

P2900/81

BIULETYN TECHNICZNY



INFORMATYKA

8 (234)
1981

Redakcja Kolegium w składzie:

mgr A. Chróścielewska, mgr inż. J. Dziewięcki,
prof. dr hab. inż. A. Janicki (redaktor naukowy),
dr inż. W. Kossowski, inż. L. Kowalski (redaktor działu "Technika"),
mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji),
mgr inż. J. Reluga (redaktor działu "Technologia"),
mgr inż. A. Teodorczuk, mgr inż. T. Ustaborowicz,
mgr inż. M. Wajcen (redaktor naczelny), mgr inż. R. Zieleniewski

Warunki prenumeraty

Jednostki gospodarki społecznej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW "Prasa-Książka-Ruch", w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW – w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 516 zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półroczu.

ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU AUTOMATYKI
I APARATURY POMIAROWEJ „MERA”



7.2900 | 81

„MERA”

BIULETYN PRZEMYSŁU
KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW
AUTOMATYZACJI I POMIARÓW

WARSZAWA, SIERPIEŃ 1981

SPIS TREŚCI

W. Dmochowski	Prognozowanie niezawodności urządzeń elektronicznych w automatyce	4
W. Łanowski	Uwzględnienie niezawodności systemu w projektowaniu oprogramowania komputerowego systemu nadzoru procesów przemysłowych	10
S. Budzyński J. Tuszyńska	Badania niezawodności pneumatycznych i elektrycznych elementów automatyki	16
J. Winlarska	Metodyka oraz niektóre wyniki badań niezawodności elektrycznych przyrządów tablicowych w warunkach morskich	23
<u>Informacje, nowości</u>		
W. Góral	Taksometr elektroniczny POLTAX-3.....	31
I. Jędrzejczak	Cyfrowy miernik napięcia i prądu stałego typu N 12.....	32

Opracowanie Redakcyjne: Redakcja Biuletynu "Mera", ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa /12-90-11 wewn. 17-54/. Wydawca: Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej "Mera Pniefal", ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa, Zam. 131/81 2300 egz.

Od redakcji

Problemy jakości i niezawodności złożonych wyrobów przemysłowych są obecnie jednym z głównych kierunków, które mogą umożliwić zaspokojenie rosnących potrzeb społecznych przy gwałtownie zmniejszającej się bazie surowcowej i energetycznej. Tylko produkcja wyrobów o optymalnej trwałości i niezawodności, skonstruowanych w oparciu o prognozowany poziom jakości jak i doświadczenia z eksploatacji pozwala na zmniejszenie marnotrawstwa materiałów. W ostatnich latach w naszym kraju straty z tytułu pogarszającej się jakości spowodowały konieczność gwałtownego przyrostu ilościowego we wszystkich gałęziach. Przemysłowe wyroby inwestycyjne, produkowane na potrzeby innych gałęzi, stanowiły tu główny udział w stratach.

Ceny wyrobów są niewspółmierne do reprezentowanego poziomu jakości, a fakt społecznego użytkowania nie wywołuje pożądanych mechanizmów działania wobec nierzetelnych producentów. W większości przypadków stanowi podstawowy argument do dalszego obniżenia poziomu jakości na zasadzie: ponieważ podzespoły są złe, dlatego wyrób musi być zły. Nie jest to jednak takie oczywiste.

Najbliższe lata zmuszą nas do zrewidowania tego poglądu i podjęcia rzeczywistych i skutecznych działań. Jeżeli chcemy wyjść z obecnej sytuacji kryzysowej i nadal zostać krajem przemysłowym dalsze marnotrawstwo surowców i materiałów w imię ilości wyrobów za wszelką cenę dla wykonania planu i tą metodą wypracowanie zysku jest niemożliwe.

Obecny numer Biuletynu Technicznego "Mera" poświęcony jest zagadnieniom niezawodności wyrobów przemysłu automatyki i aparatury pomiarowej - w tym problemom zapewnienia odpowiedniego poziomu niezawodności na etapie projektowania jak i wynikiem prac w jednostkach zaplecza technicznego w zakresie badań symulacyjnych i eksploatacyjnych wyrobów, głównie dla określenia kierunków zmian modernizacyjnych. Materiały te będą prezentowane na niemiecko-polskim sympozjum organizowanym w IV kw. br. przez Centralną Komisję Jakości Stowarzyszenia Elektryków Polskich, stąd w kolejnym numerze Biuletynu znajdą się artykuły przygotowane na sympozjum przez stronę niemiecką.



PROGNOZOWANIE NIEZAWODNOŚCI URZĄDZEŃ ELEKTRONICZNYCH W AUTOMATYCE

Urządzeniom elektronicznym pracującym w automatyce stawiane są wysokie wymagania niezawodnego działania i bezpieczeństwa. Jednocześnie obserwuje się zupełny brak krajowych elementów elektronicznych o odpowiednio wysokim poziomie niezawodności, niepowtarzalne parametry dostarczanych materiałów i elementów oraz częściowy brak na rynku niektórych materiałów, zmuszających do stosowania nie zawsze właściwych odpowiedników. W takich warunkach wytwarzanie urządzenia elektronicznego o stałym i z góry określonym poziomie niezawodności napotyka na trudności niejednokrotnie niezależne od producenta. Dlatego też projektowanie niezawodności urządzeń elektronicznych powinno uwzględniać wymienione mankamenty i opierać się na jednolitej metodyce. Taka metoda zawarta jest w powszechnie stosowanej w krajach kapitalistycznych normie MIL. HDBK 217B [1]. Adaptacja tej normy do warunków krajowych dokonana została w pracy [2].

Dla oceny niezawodności urządzenia elektronicznego niezbędna jest znajomość intensywności uszkodzeń elementów składowych. Aby jednak projektować niezawodność urządzenia należy dysponować bazą elementową o różnych poziomach intensywności uszkodzeń. Problem sprowadza się wtedy do wyznaczenia optimum kosztów ewentualnych strat i niezawodności rozpatrywanego urządzenia. W przypadku braku możliwości wyboru bazy elementowej o wymaganym poziomie intensywności uszkodzeń, niezwyklej wagi nabiera zagadnienie doboru optymalnego obciążenia elektrycznego i termicznego elementów elektronicznych, mające na celu obniżenie eksploatacyjnej intensywności uszkodzeń [3].

