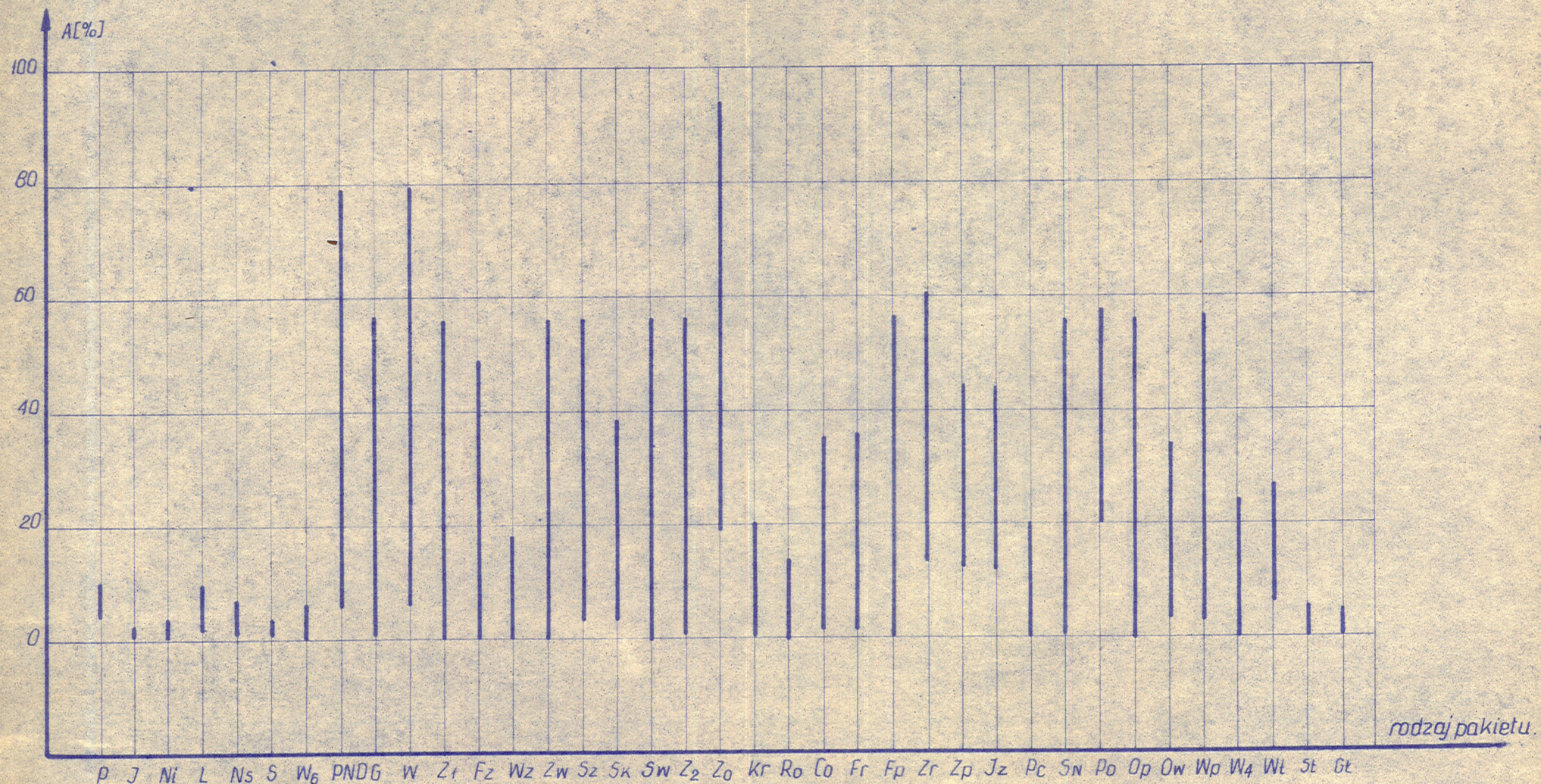
MATRYCA DOLNEJ I GORNEJ GRANICY PRZEDZIALU UFNOSCI AWARYJNOSCI PAKIETOW
MASZYNY CYFROWEJ UMC-1

OBLICZENIA PRZEPROWADZONO DLA POZIOMU UFNOSCI BETA = 0,95

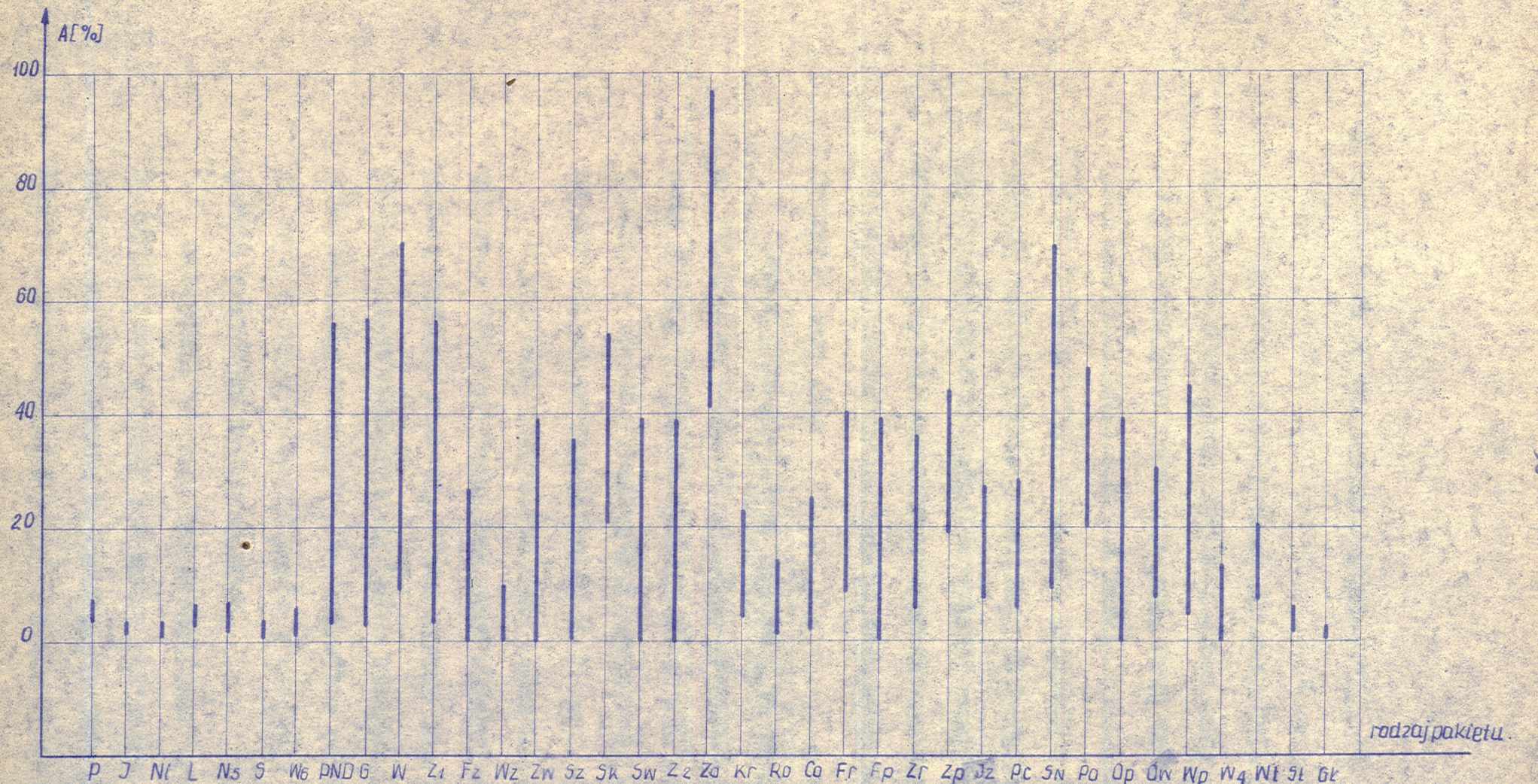
GRUPA A			SREDNIA Z GRUPY	GRUPA B			SREDNIA Z GRUPY	SREDNIA Z GRUP	
005	006	007		012	009	011			
0.0089	0.0179	0.0446	0	0.0982	0.0714	0.0536	0	0	
0	0	0	0.0121	0	0	0	0.0509	0.0377	P2
0	0	0	0.0463	0	0	0	0.1075	0.0716	
0.0056	0.0389	0.0389	0	0.0056	0.0111	0.0111	0	0	
0	0	0	0.0169	0	0	0	0.0040	0.0120	I4
0	0	0	0.0453	0	0	0	0.0215	0.0284	
0.0357	0	0.0119	0	0.0238	0.0119	0	0	0	
0	0	0	0.0062	0	0	0	0.0041	0.0067	Ni3
0	0	0	0.0401	0	0	0	0.0344	0.0284	
0.0370	0.0494	0.0617	0	0.0494	0.0617	0	0	0	
0	0	0	0.0285	0	0	0	0.0196	0.0284	L3
0	0	0	0.0843	0	0	0	0.0689	0.0652	
0.0238	0	0.1190	0	0.0238	0.0238	0.0238	0	0	
0	0	0	0.0220	0	0	0	0.0081	0.0189	Ns3
0	0	0	0.1000	0	0	0	0.0677	0.0665	
0.0179	0.0536	0	0	0	0.0179	0	0	0	
0	0	0	0.0093	0	0	0	0.0010	0.0064	S4
0	0	0	0.0596	0	0	0	0.0329	0.0344	
0.1000	0	0.0333	0	0	0	0.0333	0	0	
0	0	0	0.0174	0	0	0	0.0020	0.0119	W6
0	0	0	0.1088	0	0	0	0.0603	0.0634	
1.0000	0	0	0	0	0	1.0000	0	0	
0	0	0	0.0614	0	0	0	0.0614	0.0300	PND
0	0	0	0.7924	0	0	0	0.7924	0.5635	
0	0	1.0000	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0.0614	0	0	0	-0.0001	0.0300	G
0	0	0	0.7924	0	0	0	0.5615	0.5635	
0	0	1.0000	0	0	0	1.0000	0	0	
0	0	0	0.0614	0	0	0	0.0614	0.0967	W
0	0	0	0.7924	0	0	0	0.7924	0.7000	
0	1.0000	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0.0614	0	0	0	-0.0001	0.0300	Z1
0	0	0	0.7924	0	0	0	0.5615	0.5635	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	-0.0000	-0.0000	Fz2
0	0	0	0.3903	0	0	0	0.3903	0.2424	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	-0.0000	-0.0000	Wz1
0	0	0	0.1758	0	0	0	0.1758	0.0964	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0001	0	0	0	-0.0001	-0.0000	Zw1
0	0	0	0.5615	0	0	0	0.5615	0.3903	
0	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	0.0300	0.0148	Sz2
0	0	0	0.3903	0	0	0	0.5635	0.3539	
0	0.4000	1.4000	0	0.2000	0	0.2000	0	0	
0	0	0	0.3575	0	0	0	0.0373	0.2187	Sk1
0	0	0	0.8018	0	0	0	0.3788	0.5449	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0001	0	0	0	-0.0001	-0.0000	Sw1
0	0	0	0.5615	0	0	0	0.5615	0.3903	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0001	0	0	0	-0.0001	-0.0000	Z2
0	0	0	0.5615	0	0	0	0.5615	0.3903	
3.0000	0	0	0	1.0000	0	1.0000	0	0	
0	0	0	0.4385	0	0	0	0.2076	0.4365	Z01
0	0	0	1.0001	0	0	0	0.9386	0.9700	
0	0.3750	0.1250	0	0	0	0.1250	0	0	
0	0	0	0.0668	0	0	0	0.0074	0.0453	Kr1
0	0	0	0.3585	0	0	0	0.2024	0.2217	
0	0	0	0	0.2500	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	-0.0000	0.0115	Ro8
0	0	0	0.1379	0	0	0	0.1379	0.1397	
0	0	0.2500	0	0.2500	0	0	0	0	
0	0	0	0.0148	0	0	0	0.0148	0.0231	Co4
0	0	0	0.3539	0	0	0	0.3539	0.2585	
0	0	1.0000	0	0.2500	0	0	0	0	
0	0	0	0.1381	0	0	0	0.0148	0.0924	Fr1
0	0	0	0.6094	0	0	0	0.3539	0.4047	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0001	0	0	0	-0.0001	-0.0000	Fp1
0	0	0	0.5615	0	0	0	0.5615	0.3903	
0	0	0	0	0.7500	0	0.2500	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	0.1381	0.0668	Zr2
0	0	0	0.2424	0	0	0	0.6094	0.3585	
0.1250	0.8750	0	0	0.6250	0.1250	0.1250	0	0	
0	0	0	0.1797	0	0	0	0.1200	0.1994	Zp2
0	0	0	0.5329	0	0	0	0.4490	0.4533	
0	0	0.1250	0	0.5000	0.1250	0.1250	0	0	
0	0	0	0.0074	0	0	0	0.1200	0.0725	Iz4
0	0	0	0.2024	0	0	0	0.4490	0.2717	
0.1667	0	0.6667	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0.1250	0	0	0	-0.0000	0.0608	Pc1
0	0	0	0.5087	0	0	0	0.1758	0.2866	
0	1.0000	1.0000	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0.2076	0	0	0	-0.0001	0.0967	SN§
0	0	0	0.9386	0	0	0	0.5615	0.7000	
0	0.3750	0.5000	0	0.8750	0.1250	0.1250	0	0	
0	0	0	0.1491	0	0	0	0.2116	0.2168	Po1
0	0	0	0.4917	0	0	0	0.5729	0.4746	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0001	0	0	0	-0.0001	-0.0000	Op1
0	0	0	0.5615	0	0	0	0.5615	0.3903	
0	0.5000	0.1667	0	0.1667	0	0.1667	0	0	
0	0	0	0.0900	0	0	0	0.0310	0.0787	Ow1
0	0	0	0.4521	0	0	0	0.3280	0.3189	
0	0.5000	0	0	0.5000	0	0	0	0	
0	0	0	0.0300	0	0	0	0.0300	0.0469	Wp2
0	0	0	0.5635	0	0	0	0.5635	0.4480	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0.0000	0	0	0	-0.0000	-0.0000	W4
0	0	0	0.2424	0	0	0	0.2424	0.1379	
0	0.1667	0.2222	0	0.3889	0.0556	0	0	0	
0	0	0	0.0642	0	0	0	0.0770	0.0788	WTYK
0	0	0	0.2442	0	0	0	0.2660	0.2059	
0	0	0.1034	0	0.0517	0.0172	0	0	0	
0	0	0	0.0159	0	0	0	0.0090	0.0157	STYCZ.
0	0	0	0.0732	0	0	0	0.0576	0.0521	
0	0	0.0135	0	0.0405	0.0270	0	0	0	
0	0	0	0.0008	0	0	0	0.0097	0.0062	GŁOWIC
0	0	0	0.0251	0	0	0	0.0516	0.0292	



Wykres przedziału awaryjności pakietów maszyn cyfrowych UMC-1 nr nr 005,006 i 007 z pierwszej grupy produkcyjnej.



Wykres przedziału awaryjności pakietów maszyn cyfrowych UMC-1 nr nr 009,011 i 012 z drugiej grupy produkcyjnej.



Wykres przedziału awaryjności pakietów dla maszyny cyfrowej UMC-1.

8. STATYSTYKA USZKODZEŃ WĘZŁÓW MASZYNY.

Uprzednio założyliśmy, że wszystkie pakiety tego samego typu w maszynie cyfrowej UMC-1 znajdują się w takich samych warunkach wymuszających. Jest to oczywiście tylko przybliżenie. Ścisłe rzecz biorąc należałoby stwierdzić, że na każdy element ze zbioru pakietów zastosowanych w maszynie cyfrowej UMC-1, działają inne warunki wymuszające. Wiąże się to z obciążeniem wyjścia pakietu, warunkami termicznymi, problemem szumów - bardzo wrosłą poważnego rozwiązania, drobnymi ale bardzo istotnymi różnicami napięć żarzenia lamp itp.

Pomimo, że ilościowe ujęcie tych wszystkich zagadnień ze względu na trudność problemu wykracza poza ramy niniejszej pracy, to jednak analiza materiału statystycznego zebranego w okresie eksploatacji wstępnej, może rzucić pewne światło na te zagadnienia.

W tym celu podzielono cały układ logiczny maszyny cyfrowej UMC-1 na pewne mniejsze układy, węzły, które pełnią odrębne funkcje. W ten sposób uzyskano 16 węzłów - patrz schemat blokowy m.c. UMC-1 str. 53.

Założono następnie, że wszystkie pakiety tego samego typu w obrębie danego węzła , znajdują się w takich samych warunkach wymuszających.

Założenia te mogą być dyskusyjne. Wydaje się jednak, że każdy inny podział też byłby obarczony błędami zaś powyższe założenia mają tę zaletę, że dają możność bardzo łatwego prześledzenia drogi sygnału wskazując bardziej obciążone pakiety.

Celem zasygnalizowania na jakie węzły należy zwrócić szczególną uwagę przy uruchamianiu i eksploatacji wstępnej maszyny cyfrowej UMC-1 podano wykres obciążenia awaryjnego poszczególnych węzłów maszyny - patrz str. 54.

Następnie w oparciu o rozważania matematyczne - rozdział 3, zależności /12/, /20/ i /21/, korzystając z materiału statystycznego policzono niezawodność poszczególnych węzłów maszyny. Uwzględniono tu zaobserwowaną częstość usterek pakietów danego typu w określonym czasie stosując funkcjonalne połączenie szeregowe podzespołów.

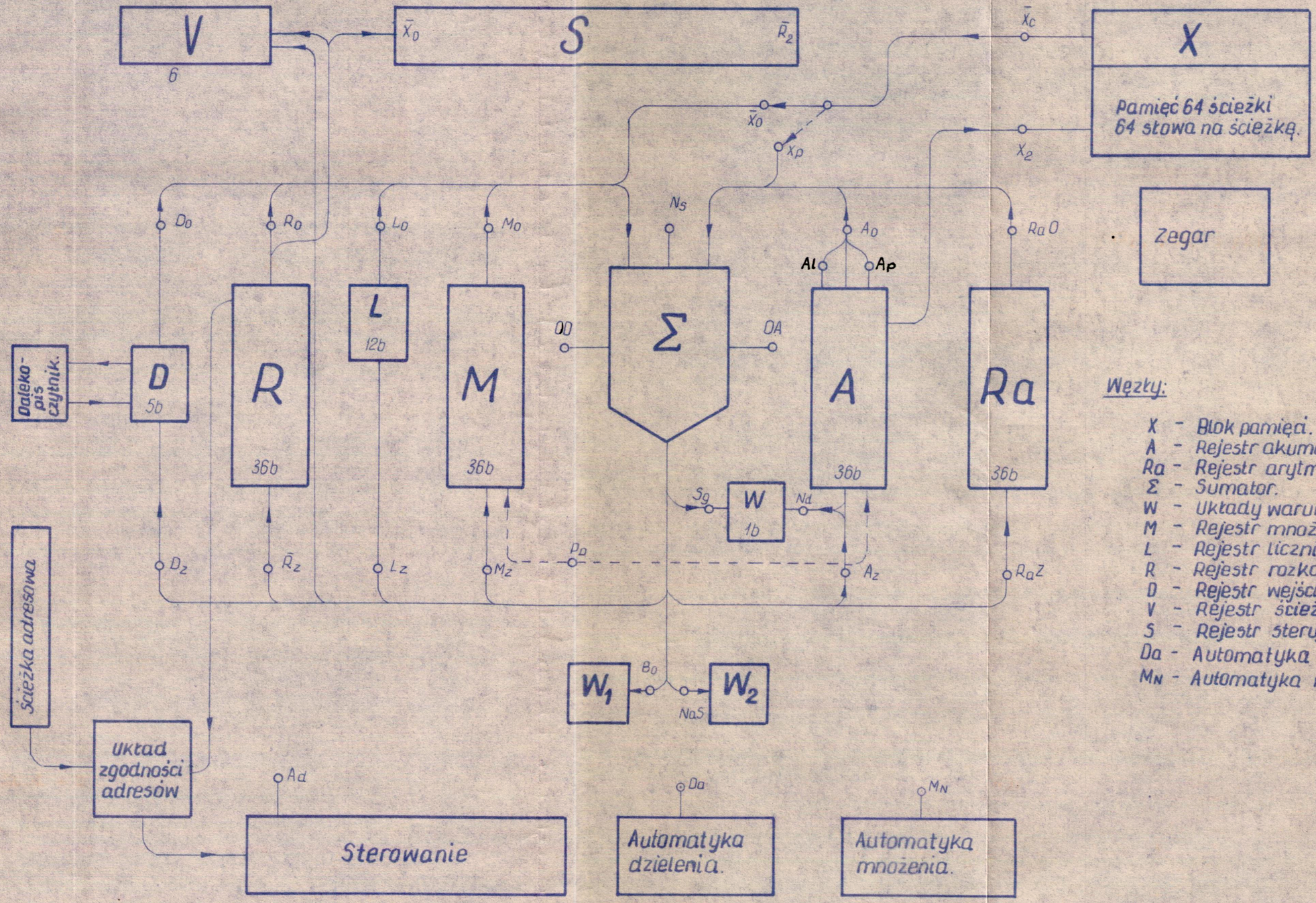
Wyniki w formie tabel i wykresów załączono od str. 55 - - 64.

Opis tabel.

Pierwszy wiersz określa liczbę pakietów danego typu w węźle.

Drugi i trzeci wiersz podają górną i dolną granicę przedziału ufności niezawodności węzła w zależności od zaobserwowanej częstości usterek danego typu pakietów w węźle.

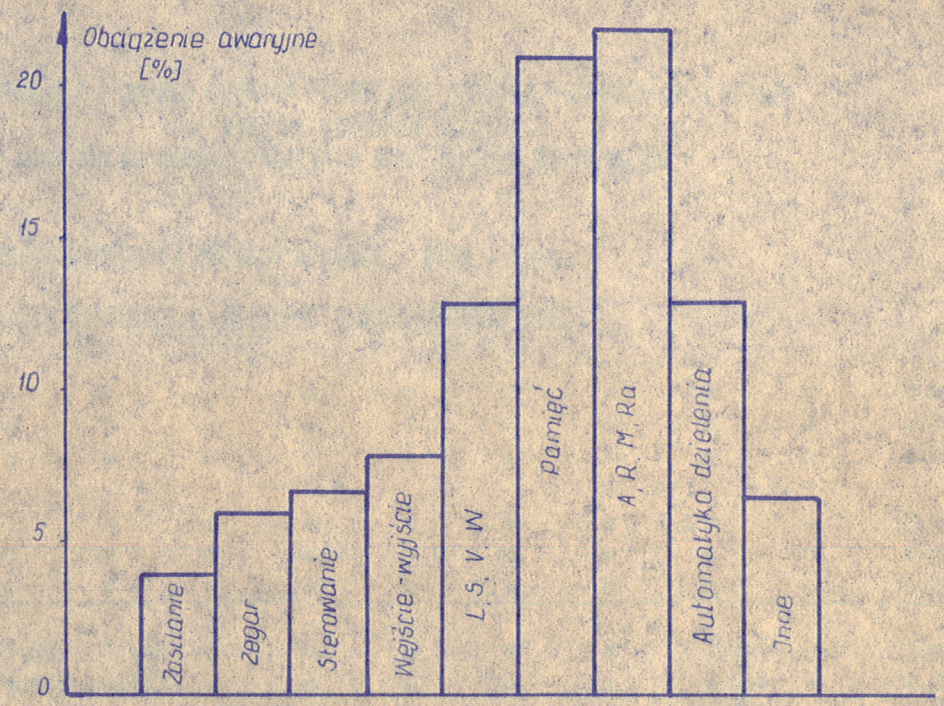
Obliczenia przeprowadzono na maszynie cyfrowej ZUSE - Z 23.