Niezawodność intensywności uszkodzeń elementów składowych urządzenia elektronicznego

Niezawodność jako zdolność do spełniania określonych zadań w określonym czasie i w określonych warunkach eksploatacyjnych wyrażana jest prawdopodobieństwem poprawnej pracy w zadanym odcinku czasu. Prawdopodobieństwo poprawnej pracy urządzenia elektronicznego można przedstawić w sposób następujący:

$$R/t = R_k/t \cdot R_p/t \cdot R_c/t$$

gdzie:

R_k/t - prawdopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia katastroficzne,

R_p/t - prawdopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia parametryczne,

R_c/t - prawdopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia chwilowe, wyznaczone eksperymentalnie, a w obliczeniach przyjmowane jako $R_c/t = 1$

Prawdopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia katastroficzne prognozuje się na podstawie modeli matematycznych przedstawionych w normie [1]. Przy założeniu rozkładu wykładniczego dla uszkodzeń katastroficznych otrzymujemy:

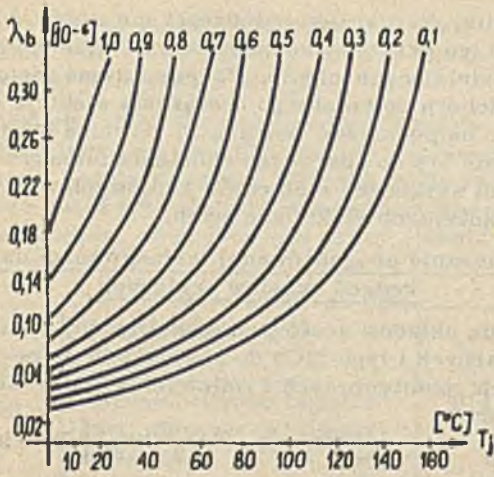
$$R_k/t = e^{-\Lambda t} \quad \Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad T_{\lambda} = \frac{1}{\lambda}$$

gdzie:

Λ - strumień intensywności uszkodzeń w urządzeniu elektronicznym,

t - rozpatrywany odcinek czasu,

n - liczba elementów wchodzących w skład urządzenia,



Rys. 1. Charakterystyka $\lambda_b = f/T_j$ dla tranzystorów krzemowych.

λ_1 - eksploatacyjna intensywność uszkodzeń 1-tego elementu,
 T_λ - średni czas między uszkodzeniami.

Ogólny model matematyczny prognozowanej eksploatacyjnej intensywności uszkodzeń ma postać:

$$\lambda_p = \lambda_b f/a_{ij}$$

gdzie:

λ_p - prognozowana intensywność uszkodzeń dla przewidywanych warunków eksploatacji,

λ_b - bazowa intensywność uszkodzeń,
 f/a_{ij} - funkcja współczynników korekcyjnych, za pomocą których uwzględnia się środowiskowe warunki pracy, jakość wykonania, stopień opanowania technologii, stopień złożoności układu, wpływ temperatury, wpływ obciążenia elektrycznego, rodzaj zastosowania, rodzaj konstrukcji elementu.

Dla każdej technologii wykonania elementów wzór przybiera inną postać, uwzględniającą ich odpowiednie cechy fizyczne i funkcjonalne. Przykładowo bazowa intensywność uszkodzeń elementów półprzewodnikowych wg modelu przedstawionego w normie [1] wynosi:

$$\lambda_b = A \cdot \exp \frac{N_T}{273 + T / \Delta T / S} \exp \frac{273 + T / \Delta T / S^P}{T_M}$$

gdzie:

A - parametr skali,
 N_T, T_M, P - stałe materiałowe,
 T - temperatura otoczenia,
 ΔT - różnica między maksymalną temperaturą T_{max} przy braku obciążenia, a maksymalną temperaturą T_s przy pełnym obciążeniu,
 S - współczynnik obciążenia elektrycznego elementu.

Charakterystyki intensywności uszkodzeń dla tranzystorów krzemowych NPN w funkcji temperatury i obciążenia elektrycznego przedstawiono na rys. 1. Pradopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia parametryczne szacuje się na podstawie stabilności pracy poszczególnych układów w urządzeniu wg wzoru:

$$R_p/t/ = \prod_{i=1}^N R_i/t/$$

gdzie:

N - liczba rozpatrywanych układów w urządzeniu,

$R_i/t/$ - prawdopodobieństwo poprawnej pracy ze względu na uszkodzenia parametryczne poszczególnego układu.

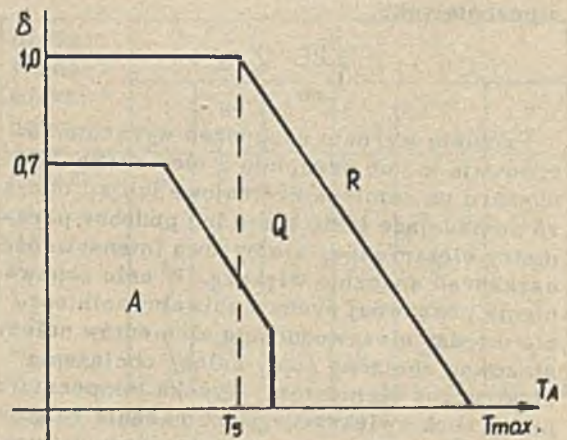
Wybór obciążenia elektrycznego i termicznego elementów elektronicznych podczas projektowania niezawodności

Zwykle każdy element elektroniczny określony jest charakterystyką zależności obciążenia elektrycznego od temperatury wyznaczana przez $S=1, T_s$ i T_{max} /rys. 2/. Obszar wyznaczony przez tę charakterystykę jest dopuszczalnym obszarem pracy, a obszar poza nią obszarem zabronionym /R/. Ze względu na polepszenie niezawodności wyznacza się wewnątrz obszaru dopuszczalnego obszar akceptowany /A/ [4]. Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę $S=f/T/$ i zaznaczono obszar A - akceptowany przez niezawodność, obszar Q - kwestionowany i obszar R - zabroniony.

Z analizy obszarów pracy wynikają następujące zalecenia:

- dla cyfrowych układów scalonych

$$\frac{P_{pr}}{P_{zn}} \leq 0,6 \quad P_{pr} = \frac{I_{IL} + I_{IH}}{2} V_{CC} + I_{OL} \cdot V_{OL}$$



Rys. 2. Typowa charakterystyka $S = f/T_j$.

gdzie:

P_{pr} , P_{zn} - moc wydzielana podczas pracy i znamionowa,

I_{II} - prąd wejściowy w stanie logicznego "0",

I_{III} - prąd wejściowy w stanie logicznej "1",

V_{CC} - napięcie zasilania,

I_{OI} - prąd wyjściowy w stanie logicznego "0",

V_{OI} - napięcie wyjściowe w stanie logicznego "0"

- dla liniowych układów scalonych

$$\frac{P_{pr}}{P_{zn}} \leq 0,6$$

- dla diod i tranzystorów

$$\frac{P_{pr}}{P_{zn}} \leq 0,6$$

przy czym dodatkowo dla diod:

$$\frac{I_{pr}}{I_{zn}} \leq 0,75 \quad \text{i} \quad \frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,8$$

oraz dla tranzystorów:

$$\frac{I_{Cpr}}{I_{Czn}} \leq 0,8 \quad \text{i} \quad \frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,9$$

gdzie:

I_{pr} , U_{pr} - prąd i napięcie podczas pracy,

I_{zn} , U_{zn} - prąd i napięcie znamionowe,

I_{Cpr} , I_{Czn} - prąd kolektora podczas pracy i znamionowy.

- dla rezystorów warstwowych:

$$\frac{P_{pr}}{P_{zn}} \leq 0,7 \quad \text{i} \quad \frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,75$$

i drutowych:

$$\frac{P_{pr}}{P_{zn}} \leq 0,5 \quad \text{i} \quad \frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,75$$

- dla kondensatorów elektrolitycznych:

$$\frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,8$$

i pozostałych:

$$\frac{U_{pr}}{U_{zn}} \leq 0,7$$

Problem wzrostu uszkodzeń wyraźnie zarysowuje się po przejściu z elementów II obszaru na zamienniki krajowe lub z I obszaru posiadające takie same lub podobne parametry elektryczne, ale bazową intensywność uszkodzeń znacznie większą. W celu zapewnienia poprawnej pracy i zniwelowania różnic między niezawodnością elementów należy stosować obniżone / optymalne / obciążenia elektryczne elementów. Wysoka temperatura pracy obok zwiększonego obciążenia są główną przyczyną zwiększonej intensywności uszkodzeń elementów. Szczególnej wagi nabiera tutaj zapewnienie poprawnych warunków chłodzenia.

Na warunki chłodzenia ma wpływ rozkład temperatur i rozmieszczenie elementów wydzielających ciepło. Przedstawiona metoda doboru optymalnego obciążenia elektrycznego na podstawie obszaru A, powinna przyczynić się do znacznego obniżenia intensywności uszkodzeń elementów krajowych w urządzeniach elektronicznych.

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń układów scalonych

Dla układów scalonych monolitycznych bipolarnych i typu MOS do zastosowań cyfrowych, pamięciowych i liniowych stosuje się wzór:

$$\lambda_p = a_L \cdot a_Q / C_1 \cdot a_T + C_2 \cdot a_E / [10^{-6}/h]$$

gdzie:

a_L - współczynnik uwzględniający stopień opanowania produkcji,

a_Q - współczynnik określający klasę jakości wykonania,

a_T - współczynnik uwzględniający wpływ temperatury,

a_E - współczynnik uwzględniający wpływ środowiska,

C_1 , C_2 - współczynniki określające złożoność układu scalonego.

Współczynnik a_L określa wpływ przerw produkcyjnych, zmian technologii lub załogi na opanowanie produkcji. Układy scalone z II obszaru wykonywane są w sześciu klasach jakości A, B, B-1, B-2, C i D, a krajowe w jednej. Dla każdej z tych klas określany jest dopuszczalny współczynnik jakości a_Q . Najgorszym poziomem jakości charakteryzuje się klasa D, reprezentująca elementy handlowe bez odsiewu selekcyjnego. Współczynnik a_T określa wpływ temperatury złącza T_j na intensywność uszkodzeń. Jeżeli T_j nie jest znane to przyjmuje się:

$$T_j = T_A + 10^\circ\text{C} \quad \text{dla } N_T \leq 120$$

$$T_j = T_A + 25^\circ\text{C} \quad \text{dla } N_T > 120$$

gdzie:

T_A - temperatura otoczenia,

N_T - liczba tranzystorów w układzie scalonym.

Współczynniki C_1 i C_2 określające złożoność układu scalonego uzależnione są dla układów cyfrowych od liczby bramek $N_G/N_G = 4N_T/$, dla układów pamięciowych od liczby bitów informacji N_B i dla układów liniowych od liczby tranzystorów N_T . W przypadku hybrydowych układów scalonych intensywność uszkodzeń oblicza się ze wzoru:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_T \cdot a_E \cdot a_Q \cdot a_F [10^{-6}/h]$$

gdzie:

λ_b - bazowa intensywność uszkodzeń,

a_F - współczynnik uwzględniający funkcję

hybrydowego układu scalonego /cyfrowa, liniowa, liniowo-cyfrowa/ pozostałe współczynniki jak we wzorze /1/.

Współczynnik a_E uwzględniający wpływ środowiska jest pewnego rodzaju współczynnikiem bezpieczeństwa. Określa on ile razy może zwiększyć się intensywność uszkodzeń w zależności od środowiska pracy /tabela 1/.

Oznaczenie	Rodzaj środowiska pracy	a_E
G_{B1}	warunki ziemne łagodne /pomieszczenia klimatyzowane/	0,2
G_{B2}	warunki ziemne łagodne /pomieszczenia nieklimatyzowane/	0,5
G_F	warunki ziemne zmienne /automatyka przemysłowa/	1,0
A_I	transport powietrzny, górnictwo	4,0
G_M	transport samochodowy	4,0
N_S	transport morski	4,0

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń tranzystorów i diod

Tranzystory i diody podzielone zostały na następujące grupy:
 grupa I - tranzystory krzemowe /npn i pnp/ tranzystory germanowe /npn i pnp/
 grupa II - tranzystory polowe /FET/
 grupa III - tranzystory jednozłączowe /UJT/
 grupa IV - diody ogólnego zastosowania /Si i Ge/
 grupa V - stabilistory
 grupa VI - tyrystory
 grupa VII - diody mikrofalowe detekcyjne /Ge i Si/Y diody mikrofalowe mieszające /Ge i Si/
 grupa VIII - diody pojemnościowe i tunelowe.

Prognozowana intensywność uszkodzeń tranzystorów i diod opisana jest wzorem:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_A \cdot a_Q \cdot a_{S2} \cdot a_C [10^{-6}/h]$$

gdzie:

a_A - współczynnik uwzględniający zastosowanie,

a_{S2} - współczynnik uwzględniający wpływ obciążenia napięciowego,

a_C - współczynnik uwzględniający konstrukcję elementu, pozostałe współczynniki jak we wzorze /1/.

Współczynnik aplikacji a_A jest zróżnicowany w poszczególnych grupach, w zależności od zastosowania: liniowe, logiczne przełączające, w cz, niskosygnałowe, mocowe. Elementy z II obszaru wykonywane są w czterech klasach jakości JANTXV, JANTX, JAN i powszechnego użytku. Dla każdej grupy w poszczególnych klasach określany jest współ-

czynnik jakości a_Q . Współczynnik obciążenia napięciowego a_{S2} odnoszony jest do maksymalnego napięcia kolektor-emiter dla tranzystorów lub maksymalnego napięcia przebicia w przypadku diod. Współczynnik uwzględniający konstrukcję rozróżnia tranzystory: pojedyncze, podwójne niezrównoważone lub zrównoważone, z podwójnym emiterem, podwójnie komplementarne, w układzie Darlingтона, wieloemiterowe i poczwórne. Wartości współczynnika a_E dla poszczególnych grup określa tabela 2.

Rodzaj środowiska pracy	a_E	
	gr. I-VI i VIII	gr. VII
G_{B1}, G_{B2}	1	1
G_F	5	10
A_I	25	50
N_S	25	50
G_M	25	50

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń rezystorów i potencjometrów

Rezystory zostały podzielone na następujące grupy technologiczne: rezystory kompozycyjne, rezystory warstwowe, rezystory warstwowe mocy, rezystory drutowe i rezystory drutowe mocy. Dla obliczania prognozowanej intensywności uszkodzeń korzysta się ze wzoru:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_R \cdot a_Q [10^{-6}/h]$$

gdzie:

a_R - współczynnik uwzględniający wartość rezystancji rezystora, pozostałe współczynniki jak we wzorze /1/.