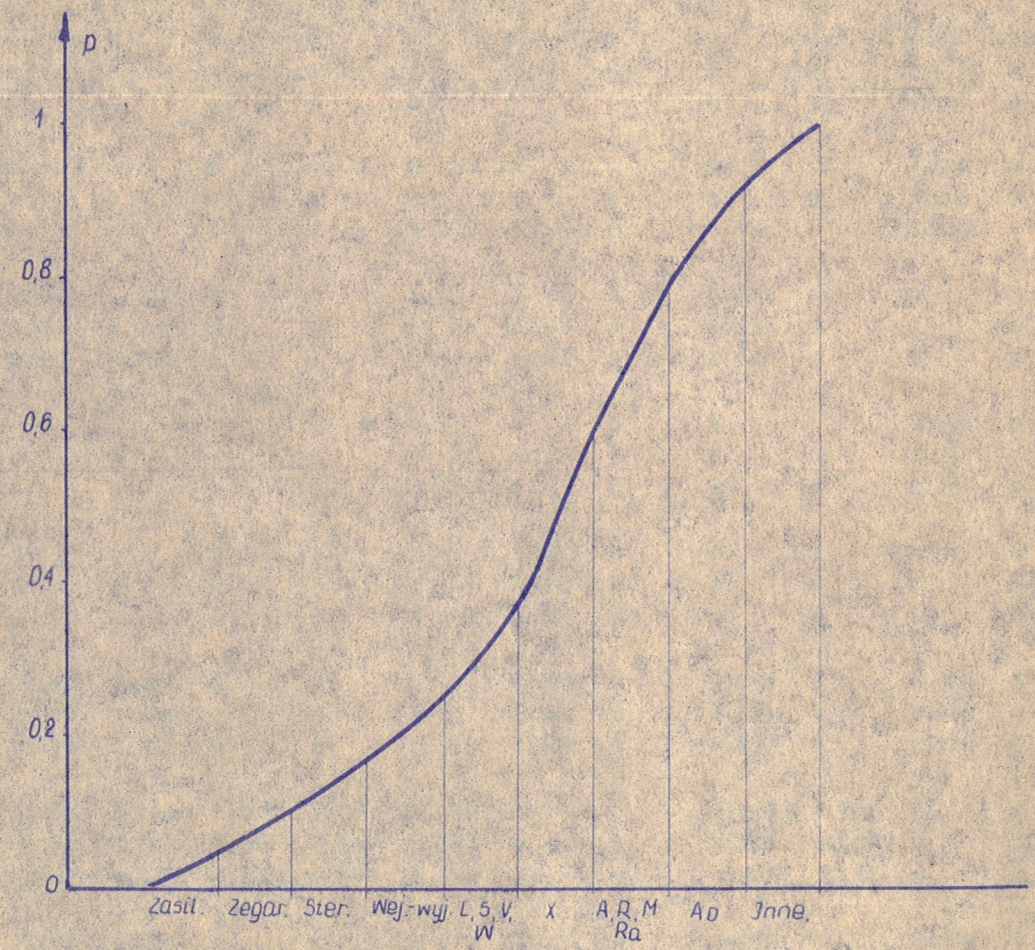
Węzły:

- X - Blok pamięci.
- A - Rejestr akumulatora.
- Ra - Rejestr arytmometru.
- Σ - Sumator.
- W - Układy warunkowe.
- M - Rejestr mnożnika.
- L - Rejestr licznika rozkazów.
- R - Rejestr rozkazów.
- D - Rejestr wejścia - wyjścia.
- V - Rejestr ścieżek.
- S - Rejestr sterujący.
- D_a - Automatyka dzielenia.
- M_N - Automatyka mnożenia.

Schemat organizacyjny maszyny UMC-1.



Obciążenie awaryjne węzłów UMC-1.



Dystrybuanta awaryjności węzłów UMC-1.

MATRYCA DOLNEJ I GORNEJ GRANICY PRZEDZIALU UFNOSCI NIEZAWODNOSCI WEZLOW
MASZYNY CYFROWEJ UMC-1
ZE WZGLEDU NA RODZAJ PAKIETU I JEGO ILOSC W DANYM WEZLE

OBLICZENIA PRZEPROWADZONO DLA POZIOMU UFNOSCI BETA = o,95

WYNIKI DLA PIERWSZEJ GRUPY PRODUKCYJNEJ.

A	M	R	RA	L	V	S	ZEGAR	SUMAT	STER	WE-WY	X	AD	
4.000	6.000	1.000	2.000	o	8.000	3o.000	9.000	4.000	13.000	14.000	o	23.000	P2
o.942	1.000	1.000	1.000	o	o.942	o.832	o.83o	1.000	o.943	1.000	o	o.943	
o.174	o.313	o.439	o.372	o	o.164	o.o89	o.o91	o.329	o.159	o.294	o	o.156	
6.000	15.000	3.000	6.000	3.000	4.000	14.000	1o.000	11.000	22.000	16.000	16.000	49.000	I4
1.000	1.000	1.000	1.000	o.942	1.000	o.943	o.943	o.943	o.943	o.831	o.586	o.592	
o.313	o.293	o.344	o.313	o.18o	o.329	o.159	o.161	o.161	o.156	o.o9o	o.o31	o.o32	
1.000	4.000	1.000	4.000	1.000	3.000	1o.000	1o.000	5.000	7.000	7.000	o	27.000	Ni3
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.943	1.000	o.942	1.000	o	o.832	
o.439	o.329	o.439	o.329	o.439	o.344	o.3oo	o.161	o.32o	o.165	o.3o9	o	o.o89	
11.000	7.000	4.000	4.000	13.000	o	3.000	1o.000	4.000	1o.000	3.000	o	17.000	L3
o.469	1.000	o.942	1.000	o.7o5	o	1.000	1.000	o.825	1.000	1.000	o	o.943	
o.o17	o.3o9	o.174	o.329	o.o52	o	o.344	o.3oo	o.o93	o.3oo	o.344	o	o.157	
2.000	2.000	o	o	o	3.000	6.000	2.000	3.000	11.000	6.000	o	6.000	Ns3
1.000	1.000	o	o	o	1.000	o.942	1.000	1.000	o.943	o.942	o	o.697	
o.372	o.372	o	o	o	o.344	o.167	o.372	o.344	o.161	o.167	o	o.o5o	
2.000	5.000	o	1.000	o	o	16.000	1.000	8.000	12.000	3.000	o	13.000	S4
1.000	o.942	o	1.000	o	o	o.943	1.000	1.000	o.943	1.000	o	o.943	
o.372	o.17o	o	o.439	o	o	o.158	o.439	o.3o5	o.16o	o.344	o	o.159	
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	8.000	14.000	2.000	6.000	o	o	2.000	W6
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	1.000	o.7o6	1.000	o.942	o	o	1.000	
o.439	o.439	o.439	o	o.439	o	o.3o5	o.o52	o.372	o.167	o	o	o.372	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	PND
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	G
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.939	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2o8	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	W
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.939	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2o8	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Z1
o	o	o	o	o	o	o	o.939	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.2o8	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Fz2
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o.439	o.439	o.439	o.439	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	5.000	o	o	o	o	o	Wz1
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.32o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Zw1
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Sz2
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o.439	o.439	o.439	o.439	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	Sk1
o.69o	o.792	o.792	o.792	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	
o.o18	o.o61	o.o61	o.o61	o	o	o	o	o	o.439	o	o.439	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Sw1
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Z2
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Z01
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.69o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o18	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	Kr1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.575	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o29	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	Ro8
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.3o5	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Co4
1.000	o.939	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.439	o.2o8	o.439	o.439	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Fr1
o.792	o.939	1.000	o.939	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.o61	o.2o8	o.439	o.2o8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Fp§
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Zr2
1.000	o.939	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.439	o.2o8	o.439	o.439	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	Zp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2o5	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.oo2	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	Iz4
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.942	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.164	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	Pc1
1.000	1.000	o.939	o.792	o	o	o	o	o	1.000	o	o.792	o	
o.439	o.439	o.2o8	o.o61	o	o	o	o	o	o.439	o	o.o61	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	SN1
o	o	o	o	o	o	o	o.792	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.o61	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	Po1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.275	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.oo4	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Op1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o	o	Ow1
1.000	o.939	o.939	1.000	o	o	o	o.792	o	1.000	o	o	o	
o.439	o.2o8	o.2o8	o.439	o	o	o	o.o61	o	o.439	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	2.000	o	Wp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.941	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.191	o	
o	o	o	o	o	o	o	4.000	o	o	o	o	o	W4
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.329	o	o	o	o	o	
2.000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	8.000	o	WTYK
o.941	1.000	o.941	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o.46o	o	
o.191	o.372	o.191	o.372	o	o	o	o.439	o	o.439	o	o.o16	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7.000	3o.000	o	o	9.000	7.000	o	o	STYCZ.
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.943	o	o	o.578	o.942	o	o	
o.439	o.439	o.439	o.439	o.439	o.3o9	o.155	o	o	o.o29	o.165	o	o	
2.000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	64.000	o	GŁOWICA
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o.943	o	
o.372	o.372	o.372	o.372	o	o	o	o.439	o	o.439	o	o.153	o	

MATRYCA DOLNEJ I GORNEJ GRANICY PRZEDZIALU UFNOSCI NIEZAWODNOSCI WEZLOW
MASZYNY CYFROWEJ UMC-1
ZE WZGLEDU NA RODZAJ PAKIETU I JEGO ILOSC W DANYM WEZLE

OBLICZENIA PRZEPROWADZONO DLA POZIOMU UFNOSCI BETA = 0,95

WYNIKI DLA GRUGIEJ GRUPY PRODUKCYJNEJ.