Wartości współczynnika a_E dla poszczególnych grup rezystorów określa tabela 3.

Rodzaj środowiska pracy	a_E					
	1	2	3	4	5	6
G_{B1}, G_{B2}	1	1	1	1	1	1
G_F	2	2,5	5	5	6	3
A_I	4	5	6,5	6,5	15	6
N_S	5	7,5	8	7,5	18	7
G_M	7	10	12	12	20	10

1: rezystory kompozycyjne,

2: rezystory warstwowe wysokostabilne,

3: rezystory warstwowe zwykłe,

4: rezystory warstwowe mocy,

- 5: rezystory drutowe.
6: rezystory drutowe mocy.

Podział potencjometrów uwzględniający technologię wykonania rozróżnia potencjometry kompozycyjne, drutowe zwykłe, drutowe precyzyjne, drutowe mocy oraz trymerów drutowe i warstwowe. Prognozowana intensywność uszkodzeń potencjometrów i trymerów opisana jest wzorem:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_t \cdot a_E \cdot a_R \cdot a_Q \cdot a_V \cdot 10^{-6}/h$$

gdzie:

a_t - współczynnik uwzględniający liczbę wyprowadzeń,

a_V - współczynnik uwzględniający wpływ obciążenia napięciowego,

pozostałe czynniki jak we wzorze /1/.

Wartości współczynnika a_E dla poszczególnych typów potencjometrów podaje tabela 4.

Rodzaj środowiska pracy	a_E					
	1	2	3	4	5	6
G_{B1}, G_{B2}	1	1	1	1	1	1
G_F	10	5	6	6	3	3
A_I	50	10	15	15	6	6
N_S	50	10	18	17,5	7	8
G_M	50	10	20	20	8	10

- 1: potencjometry kompozycyjne
2: potencjometry drutowe precyzyjne
3: potencjometry drutowe zwykłe
4: potencjometry drutowe mocy
5: trymery warstwowe
6: trymery drutowe.

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń kondensatorów.

Podział kondensatorów ze względu na technologię wykonania obejmuje następujące grupy: kondensatory papierowe i foliowe, kondensatory mikowe, kondensatory i trymery ceramiczne, kondensatory elektrolityczne aluminiowe, kondensatory elektrolityczne tantalowe z ciekłym i stałym elektrolitem. Prognozowaną intensywność uszkodzeń kondensatorów oblicza się ze wzoru:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_Q \cdot a_{SR} \cdot 10^{-6}/h$$

gdzie:

a_{SR} - współczynnik uwzględniający iloraz szeregowej rezystancji układu do napięcia pracy kondensatora /tylko dla kondensatorów elektrolitycznych tantalowych ze stałym elektrolitem/, pozostałe oznaczenia jak we wzorze /1/. Wartości współczynnika a_E dla poszczególnych typów kondensatorów przedstawiono w tabeli 5.

Rodzaj środowiska pracy	a_E						
	1	2	3	4	5	6	7
G_{B1}, G_{B2}	1	1	1	1	1	1	1
G_F	2	4	2	4	2	2	2
A_I	4	6	4	8	12	6	4
N_S	4	6	4	8	12	6	4
G_M	4	6	4	8	12	6	4

- 1: kondensatory papierowe i foliowe
2: kondensatory mikowe
3: kondensatory ceramiczne
4: trymery ceramiczne
5: kondensatory elektrolityczne aluminiowe
6: kondensatory elektrolityczne tantalowe
7: kondensatory elektrolityczne tantalowe ze stałym elektrolitem.

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń transformatorów, dławików i cewek

Podzespoły elektryczne obejmujące transformatory, dławiki i cewki zostały podzielone na transformatory impulsowe, transformatory m.cz., transformatory zasilające i dławiki oraz transformatory w.cz. i cewki. Prognozowaną intensywność uszkodzeń tych podzespołów oblicza się ze wzoru:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_Q \cdot 10^{-6}/h$$

Temperaturę najgorętszego punktu T_{HS} oblicza się ze wzoru: $T_{HS} = T_A + 1,1 \Delta T$

$$\Delta T = \frac{R_g - R_z}{R_z} / 235 + t_o / - / t_1 - t_o /$$

gdzie:

T_A - temperatura otoczenia,

ΔT - średni przyrost temperatury otrzymany metodą pomiaru rezystancji,

R^z - rezystancja uzwojenia zimnego,

R^g - rezystancja uzwojenia gorącego,

t_o - temperatura uzwojenia zimnego,

t_1 - temperatura końcowa czynnika chłodzącego.

Wartości współczynnika a_E dla transformatorów, dławików i cewek określa tabela 6

Rodzaj środowiska pracy	a_E
G_{B1}, G_{B2}	1
G_F	2
A_I	5
N_S	5
G_M	3

Obliczanie prognozowanej intensywności uszkodzeń złącz przekaźników i przełączników

Prognozowana intensywność uszkodzeń złącz przedstawiona jest wzorem:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_p^{+N} \cdot \lambda_C / [10^{-6}/h]$$

gdzie:

a_p - współczynnik uwzględniający liczbę aktywnych pinów,

N - liczba aktywnych pinów,

λ_C - współczynnik uwzględniający ilość łączy/1000 h, pozostałe oznaczenia jak we wzorze /1/.

Wartości współczynnika a_E dla złącz podaje tabela 7.

Rodzaj środowiska pracy	a_E	
	militarne	pow. użytku
G_{B1} G_{B2}	1	10
G_F	4	16
A_I	4	15
N_S	4	12
G_M	8	16

Przekaźniki zostały podzielone na grupy wg wartości znamionowej prądu zestyku, typu i zastosowania. Prognozowaną intensywność uszkodzeń przekaźników oblicza się ze wzoru:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_S \cdot a_E \cdot a_C \cdot a_Q \cdot a_{cykl} [10^{-6}/h]$$

gdzie:

a_S - współczynnik uwzględniający wpływ obciążenia elektrycznego,

a_C - współczynnik uwzględniający typ i liczbę zestyków,

a_{cykl} - współczynnik uwzględniający liczbę przełączeń/h.

Wartości współczynnika a_E dla przekaźników podaje tabela 8.

Rodzaj środowiska pracy	a_E	
	militarne	pow. użytku
G_{B1} G_{B2}	1	1
G_F	2	4
A_I	8	16
N_S	9	24
G_M	10	30

Prognozowaną intensywność uszkodzeń przełączników określa się wg wzoru:

a. dla przełączników obrotowych i mikrołączników czułych

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_{cykl} [10^{-6}/h]$$

b. dla przełączników przechyłnych i klawiszowych

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot a_E \cdot a_C \cdot a_{cykl} [10^{-6}/h]$$

Wartości współczynników a_E dla przełączników podaje tabela 9.

Rodzaj środowiska pracy	a_E
G_{B1} G_{B2}	0,3
G_F	1
A_I	12
N_S	1,2
G_M	5

Niezawodność jest właściwością eksploatacyjną, ale decydujący wpływ na nią mają czynności podejmowane podczas projektowania konstrukcji i procesu technologicznego. W artykule przedstawiono metodykę prognozowania intensywności uszkodzeń poszczególnych typów elementów elektronicznych podczas projektowania. Zwrócono szczególną uwagę na wpływ środowiska pracy przy obliczaniu prognozowanej intensywności uszkodzeń. W obliczeniach przy projektowaniu niezawodności przyjmuje się, że konstrukcja jest prawidłowo zaprojektowana, a wytwarzanie wyrobu zgodne z zakładaną technologią. W przeciwnym przypadku obliczenia nie będą pokrywały się z rzeczywistością, a niezawodność wyrobu będzie znacznie odbiegała od projektowanej.

L i t e r a t u r a :

[1] MII.-HDBK-217B. Military standardization Handbook. Reliability prediction of electronic equipment, 1974.

[2] W. Dmochowski, Z. Kłós, H. Szaliński: Instrukcja obliczania średniego czasu między uszkodzeniami urządzenia elektronicznego na poszczególnych etapach projektowania CKSAiP "Mera-Elwro", Wrocław, 1978.

[3] W. Dmochowski: Dobór optymalnego obciążenia elektrycznego i termicznego elementów elektronicznych podczas projektowania niezawodności sprzętu elektronicznego. Materiały konferencyjne Rościszów 80, PIT Warszawa, 1980.

[4] R. T. Anderson: Reliability Design Handbook, R. A. C. 1976.



UWZGLĘDNIENIE NIEZAWODNOŚCI SYSTEMU W PROJEKTOWANIU OPROGRAMOWANIA KOMPUTEROWEGO SYSTEMU NADZORU PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

W klasycznych systemach pomiarowo-kontrolnych zbudowanych w technice analogowej problem niezawodności sprowadzał się przede wszystkim do niezawodnego działania poszczególnych układów. Poprzez układ rozumie się tu zespół elementów sprawujący funkcje kontrolne w stosunku do jednego węzła procesu. Problem wpływu niesprawności jednego układu na inne zazwyczaj nie istniał, gdyż poszczególne układy były realizowane jako oddzielne, nie połączone ze sobą bloki. Zastosowanie komputerów w układach pomiarowo-kontrolnych spowodowało, że problem wzajemnego wpływu niesprawności jednego układu na inne stał się istotny, ponieważ te różne układy zbudowane są w takim przypadku w oparciu o pojedynczy układ - komputer. Algorytmy realizacji poszczególnych układów, a także algorytm przełączania komputera pomiędzy realizację tych funkcji określają oprogramowanie. Artykuł niniejszy poświęcony jest takiemu doborowi struktury sprzętu i oprogramowania komputerowego systemu pomiarowo-kontrolnego, który minimalizuje wpływ uszkodzeń poszczególnych elementów układu.

W artykule przedstawiono kolejno: wybór miary niezawodności rozważanej klasy systemów, półmarkowowski model systemu, który posłużył do wyznaczenia wartości tej miary oraz płynące z analizy wnioski.

Przedmiotem rozważań będą systemy charakteryzujące się następującymi cechami:

1. Oprogramowanie systemu podzielone jest na części zwane zadaniami, z których każde stanowi algorytm realizacji pojedynczej funkcji pomiarowo-kontrolnej. Wyróżnione zadanie stanowi system operacyjny sterujący przełączaniem jednostki centralnej komputera pomiędzy realizację poszczególnych zadań.

2. Ilość zadań jest ograniczona i niezmienna. Wszystkie zadania wykonywane są w jednokowej sekwencji, cyklicznie, co jednakowy od-cinek czasu.

3. Elementy sprzętu systemu rozdzielone są pomiędzy dwie strefy /rys. 1/:

Strefę 1 /przetwarzania/ tworzą elementy niezbędne do wykonania wszystkich zadań.

Strefę 2 /pomiarową/ tworzą elementy niezbędne do wykonania pojedynczego zadania.

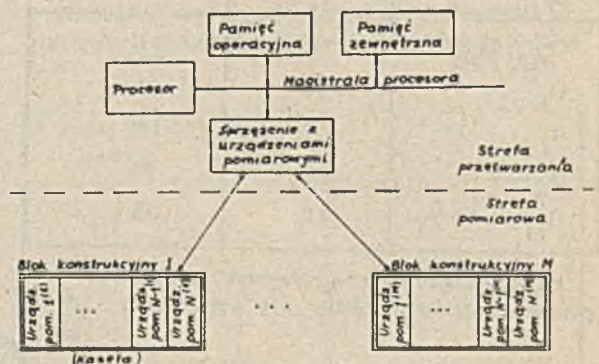
4. System pracuje w czasie rzeczywistym tzn. dane dla prawidłowego wykonania zadania istnieją tylko w ograniczonym odcinku czasu. Nieprzetworzenie danych w tym czasie uważane jest za niesprawność systemu.

5. Na sprzęt systemu oddziałuje poissonowski strumień niesprawności składający się z:

- a. uszkodzeń - niesprawności, których usunięcie wymaga interwencji obsługi technicznej
- b. przekłamań - niesprawności, których usunięcie nie wymaga interwencji obsługi technicznej.

Wszystkie niesprawności są wykrywane przez istniejące w każdym zadaniu mechanizmy kontroli.

6. Reakcją na wykryte uszkodzenie jest taka zmiana algorytmu działania systemu operacyjnego, która powoduje, że zadanie /zadania/ wykorzystujące niesprawny element sprzętu nie są wykonywane do czasu usunię-



Rys. 1. Schemat blokowy sprzętu systemu

cia uszkodzenia. System przechodzi wówczas ze stanu pełnej sprawności /wykonywane wszystkie zadania/ do stanu sprawności częściowej /wykonywane przynajmniej jedno zadanie/. Rozważany system posiada więcej niż jeden stan sprawności /choć tylko częściowej/ zalicza się więc do klasy systemów złożonych w sensie niezawodności [4, 11]. Natomiast opisana powyżej reakcja systemu komputerowego na wystąpienie niesprawności nosi nazwę ograniczania zakresu działania [2, 3, 4, 8].

Miara niezawodności systemu nadzoru procesów przemysłowych

Jako miary niezawodności tej klasy systemów brane są pod uwagę następujące kryteria:

- częstość wyjścia systemu ze stanu całkowitej sprawności,
- czas wyjścia systemu ze stanu całkowitej sprawności,
- czas przebywania systemu w każdym ze stanów częściowej sprawności,
- jakość wypełniania przez system zadanych funkcji w stanach częściowej sprawności.

Dwa pierwsze kryteria pozwalają podać tylko informacje o tym jak często występują niesprawności, nie dostarczają natomiast żadnej informacji o tym jak system wypełnia zadane funkcje pomimo pojawienia się niesprawności. Dwa pozostałe kryteria pozwalają ocenić zachowanie się systemu w stanach częściowej sprawności lecz przy ich używaniu powstaje problem doboru odpowiedniej miary jakości działania systemu. Problem ten rozwiązuje się łatwo, gdy dobór miary może być dokonany w oparciu o kryteria ekonomiczne [9]. Trudniej zazwyczaj przedstawia się sprawa, gdy doboru miary dokonujemy w oparciu o kryteria techniczne [6, 7]. Należy tu wyjść od celu, jakiemu służy system.