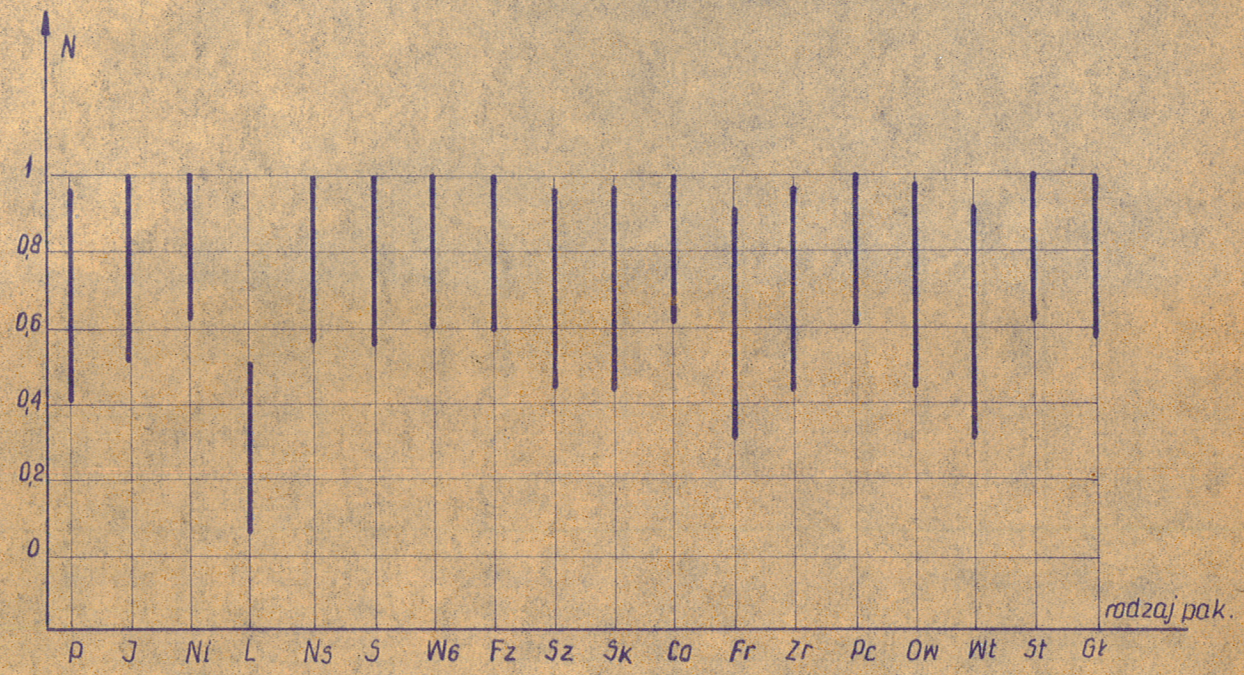
A	M	R	RA	L	V	S	ZEGAR	SUMAT	STER	WE-WY	X	AD	
4.000	6.000	1.000	2.000	o	8.000	3o.000	9.000	4.000	13.000	14.000	o	23.000	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o.942	o.o88	o.943	1.000	o.227	o.7o6	o	o.832	P2
o.329	o.313	o.439	o.372	o	o.164	o.oo1	o.163	o.329	o.oo3	o.o52	o	o.o89	
6.000	15.000	3.000	6.000	3.000	4.000	14.000	1o.000	11.000	22.000	16.000	16.000	49.000	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.943	o.7o7	o.943	I4
o.313	o.293	o.344	o.313	o.344	o.329	o.294	o.3oo	o.298	o.288	o.158	o.o52	o.154	
1.000	4.000	1.000	4.000	1.000	3.000	1o.000	1o.000	5.000	7.000	7.000	o	27.000	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o	o.7o9	Ni3
o.439	o.329	o.439	o.329	o.439	o.344	o.3oo	o.3oo	o.32o	o.3o9	o.3o9	o	o.o53	
11.000	7.000	4.000	4.000	13.000	o	3.000	1o.000	4.000	1o.000	3.000	o	17.000	
o.7o4	o.942	1.000	1.000	o.943	o	1.000	1.000	1.000	1.000	o.942	o	o.7o7	L3
o.o52	o.165	o.329	o.329	o.159	o	o.344	o.3oo	o.329	o.3oo	o.18o	o	o.o52	
2.000	2.000	o	o	o	3.000	6.000	2.000	3.000	11.000	6.000	o	6.000	
1.000	1.000	o	o	o	o.822	1.000	1.000	1.000	o.943	1.000	o	1.000	Ns3
o.372	o.372	o	o	o	o.o93	o.313	o.372	o.344	o.161	o.313	o	o.313	
2.000	5.000	o	1.000	o	o	16.000	1.000	8.000	12.000	3.000	o	13.000	
1.000	o.942	o	1.000	o	o	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o	1.000	S4
o.372	o.17o	o	o.439	o	o	o.292	o.439	o.3o5	o.296	o.344	o	o.295	
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	8.000	14.000	2.000	6.000	o	o	2.000	
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	o.942	1.000	1.000	1.000	o	o	1.000	W6
o.439	o.439	o.439	o	o.439	o	o.164	o.294	o.372	o.313	o	o	o.372	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.939	o	o	PND
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2o8	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	G
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.939	o	o	W
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2o8	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Z1
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Fz2
o.439	o.439	o.439	o.439	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	5.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Wz1
o	o	o	o	o	o	o	o.32o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Zw1
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o.939	o.939	o.939	o.939	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Sz2
o.2o8	o.2o8	o.2o8	o.2o8	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	
o.939	o.939	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	Sk1
o.2o8	o.2o8	o.439	o.439	o	o	o	o	o	o.439	o	o.439	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Sw1
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Z2
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.792	o	Z01
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o61	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.942	o	Kr1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.164	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.829	o	Ro8
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o91	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	o.939	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Co4
o.439	o.439	o.2o8	o.439	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	o.939	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Fr1
o.439	o.439	o.439	o.2o8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Fp1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.939	o.939	o.939	o.939	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Zr2
o.2o8	o.2o8	o.2o8	o.2o8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.36o	o	Zp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.oo8	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.46o	o	Iz4
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o16	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	o.939	o	Pc1
o.439	o.439	o.439	o.439	o	o	o	o	o	o.439	o	o.2o8	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	SN1
o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.149	o	Po1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.oo1	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Op1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.439	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o	o	
1.000	o.939	o.939	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o	o	Ow1
o.439	o.2o8	o.2o8	o.439	o	o	o	o.439	o	o.439	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	2.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.941	o	Wp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.191	o	
o	o	o	o	o	o	o	4.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	W4
o	o	o	o	o	o	o	o.329	o	o	o	o	o	
2.000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	8.000	o	
o.941	o.941	o.816	o.816	o	o	o	1.000	o	o.939	o	o.942	o	WTYK
o.191	o.191	o.o9o	o.o9o	o	o	o	o.439	o	o.2o8	o	o.164	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7.000	3o.000	o	o	9.000	7.000	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.7o9	o	o	o.943	1.000	o	o	STYCZ.
o.439	o.439	o.439	o.439	o.439	o.3o9	o.o53	o	o	o.163	o.3o9	o	o	
2.000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	64.000	o	
1.000	1.000	o.66o	1.000	o	o	o	o.939	o	1.000	o	o.943	o	GŁOWICA
o.372	o.372	o.o35	o.372	o	o	o	o.2o8	o	o.439	o	o.153	o	

MATRYCA DOLNEJ I GORNEJ GRANICY PRZEDZIALU UFNOSCI NIEZAWODNOSCI WEZLOW
MASZYNY CYFROWEJ UMC-1
ZE WZGLEDU NA RODZAJ PAKIETU I JEGO ILOSC W DANYM WEZLE

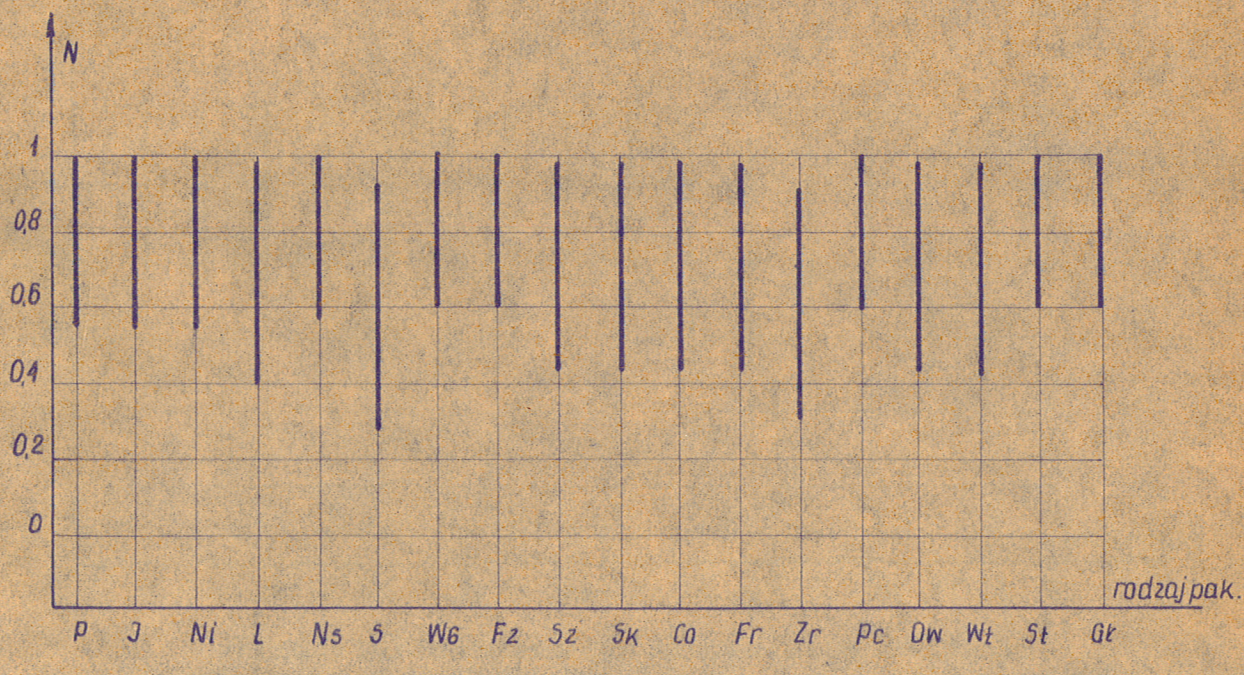
OBLICZENIA PRZEPROWADZONO DLA POZIOMU UFNOSCI BETA = o,95

WYNIKI ŁACZNE DLA PIERWSZEJ I DRUGIEJ GRUPY PRODUKCYJNEJ.

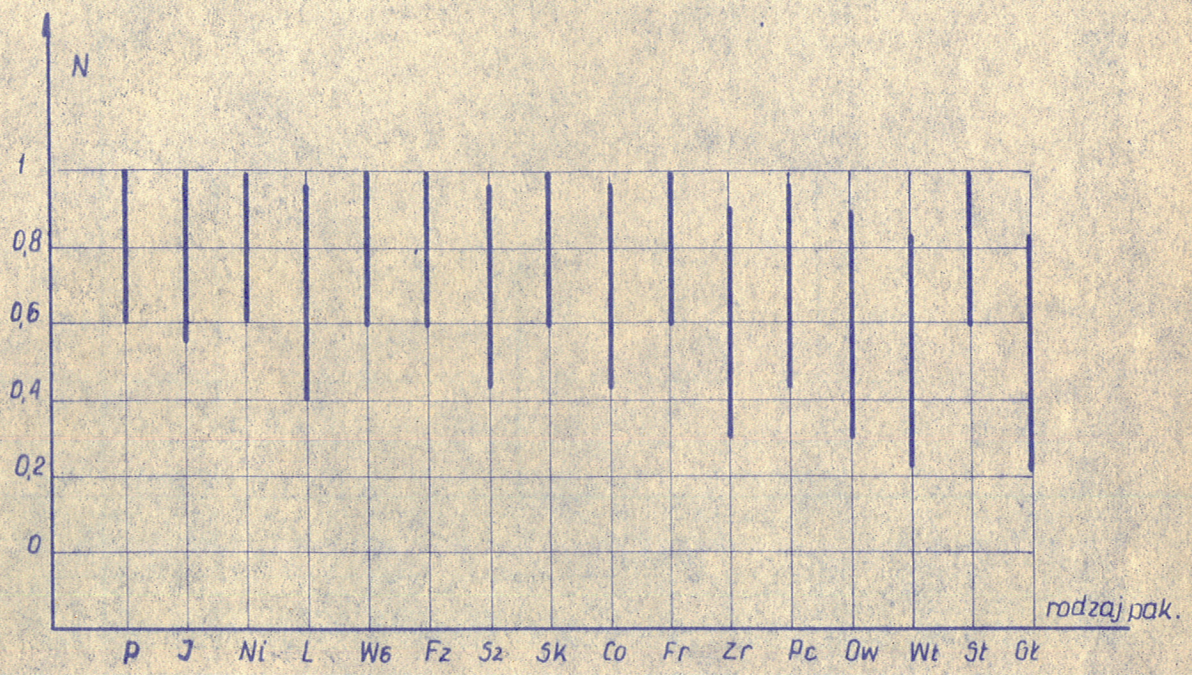
A	M	R	RA	L	V	S	ZEGAR	SUMAT	STER	WE-WY	X	AD	
4.000	6.000	1.000	2.000	o	8.000	3o.000	9.000	4.000	13.000	14.000	o	23.000	
o.971	1.000	1.000	1.000	o	o.912	o.237	o.841	1.000	o.436	o.842	o	o.843	P2
o.4o5	o.544	o.61o	o.574	o	o.3oo	o.o17	o.229	o.552	o.o51	o.229	o	o.23o	
6.000	15.000	3.000	6.000	3.000	4.000	14.000	1o.000	11.000	22.000	16.000	16.000	49.000	
1.000	1.000	1.000	1.000	o.971	1.000	o.971	o.971	o.971	o.971	o.842	o.558	o.699	I4
o.544	o.534	o.56o	o.544	o.4o9	o.552	o.394	o.396	o.395	o.392	o.23o	o.o85	o.141	
1.000	4.000	1.000	4.000	1.000	3.000	1o.000	1o.000	5.000	7.000	7.000	o	27.000	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.971	1.000	o.971	1.000	o	o.698	Ni3
o.61o	o.552	o.61o	o.552	o.61o	o.56o	o.538	o.396	o.548	o.398	o.542	o	o.14o	
11.000	7.000	4.000	4.000	13.000	o	3.000	1o.000	4.000	1o.000	3.000	o	17.000	
o.49o	o.971	o.971	1.000	o.768	o	1.000	1.000	o.911	1.000	o.971	o	o.769	L3
o.o64	o.398	o.4o5	o.552	o.177	o	o.56o	o.538	o.3o2	o.538	o.4o9	o	o.178	
2.000	2.000	o	o	o	3.000	6.000	2.000	3.000	11.000	6.000	o	6.000	
1.000	1.000	o	o	o	o.91o	o.971	1.000	1.000	o.912	o.971	o	o.84o	Ns3
o.574	o.574	o	o	o	o.3o3	o.4oo	o.574	o.56o	o.299	o.4oo	o	o.228	
2.000	5.000	o	1.000	o	o	16.000	1.000	8.000	12.000	3.000	o	13.000	
1.000	o.911	o	1.000	o	o	o.971	1.000	1.000	o.971	o.971	o	o.971	S4
o.574	o.3o1	o	o.61o	o	o	o.393	o.61o	o.54o	o.395	o.4o9	o	o.394	
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	8.000	14.000	2.000	6.000	o	o	2.000	
1.000	1.000	1.000	o	1.000	o	o.971	o.842	1.000	o.971	o	o	1.000	W6
o.61o	o.61o	o.61o	o	o.61o	o	o.397	o.229	o.574	o.4oo	o	o	o.574	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.97o	o	o	PND
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.437	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.97o	o	o	G
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.437	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.9o3	o	o	W
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.3oo	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.97o	o	o	o	o	o	Z01
o	o	o	o	o	o	o	o.437	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Fz2
o.61o	o.61o	o.61o	o.61o	o	o	o	o.61o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	5.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Wz1
o	o	o	o	o	o	o	o.548	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Zw1
o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o.97o	o.97o	o.97o	o.97o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Sz2
o.437	o.437	o.437	o.437	o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	
o.97o	o.97o	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	Sk1
o.437	o.437	o.61o	o.61o	o	o	o	o	o	o.61o	o	o.61o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Sw1
o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	Z2
o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.563	o	Z01
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o3o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.69o	o	Kr1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.135	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.69o	o	Ro8
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.135	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	o.97o	o.97o	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Co4
o.61o	o.437	o.437	o.61o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.9o3	o.97o	1.000	o.9o3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Fr1
o.3oo	o.437	o.61o	o.3oo	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Fp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o.97o	o.9o3	o.9o3	o.9o3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Zr2
o.437	o.3oo	o.3oo	o.3oo	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.2oo	o	Zp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.o11	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.617	o	Iz4
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.1o3	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	o	o	1.000	o	1.000	o	
1.000	1.000	o.97o	o.9o3	o	o	o	o	o	1.000	o	o.812	o	Pc1
o.61o	o.61o	o.437	o.3oo	o	o	o	o	o	o.61o	o	o.188	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o.9o3	o	o	o	o	o	SN1
o	o	o	o	o	o	o	o.3oo	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	8.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.142	o	Po1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.oo6	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	Op1
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.61o	o	
1.000	1.000	1.000	1.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	o	o	
o.97o	o.97o	o.9o3	1.000	o	o	o	o.9o3	o	1.000	o	o	o	OWp1
o.437	o.437	o.3oo	o.61o	o	o	o	o.3oo	o	o.61o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	2.000	o	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.9o8	o	Wp2
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o.3o5	o	
o	o	o	o	o	o	o	4.000	o	o	o	o	o	
o	o	o	o	o	o	o	1.000	o	o	o	o	o	W4 K
o	o	o	o	o	o	o	o.552	o	o	o	o	o	
2.000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	8.000	o	
o.9o8	o.971	o.83o	o.9o8	o	o	o	1.000	o	o.97o	o	o.617	o	WTYK
o.3o5	o.418	o.219	o.3o5	o	o	o	o.61o	o	o.437	o	o.1o3	o	
.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7.000	3o.000	o	o	9.000	7.000	o	o	
.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	o.77o	o	o	o.691	o.971	o	o	STYCZNIK
,61o	o.61o	o.61o	o.61o	o.61o	o.542	o.179	o	o	o.136	o.398	o	o	
,000	2.000	2.000	2.000	o	o	o	1.000	o	1.000	o	64.000	o	
,00	1.000	o.83o	1.000	o	o	o	o.97o	o	1.000	o	o.913	o	GŁOWICA
74	o.574	o.219	o.574	o	o	o	o.437	o	o.61o	o	o.297	o	



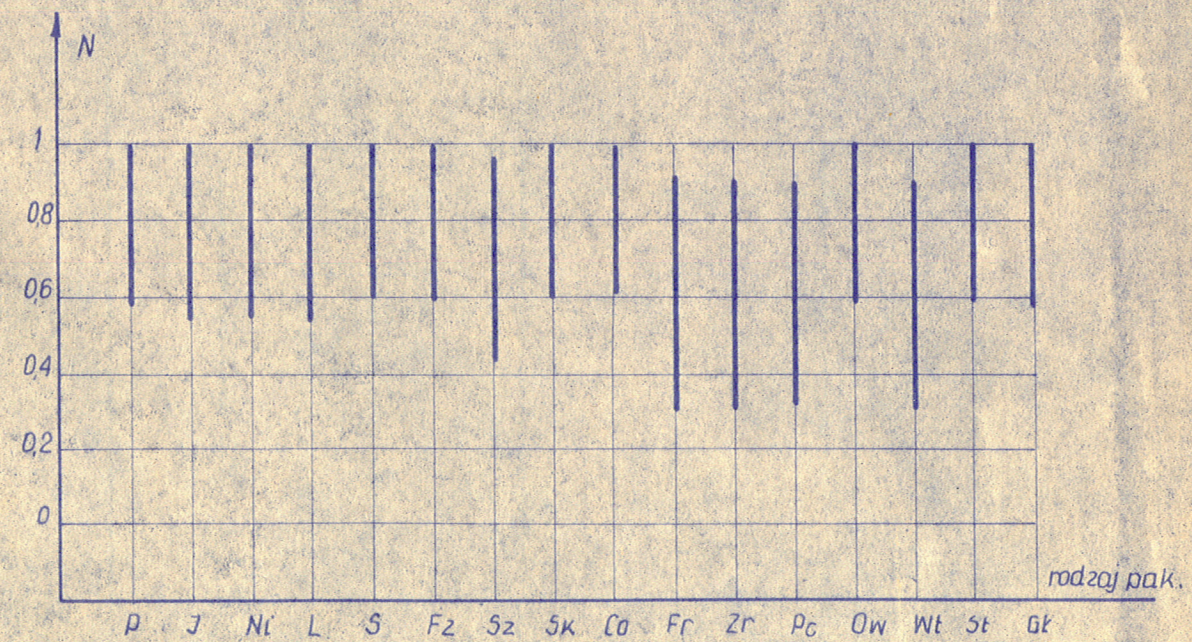
Przedział niezawodności pakietów rejestru akumulatora.



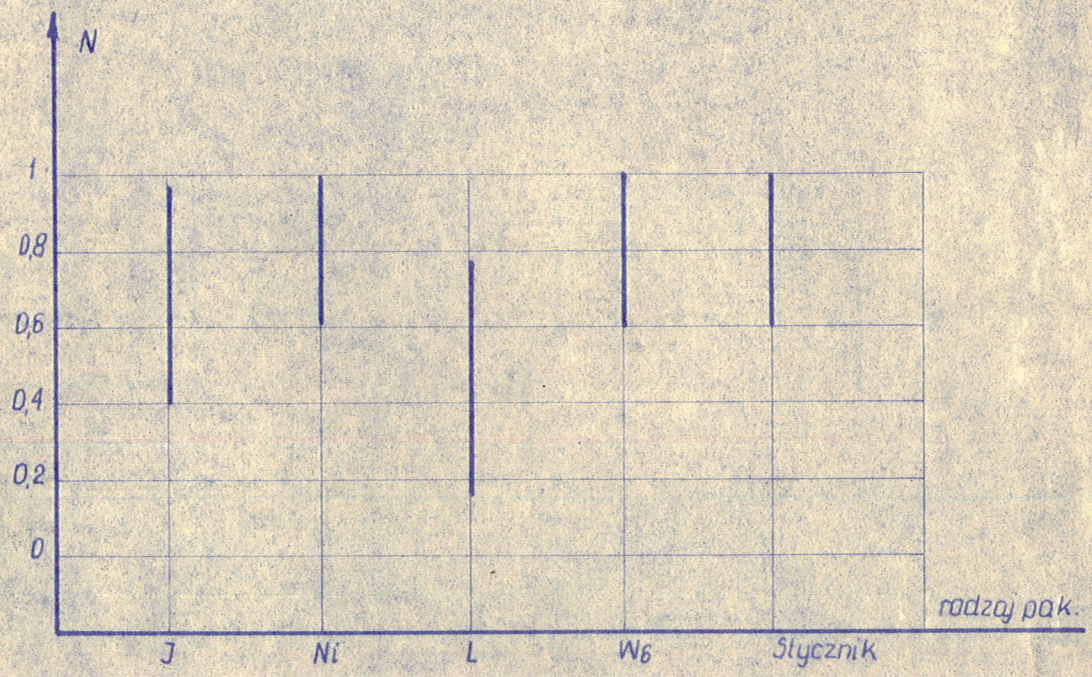
Przedział niezawodności pakietów rejestru mnożnika.



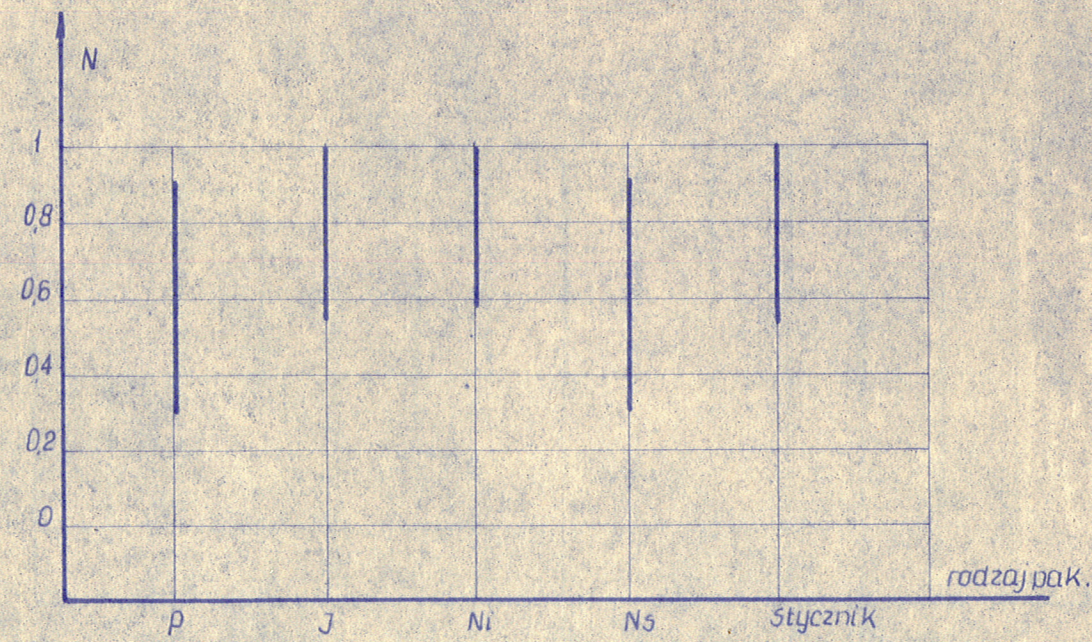
Przedział niezawodności pakietów rejestru rozkazów.