Celem działania rozważanego systemu jest śledzenie zmian parametrów kontrolowanego otoczenia. Cel ten realizuje się przez wykonanie w ściśle określonych momentach czasu pomiarów wytwarzających zbiór danych charakteryzujących to otoczenie. Istniejący na wejściu systemu zbiór wartości parametrów kontrolowanego otoczenia nazywany będzie obrazem wejściowym $X(t)$, natomiast zbiór zapamiętanych w systemie w chwili t_1 informacji o stanie otoczenia nazywany będzie obrazem wyjściowym $X(t_1)$.

Można to zapisać następująco:

$$X(t) = \{ X^{(j)}(t) ; j \in J, \text{card } J = \bar{J} \} \quad /1/$$

Poszczególne elementy $X^{(j)}(t)$ zbioru są parami

$$X^{(j)}(t) = \langle D_{we}^{(j)}, x^{(j)}(t) \rangle \quad /2/$$

gdzie:

$D_{we}^{(j)}$ - zbiór nazw przetwarzanych parametrów wejściowych

$X^{(j)}(t_1)$ - zbiór wartości parametrów otoczenia w chwili t_1 .

Podobnie obraz wyjściowy:

$$X(t_1) = \{ X^{(j)}(t_1) ; j \in J, \text{card } J = \bar{J} \} /3/$$

$$X^{(j)}(t_1) = \langle D_{wy}^{(j)}, x^{(j)}(t_1) \rangle \quad /4/$$

gdzie:

$D_{wy}^{(j)}$ - zbiór nazw parametrów tworzących obraz stanu kontrolowanego otoczenia

$x^{(j)}(t_1)$ - zbiór informacji o wartościach tych parametrów zapamiętany w chwili t_1 .

Przekształcenia obrazu wejściowego $X(t_1)$ na obraz wyjściowy $X(t_1)$ dokonuje oprogramowanie systemu, wykorzystując w tym procesie odpowiednie elementy sprzętu. Jak założono powyżej oprogramowanie składa się ze zbioru zadań

$$Z = \{ Z^{(j)} ; j \in J, \text{card } J = \bar{J} \} \quad /5/$$

Każde zadanie dokonuje przekształcenia fragmentu obrazu wejściowego $X^{(j)}(t_1)$ na obraz wyjściowy $X^{(j)}(t_1)$, przy czym t_1 - to chwila wykonania zadania.

Każdemu z zadań przyporządkowany jest zbiór nazw parametrów wejściowych i wyjściowych $D^{(j)}$, średni czas realizacji zadania $\tau^{(j)}$, okres czasu co jaki jest ono realizowane /czas cyklu/ $\tau_c^{(j)}$ oraz zbiór urządzeń niezbędnych do jego wykonania $U^{(j)}$.

$$U^{(j)} = \{ u_i^{(j)} \} \quad /6/$$

Każde z urządzeń $u_i^{(j)}$ w sensie niniejszej pracy jest rozumiane jako zbiór parametrów niezawodnościowych i eksploatacyjnych. Zakłada się, że strumień uszkodzeń urządzenia jest strumieniem Poissona o intensywności λ_i , natomiast odnowa polega na wymianie uszkodzonego urządzenia i może być opisana rozkładem dwupunktowym. Każde z urządzeń będzie więc określone parą:

$$u_i^{(j)} = \langle \lambda_i^{(j)}, t_{ni}^{(j)} \rangle \quad /7/$$

gdzie:

$\lambda_i^{(j)}$ - intensywność uszkodzeń i-tego urządzenia

$t_{ni}^{(j)}$ - czas naprawy /wymiany/ urządzenia.

Jakość wypełniania celu działania systemu w danej chwili t_1 może zostać określona na podstawie podobieństwa obrazów wyjściowego i wejściowego [11]. Obrazy będą do siebie podobne, jeśli w obrazie wyjściowym $X^{(j)}(t_1)$, który ma być aktualizowany przez zadanie $Z^{(j)}$ co okres czasu równy $\tau_c^{(j)}$ na podstawie aktualnego stanu obrazu wejściowego $X^{(j)}$, wartości każdego parametru identyfikowanego przez nazwę $D_{wy}^{(j)}$ równoważną nazwie $D_{we}^{(j)}$ nie będą się od siebie różnić więcej niż o stałą ϵ_k . Stała ta jest to

złożony dla każdego parametru uchyb obrazu wyjściowego powstały na skutek dyskretyzacji w czasie ciągłego procesu zmian parametrów tworzących obraz wejściowy. Jeżeli wszystkie obrazy częściowe są do siebie podobne to mówimy, że obraz jest poprawny.

$$D_{wy}^{(j)}(t) \approx X^{(j)}(t_i) \Leftrightarrow (\forall_{k \in K} |x_k^{(j)}(t_i) - x_k^{(j)}(t)|) < \xi_k \quad /8/$$

Jeżeli wskutek wystąpienia niesprawności sprzętu którejkolwiek zadanie $Z^{(j)}$ ze zbioru Z nie może zostać wykonane wówczas jako informację o wartościach parametrów otoczenia $x^{(j)}(t_i)$ zostaną przyjęte takie dane $x^{*(j)}(t_i)$, że:

$$|x_k^{*(j)}(t_i) - x_k(t_i)| > \xi_k \quad /9/$$

Prowadzi to do zniekształcenia obrazu wyjściowego do czasu, gdy po ustaniu niesprawności, wykonane zostanie zadanie, które wytworzy obraz poprawny.

$$\left(X^{(j)}(t) \neq X^{(j)}(t) \right); n \tau_c^{(j)} + \tau_z^{(j)} \leq t < (n+1) \tau_c^{(j)} + \tau_z^{(j)} \quad /10/$$

Posługując się tak zdefiniowanym celem działania systemu przyjmijmy miarę jakości działania systemu, która spełnia następujące postulaty:

$$\mu_J \in [0, 1] \quad /11/$$

$$\mu_J = 1 \Leftrightarrow (X(t_i) \neq X(t)) \quad /12/$$

$$0 < \mu_J < 1 \Leftrightarrow (X(t_i) \neq X(t)) \quad /13/$$

Jeżeli obraz wyjściowy $X^{(j)}(t)$ będzie reprezentowany przez wektor w J -wymiarowej przestrzeni euklidesowej \mathcal{E}^J

$$\vec{X}^{(j)}(t) = \vec{x}_1(t) + \vec{x}_2(t) + \dots + \vec{x}_J(t) \quad /14/$$

a każdy z wektorów składowych będzie określony jako

$$\vec{x}_i(t) = I_1(t) \vec{I}_i \quad /15/$$

gdzie:

\vec{I}_i - wektor jednostkowy

$$I_1(t) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } |x_1(t_i) - x_1(t)| \leq \xi_1 \\ 0 & \text{gdy } |x_1(t_i) - x_1(t)| > \xi_1 \end{cases} \quad /16/$$

to długość wektora dana za pomocą metryki punktów początkowego i końcowego będzie ilościową miarą jakości obrazu wyjściowego.