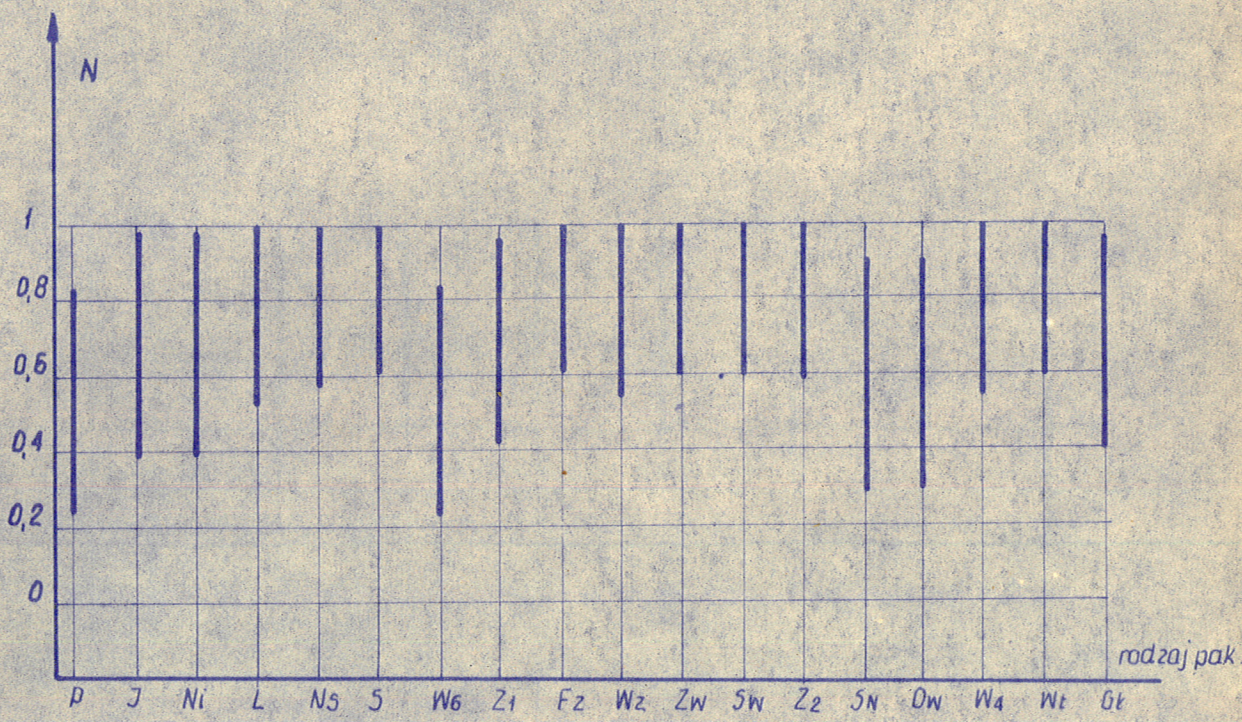
Przedział niezawodności pakietów rejestru arytmometru.



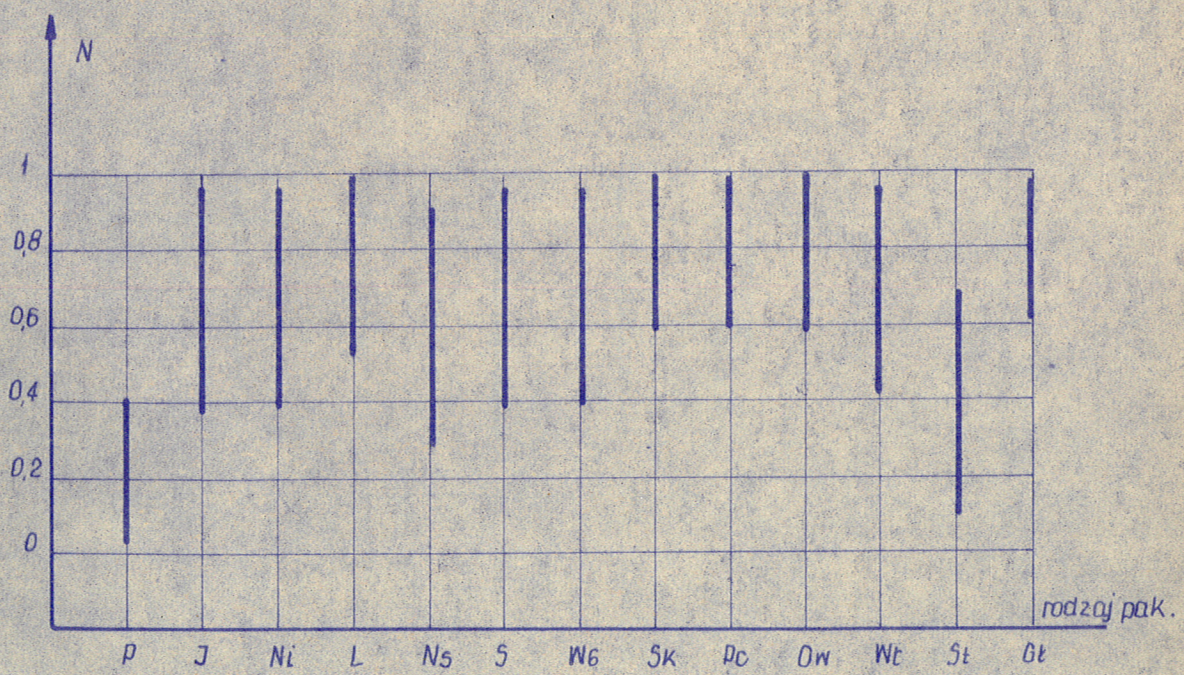
Przedział niezawodności pakietów licznika rozkazów.



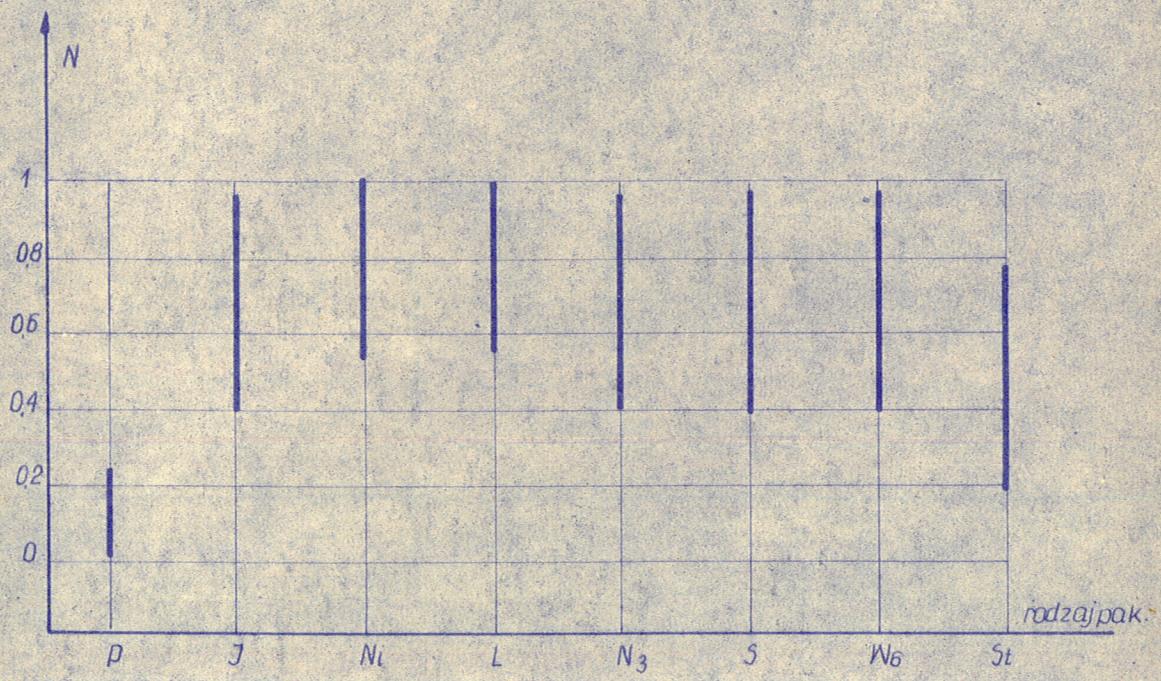
Przedział niezawodności pakietów rejestru ścieżek.



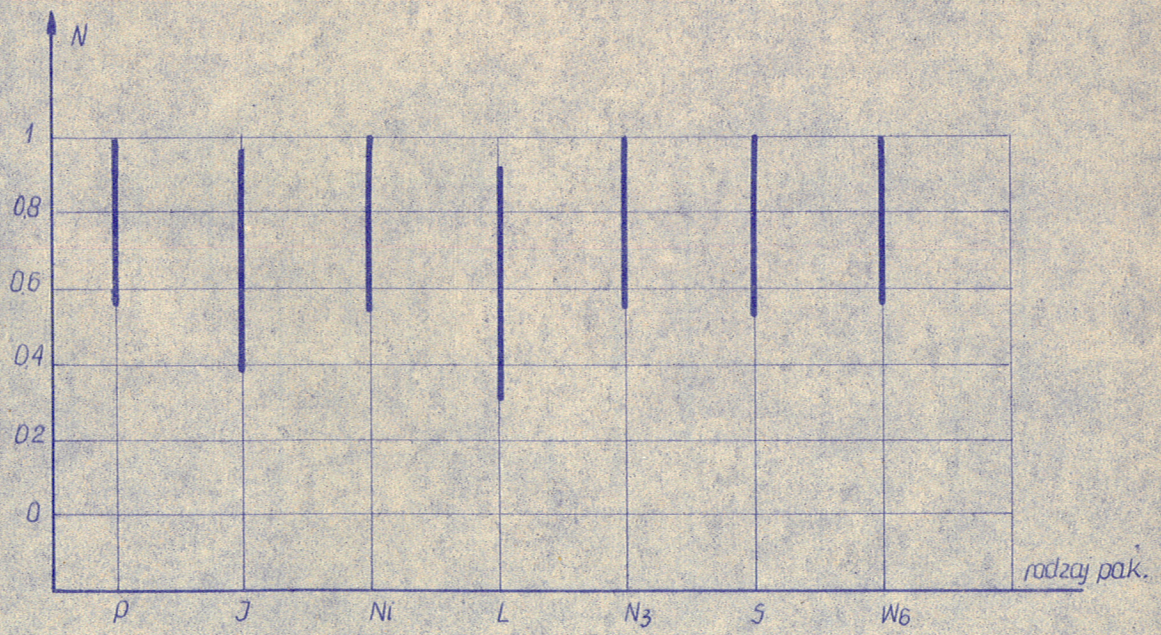
Przedział niezawodności pakietów układów zegarowych.



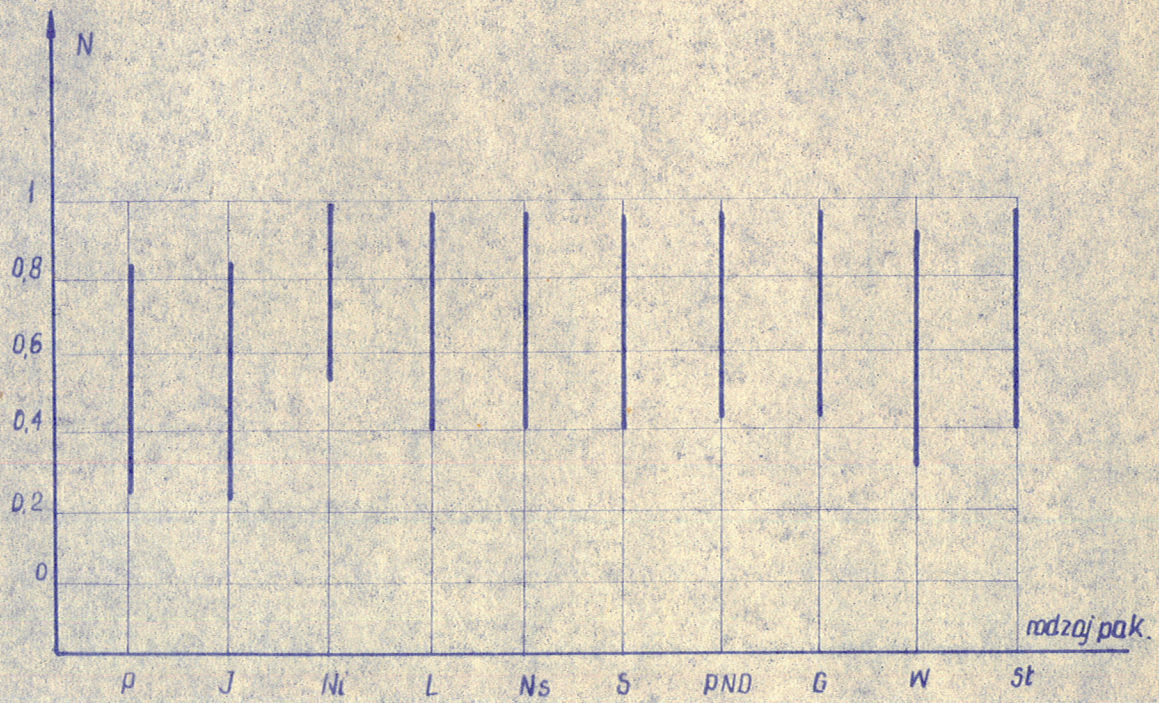
Przedział niezawodności pakietów sterowania.



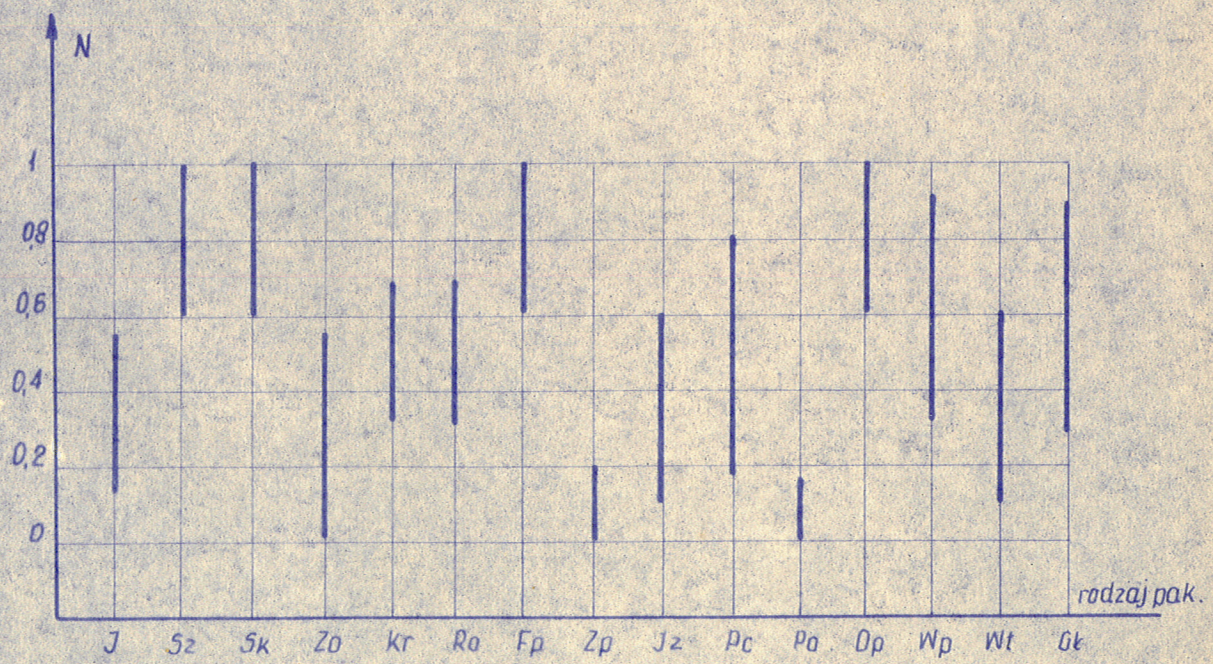
Przedział niezawodności pakietów rejestru sterującego.



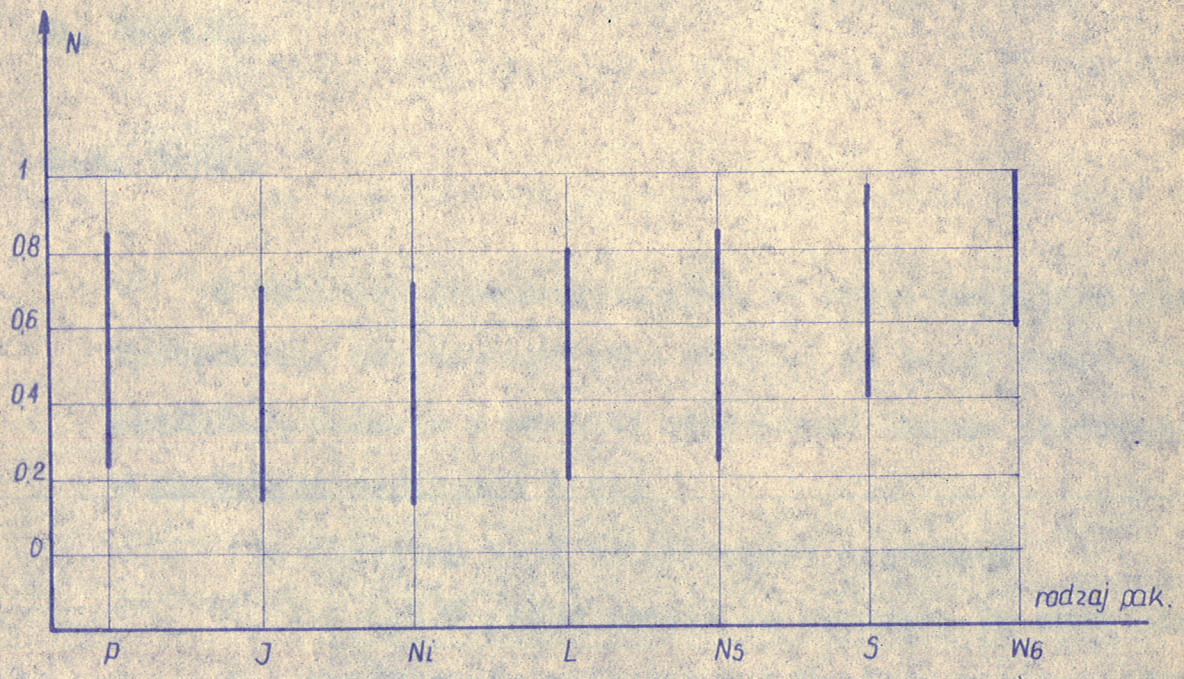
Przedział niezawodności pakietów sumatora.



Przedział niezawodności pakietów układu we-wy.



Przedział niezawodności pakietów pamięci.



Przedział niezawodności pakietów układu automatyki dzielenia.

9. WNIOSKI.

9.1. LAMPY.

Z obliczeń przeprowadzonych na bazie materiału statystycznego dotyczącego lamp wynika, że lampy ECC85 nie spełniają żadnego z wymagań stawianych lampom pracującym w maszynach cyfrowych i tak

1. Wymagana jest intensywność uszkodzeń $\lambda \leq 1{,}5\ \%$ /1000 godzin co oznacza, że może ulec uszkodzeniu najwyżej 1,5 % lamp w ciągu 1000 godzin pracy, podczas gdy z wyników $E[m(t)]$ /patrz str. 43/ widać, że w najlepszym przypadku dla lamp żółtych 9,8 % lamp ulegnie uszkodzeniu w ciągu 24 godzin pracy, w najgorszym przypadku dla lamp białych będzie to 2,9 % /24 godziny.
2. Wymagana jest trwałość lamp $\vartheta \geq 10.000$ godzin wg wyników $E[\vartheta]$ /patrz str. 44/ wartość waha się od 830 godzin dla lamp białych do 5.000 godzin dla lamp żółtych.
3. Wymagana jest duża stabilność parametrów; wg obliczeń zamieszczonych na str. 45 po 500 godzinach pracy 28 - 80 % lamp białych zmienia klasę na niższą /4-16 % na niebieską, 4 - 17 % na czerwoną i po 9 - 23 % na zieloną i żółtą/ dla lamp niebieskich wartości te mieszczą się w granicach 31 - 63 %, dla lamp czerwonych

43 - 61 % i dla lamp zielonych 32 - 41 %.

Wynikiem nie spełnienia przez lampy ECC85 powyższych wymagań są

1. przekłamania /nieprawidłowa praca maszyny/ spowodowane znacznym spadkiem prądu emisji i niesymetrycznością lamp w układach zegarowych, zapisu i odczytu pamięci i rejestrów oraz układów podstawowych.
2. trwałe uszkodzenia - utrata emisji, przerwa włókna żarzenia /często uszkodzenie/, zwarcia międzyelektrodowe /słaba konstrukcja lamp/, pęknięcia obudowy szklanej itp.

Głównie uszkodzenia lamp powodują, że ŚCMB /średni czas między błędami/ jest niewielki i praktycznie wynosi kilkadziesiąt godzin, dlatego też należy jeszcze raz podkreślić ważność przeprowadzania prób marginesowych conajmniej raz w tygodniu w toku normalnej eksploatacji. Pozwoli to na stałe eliminowanie lamp o słabej emisji i zapewni bardziej pewną pracę maszyny przez dłuższy okres czasu.

Stwierdzono również na podstawie obliczeń i obserwacji, że awaryjność lamp w czasie normalnej eksploatacji nie zależy nieomal od czasu trwania wstępnej eksploatacji i jest tego samego rzędu.

Dodatkowo z uwagi na losowe występowanie uszkodzeń diod, oporników, kondensatorów czy też głowic /zwykle spowodowane wadami produkcyjnymi/ można dojść do wniosku, że wstępna eksploatacja nie powinna mieć za główny cel /wg instrukcji eksploatacji UMC-1/ wykrycie i usunięcie ele-

mentów elektronicznych obarczonych wadami produkcyjnymi ale celem naczelnym powinno być obok powyższego usunięcie zimnych lutowań poprzez staranny, kilkakrotny przegląd punktów lutowniczych pakietów, szycia międzypakietowego i międzypanelowego oraz dokładną regulację i przegląd zestyków w pulpicie sterowniczym i przekaźników w maszynie.