Za miarę jakości działania systemu przyjęto wskaźnik efektywności

$$\mu_J = \omega(t) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\varrho(t_i)}{\varrho_p(t_i)} \quad /17/$$

gdzie:

$\varrho(t_i)$ - długość wektora obrazu wyjściowego pamiętanego w systemie od chwili t_i
 $\varrho_p(t_i)$ - długość wektora obrazu wyjściowego jaka byłaby w wypadku, gdy system znaj-

dowałby się w stanie pełnej sprawności. Łatwo sprawdzić, że miara ta spełnia postulat (11 - 13).

W przestrzeni euklidesowej słuszny jest wzór:

$$\varrho(t) = \sqrt{\sum_{j=1}^J [\varrho^{(j)}(t)]^2} \quad /18/$$

gdzie:

$\varrho^{(j)}$ - metryki obrazów wyjściowych wytworzonych przez poszczególne zadania $Z^{(j)}$. Korzystając z tej zależności oraz z zależności /17/ można w sposób równoważny określić wskaźnik efektywności:

$$\omega(t) = \sqrt{\frac{L(t_i)}{J}} \quad /19/$$

gdzie:

$L(t_i)$ - liczba zadań ze zbioru Z , których wykonanie w chwili t_i wytworzyło poprawne obrazy wyjściowe $X^{(j)}(t_i)$.

Poszczególne wartości wskaźnika efektywności w kolejnych chwilach czasu t_i można traktować jako realizację zmiennej losowej tworzące proces stochastyczny. Dalej posłużono się opisem tego procesu za pośrednictwem wartości oczekiwanej. Stąd jako miarę niezawodności rozważanego systemu przyjęto funkcję efektywności:

$$E_s(t) = \left[\omega(t) \right] = \sum_{L=0}^J \omega^{(L)} \Pr \{ S_R(L) \} \quad /20/$$

gdzie:

$\omega^{(L)}$ - wartość wskaźnika efektywności w przypadku, gdy system przebywa w L -tym stanie niezawodnościowym
 $S_R(L)$ - L -ty stan niezawodnościowy określony jako:

$$S_R(L) = S_R \left(\sum_{j=1}^J r^{(j)} \right) \quad /21/$$

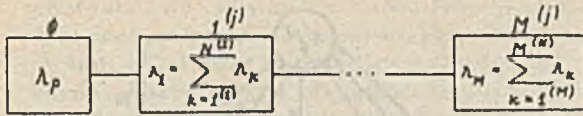
gdzie:

$$r^{(j)} = \begin{cases} 0 & \text{gdy } X^{(j)}(t) \neq X^{(j)}(t_i) \\ 1 & \text{gdy } X^{(j)}(t) \approx X^{(j)}(t_i) \end{cases}$$

Metoda wyznaczania miary - model systemu

O ile wyznaczenie wartości wskaźnika efektywności w każdym ze stanów w zależności /20/ nie sprawia kłopotów, to dla wyznaczenia prawdopodobieństw poszczególnych stanów należy zbudować model systemu.

Sprzęt komputerowego systemu pomiarowo-kontrolnego tworzy zazwyczaj strukturę podaną na rys. 1. Strefę przetwarzania tworzą: procesor, pamięć operacyjna, zegar systemu oraz ewentualnie pamięć masowa. Strefę pomiarową tworzą urządzenia przystosowujące sygnały o wartościach kontrolowanego procesu do wymagań stawianych przez komputer /przetworniki analogowo-cyfrowe itp./ . Ze względów konstrukcyjnych są one łączone w pewne moduły /np. kasety w systemie CAMAC [1]. Różne urządzenia zgromadzone w pojedynczej kasecie mogą



Rys. 2. Schemat struktury niezawodnościowej pojedynczego zadania $Z(j)$

być - jeśli taka jest organizacja systemu - wykorzystywane przy wykonywaniu różnych zadań. Jednakże w razie uszkodzenia któregoś z urządzeń dla jego wymiany konieczne jest wyłączenie całej kasety, a co za tym idzie zawieszenie wykonywania na czas wymiany elementu wszystkich zadań wykorzystujących urządzenia zgromadzone w danej kasecie. Dlatego też można postawić tezę, iż optymalnym rozwiązaniem struktury ze względu na maksymalizację wskaźnika efektywności jest system, w którym wszystkie urządzenia wykorzystywane przez pojedyncze zadanie zgromadzone są w jednej kasecie, a ilość zadań jest równa ilości kaset grupujących urządzenia strefy pomiarowej. Aby to wykazać należy zbudować model systemu.

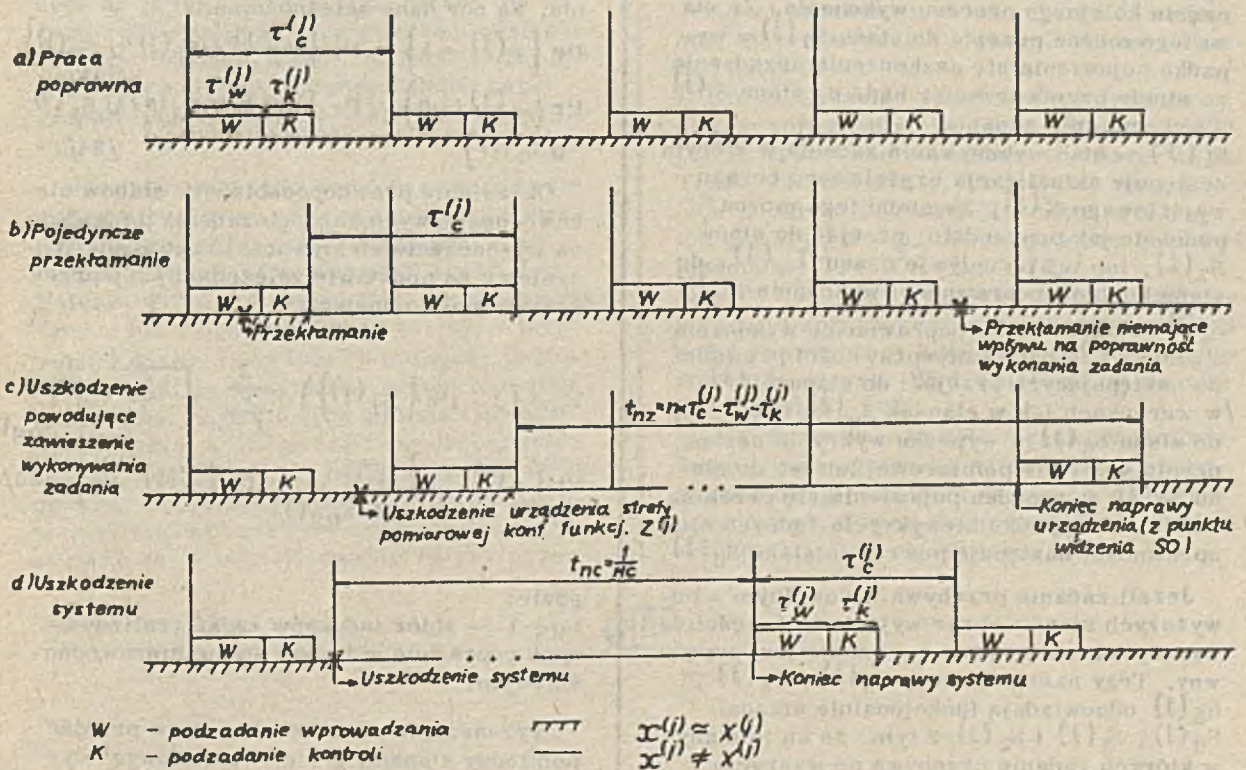
Przy założeniu, że zadania są niezależne a efekty ich wykonywania posiadają cechę addytywności system można rozpatrywać jako zbiór niezależnych zadań, z których każde posiada niezawodnościową strukturę szeregową przedstawioną na rys. 2. Elementy $1(j)$ do $M(j)$ tej struktury reprezentują uszkodzenia urządzeń rozmieszczonych w po-