Mimo, że zadanie to powinna w dużej mierze spełniać kontrola techniczna należy nadmienić, że wyniki nie są zadawalające

9.2. PAKIETY I WĘZŁY.

Analiza wykresów awaryjności poszczególnych typów pakietów upoważnia do następujących stwierdzeń:

1. Pakiety podstawowe /P, J, Ni, L, Na, S, W / mają wyraźnie mniejszą awaryjność aniżeli pozostałe typy pakietów.
2. Awaryjność takich pakietów jak: Zo - 1, Sk - 1, Zp - 2, Po - 1 jest ważąco wysoka w stosunku do awaryjności pakietów podstawowych. Wskazuje na to dolna granica awaryjności czyli najmniejsza z możliwych wartości, która w tym przypadku przekracza 20 %/500 godz.

Sprawę tę rozpatrzono szczegółowiej wykorzystując dane statystyczne odnośnie charakteru uszkodzeń.

Pakiet Zo - 1 /przełącznik zapis - odczyt z pamięci/ - granice awaryjności: 42 - 97 % / 500 godz. - jest to układ spełniający funkcję koniunkcji. Steruje on wejścia

ośmiu układów.

Jak wykazała statystyka uszkodzenia pakietu Sc - 1 polegały na tym, że po obniżeniu napięcia zasilania o 15 % od U_{nom} /próby marginesowe/ układu nie można było wysterować. Winę za taki stan rzeczy ponosiły zbyt wąskie marginesy napięciowe tego układu; parametry lamp wykazywały rozrzuty tylko o 15 % od wartości początkowej.

Należałoby zatem zastanowić się nad zmianą punktów pracy lamp w tym układzie.

Pakiet Sk - 1 /szpilka kontrolna odczytu/ jest to układ bicking generatora wywołanego przebiegiem zegara.

Układ ten jest dosyć czuły na zmiany napięć zasilających. Celem poprawienia marginesów napięciowych zastosowano tutaj lampy najwyższej klasy. Okazuje się, że nie był to najlepszy sposób, ponieważ lampy te, co zostało wykazane w rozdziale 6, mają najwyższą wartość H /t/ charakteryzującą uszkodzenia zupełne i zmianę parametrów lampy w czasie. Uszkodzenia polegały tutaj właśnie na zmianie parametrów lamp ECC85 w czasie.

Pakiety pamięci: Zp - 2 /zapis do pamięci/ oraz Po - 1 /przerzutnik odczytu/.

Wysoka awaryjność tych pakietów w okresie eksploatacji w ostatniej spowodowana była błędami montażu. Jest to tymbardziej niepokojące, że trzy stanowiska kontroli technicznej błędów tych nie zauważyły.

Niezawodność węzłów dość silnie wiąże się z awaryjnością pakietów wchodzących w ich skład. Stąd węzły zawierające układy odczytu i zapisu pamięci i rejestrów mają o wiele wyższą zawodność od pozostałych. Skłania to jeszcze raz do wniosku, że układy te mają mieć wąskie marginesy napięciowe i mogą pracować pewnie tylko z lampami o dużej stabilności. Jeżeli zdecydowano się stosować lampy o małej stabilności należało zaprojektować układy o szerokich marginesach napięciowych.

Należy zwrócić uwagę na małą niezawodność rejestru akumulatora spowodowaną układami linii opóźniających. Jest to tymbardziej ciekawe, że awaryjność pakietów L - 3 w całej populacji jest niska /2,8 - 6,5 % / 500 godn./ . Wskazuje to albo na zbyt duże obciążenie wyjść pakietu L - 3 w tym węźle, na niekorzystne warunki termiczne lub obniżone napięcie żarzenia.

9.3. WSTĘPNA EKSPLOATACJA.

Przystąpimy teraz do statystycznego określenia czasu trwania wstępnej eksploatacji.

Zagadnienie to wiąże się ściśle z wymaganiami odbiorcy odnośnie niezawodności maszyny. Warunki techniczne odbioru maszyny cyfrowej typu UMC-1 przewidują co prawda przeprowadzenie próby eksploatacyjnej trwającej około 50 godz. nic natomiast nie mówią jaka powinna być wartość ŚCMB w okresie użytkowania maszyny.

łatwo wykazać, że dane odnośnie niezawodności urządzenia zebrane przy takiej próbie nie mogą stanowić rzetelnej podstawy do określenia jakości wyrobu.

Wykorzystując podany przez Epsteina i Sobela związek między kumulatywnym prawdopodobieństwem χ^2 i przedziałem ufności, można wyznaczyć dolną i górną granicę ekstrapolowanego ŚCMB $\overline{T}$ na cały okres użytkowania maszyny.

górna granica $$U = \frac{2r \cdot \overline{T}_{r,n}}{\chi^2_{[1-\frac{r}{2}(2r)]}}$$

dolna granica $$L = \frac{2r \cdot \overline{T}_{r,n}}{\chi^2_{[\frac{r}{2}(2r)]}}$$

gdzie $\overline{T}_{r,n}$ - wartość średnia otrzymana z próbki.

$r = q + 1$; q - liczba błędów urządzenia.

Zależność $r = q + 1$ może być uważana za wynik pesymistycznego przypuszczenia, że jeszcze jedno uszkodzenie może wystąpić w chwilę po zakończeniu próby.

Załóżmy najbardziej sprzyjające warunki tzn. próba eksploatacyjna wypadła pomyślnie; w ciągu 50 godzin nie zanotowano błędu.

Korzystając z tablic niepełnej funkcji gamma lub χ^2 podanej przez G.M. Kyerema ustalimy przedział ufności ŚCMB $\overline{T}$.

Z powyższym przypadku z ufnością 0,90

$$22 \leq \overline{T} \leq 455$$

ŚCMB podano w godzinach.

Ponieważ warunki techniczne dopuszczają wystąpienie ośmiu uszkodzeń w ciągu 72 godzin próby eksploatacyjnej to ŚCMB będzie

$$9 \leq \overline{T} \leq 30$$

Biorąc pod uwagę powyższy przedział ŚCMB odbiorca powinien wyciągnąć następujące wnioski:

1. Należy się liczyć z ewentualnością codziennej naprawy maszyny
2. Programy obliczeniowe zadane maszynie do rozwiązania nie powinny być dłuższe niż dolna granica przedziału /9 godzin/.

Wydaje się, że między innymi zadaniem wstępnej eksploatacji winno być dostarczenie informacji odnośnie spodziewanej wartości ŚCMB w okresie normalnej eksploatacji urządzenia. W tedy odbiorca popełniałby mniejsze ryzyko przy zakupie urządzenia, a zakład uzyskałby cenną informację odnośnie ustawienia problemu serwisu.

Załączona tabelka pozwala określić przedział ufności ŚCMB ekstrapolowanego dla normalnego czasu użytecznego w zależności od trwania eksploatacji wstępnej i ilości zaobserwowanych błędów.

przyjęto poziom ufności $\beta = 0{,}90$

t eksp. wst. /godz/	ilość zauważonych błędów									
	0		1		2		3		4	
	przedział ufności ŚCMB /godz./									
	$\overline{T}_g$	$\overline{T}_d$	$\overline{T}_g$	$\overline{T}_d$	$\overline{T}_g$	$\overline{T}_d$	$\overline{T}_g$	$\overline{T}_d$	$\overline{T}_g$	$\overline{T}_d$
100	910	43	135	25	85	19				
200	1820	87	370	51	178	34				
300	2730	130	555	77	280	56				
400	3640	174	740	102	373	75	230	59		
500	4550	218	925	128	467	93			210	62

U w a g a :

$t_{eksp.wst.}$ przy korzystaniu z powyższej tabelki należy rozpocząć liczyć od chwili zakończenia próby marginesowej.

Definitywnej odpowiedzi na pytanie jak długi powinien być czas eksploatacji wstępnej podać nie można. Brakuje bowiem w warunkach technicznych informacji jak długi powinien być rzeczywisty ŚCMB. Żeby uzyskać tę cenną informację trzebaby przeprowadzić gruntowne badania niezawodności maszyn tego typu. Ponieważ zakłady "ELWRO" nie przedsięwzięły żadnych kroków zmierzających do zapoznania takich badań, wydaje się słusznym na podstawie wyżej przedstawionego wywodu znaczkowe określenie czasu trwania wstępnej eksploatacji.

Kontynuując, można stwierdzić, że czas 200 godzin od chwili zakończenia próby marginesowej jest wystarczająco długi dla wstępnej eksploatacji. Jeśli w tym okresie 200 godzin zaobserwujemy jeden lub mniej błędów, to jak wykazują obliczenia statystyczne można z ufnością 0,90 zagwarantować odbiorcy ŚCMB w granicach 51 - 370 godzin w przeciągu całego okresu normalnej eksploatacji.

To czysto teoretyczne obliczenie ŚCMB zgadza się z wyznaczonym na drodze eksperymentalnej /patrz pkt. 9.1. i rozdz. 5. rys. 5.5. i 5.7./ jak również z danymi empirycznymi uzyskanymi podczas wstępnej eksploatacji drugiej grupy m.c. UMC-1.

Z badania wszystkich lamp UMC-1 w okresie wstępnej eksploatacji /co przewiduje Instrukcja Wstępnej Eksploatacji Maszyny Cyfrowej UMC-1/ można zrezygnować, gdyż jak już nadmieniono próby marginesowe pozwalają nam na usunięcie z maszyny lamp słabych.

Ponieważ test A - 2 sprawdzający poprawność działania automatyki dzielenia nie spełnia swojej roli, opracowaliśmy test M - 1 sprawdzający wszystkie przypadki dzielenia. Test M - 1 pozwala przy znajomości układu automatyki dzielenia na szybkie zlokalizowanie ewentualnego uszkodzenia w tym układzie.

9.4. PODSUMOWANIE WYNIKÓW.

Na podstawie statystycznego opracowania wyników badań wstępnej eksploatacji stwierdzamy, że należy wprowadzić zmiany w dotychczasowej Instrukcji Wstępnej Eksploatacji Maszyny Cyfrowej UMC-1 oraz w warunkach technicznych UMC-1 proponowane przez nas w tej pracy. Uważamy to za niezbędne, gdyż w przeciwnym wypadku wstępna eksploatacja może mijać się z celem.

Większość zadań wstępnej eksploatacji powinna spełniać kontrola techniczna; odnosi się to szczególnie do kontroli jakości wykonania punktów lutowniczych /nie może tu być stosowana kontrola wyrywkowa/. Co prawda kontrola jakości na etapie produkcyjnym nie pozwala uczynić wyrobu niezawodnym , ale w tym przypadku pozwoli na osiągnięcie maksimum tego co można uzyskać przy obecnej konstrukcji elektronicznej.

10. ZAKONCZENIE.

Dla opracowania materiału statystycznego zebranego w czasie wstępnej eksploatacji trzeba było wykonać dużo czasochłonnych obliczeń. Zadanie to powierzono maszynie cyfrowej ZUSE Z-23. Programy ułożono autokodzie ALGOL.

Rozliczenie czasowe:

zbieranie materiału statystycznego - 4 miesiące
programowanie - 30 godzin
uruchomienie programów - 10 godzin
wprowadzanie programów - 20 minut
jednokrotne obliczenie - 2,5 godziny.

Czas obliczeń przy stosowaniu tradycyjnych metod rachunkowych wynosiłby około 300 godzin.

11. LITERATURA

1. D.N.Chorafas - Procesy statystyczne i niezawodność urządzeń. PWN Warszawa 1963.

2. H.Cramer - Metody matematyczne w statystyce. Warszawa 1958.

3. Sz.Pirkowicz - Statystyczna ocena jakości i niezawodności lamp elektronowych. WNT Warszawa 1963.

4. M.Fisz - Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN Warszawa 1954.

5. K.Grzesiak - Przegląd telekomunikacyjny nr 10/1960.

6. I.M.Malikow, A.M.Połowko, I.A.Romanow, P.A.Czukrjejew - - Osnowy tjeorii i razczieta nadieżnosti. Sudpromgiz 1960.

7. A.Sielicki - Praca doktorska. Wrocław, kwiecień 1963.