szczególnych kasetach strefy pomiarowej, wykorzystywanych w trakcie realizacji zadania $Z(j)$. Element 0 reprezentuje niesprawności urządzeń strefy centralnej systemu. Z rysunku tego wynika, że skoro intensywność uszkodzeń kaset jest zawsze jednakowa /wypełnienie kaset nie zmienia się, a intensywność uszkodzeń elementów strefy pomiarowej jest podobna/ największą niezawodność posiada struktura, w której wszystkie urządzenia wykorzystywane przez pojedyncze zadanie zgromadzone są w pojedynczej kasecie. Schemat struktury szeregowej zawiera wówczas dwa elementy - bloki 0 i 1.

Budując model pojedynczego zadania należy rozpatrzyć wszystkie możliwe warianty zachowania się systemu w trakcie realizacji zadania. Są tu możliwe następujące przypadki:

- praca poprawna,
- pojawienie się przekłamania,
- pojawienie się uszkodzenia urządzenia ze strefy pomiarowej,
- pojawienie się uszkodzenia urządzenia ze strefy przetwarzania.

Wykresy ilustrujące poszczególne przypadki przedstawiono na rys. 3. Rys. 3a ilustruje pracę poprawną systemu. W takim przypadku obraz wyjściowy cały czas jest poprawny. Rys. 3b ilustruje wpływ przekłamań na proces wykonania zadania. Należy tu zwrócić uwagę na fakt, iż przekłamania pojawiające się w momentach czasu, gdy zadanie nie jest wykonywane nie mają wpływu na zachowanie



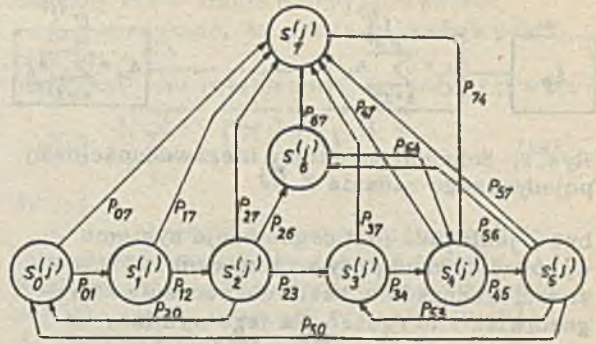
Rys. 3. Wykres czasowy zachowania się pojedynczego zadania $Z(j)$

się systemu. Wpływ taki w postaci zniekształcenia częściowego obrazu wyjściowego na czas $\tau_c^{(j)}$ posiadają jedynie przekłamania pojawiające się w trakcie realizacji zadania. Rys. 3c pokazuje zachowanie się systemu w wypadku zaistnienia uszkodzenia urządzenia strefy pomiarowej. Pomimo, że uszkodzenie pojawia się w dowolnym momencie czasu zostanie ono wykryte dopiero podczas najbliższej realizacji zadania. Do czasu wykrycia uszkodzenia obraz wyjściowy pozostaje poprawny. Pomimo, że czas wymiany elementu /urządzenia/ nie musi być wielokrotnością czasu cyklu zadania, czas w którym obraz wyjściowy jest zniekształcony równa się

$$t_{nz} = n \tau_c^{(j)} - \tau_z^{(j)} \quad /22/$$

Ostatni wreszcie wykres /rys. 3d/ pokazuje przypadek uszkodzenia urządzenia ze strefy przetwarzania. Wykrycie takiego uszkodzenia następuje natychmiast. Obrazy wyjściowe częściowe wytwarzane przez wszystkie zadania stają się zniekształcone do czasu dokonania odnowy uszkodzonego elementu. Z powyższych rozważań wynika, że model zachowania się systemu w trakcie realizacji zadania nie może być rozpatrywany tylko ze względu na stany niezawodnościowe. Dla wyznaczenia prawdopodobieństw przebywania zadania w poszczególnych stanach niezawodnościowych należy posłużyć się zbiorem stanów funkcjonalno - niezawodnościowych, przedstawionych w postaci grafu na rys. 4. Poszczególne stany tego grafu przedstawiają: $S_0^{(j)}$ - stan oczekiwania zadania na rozpoczęcie kolejnego procesu wykonania. Ze stanu tego można przejść do stanu $S_7^{(j)}$ w wypadku pojawienia się uszkodzenia urządzenia ze strefy przetwarzania, bądź do stanu $S_1^{(j)}$ - wykonywania zadania. $S_1^{(j)}$ - stan wykonywania zadania, w którym następuje aktualizacja częściowego obrazu wyjściowego $X^{(j)}$. Ze stanu tego można, podobnie jak poprzednio, przejść do stanu $S_7^{(j)}$, lub też po upływie czasu $\tau_z^{(j)}$, do stanu kontroli poprawności wykonania $S_2^{(j)}$. $S_2^{(j)}$ - stan kontroli poprawności wykonania zadania $Z^{(j)}$. Analiza niesprawności prowadzi do następujących przejść: do stanu $S_7^{(j)}$ /w warunkach jak w stanach $S_0^{(j)}$ i $S_1^{(j)}$ /, do stanu $S_6^{(j)}$ w wypadku wykrycia uszkodzenia w strefie pomiarowej lub też do stanu $S_3^{(j)}$ w wypadku pojawienia się przekłamania. W wypadku niewykrycia żadnych niesprawności następuje powrót do stanu $S_0^{(j)}$.

Jeżeli zadanie przebywa w dowolnym z powyższych stanów obraz wyjściowy /częściowy/ wytwarzany przez to zadanie jest poprawny. Trzy następne stany $S_3^{(j)}$, $S_4^{(j)}$, $S_5^{(j)}$ odpowiadają funkcjonalnie stanom $S_0^{(j)}$, $S_1^{(j)}$ i $S_2^{(j)}$ z tym, że są to stany, w których zadanie przebywa po wykryciu przekłamania w trakcie ostatniego wykonania. W związku z tym częściowy obraz wyj-



Rys. 4. Graf stanów funkcyjno-niezawodnościowych zadania $Z^{(j)}$

ciowy wytwarzany przez to zadanie jest zniekształcony.

$S_6^{(j)}$ - stan wymiany uszkodzonego urządzenia strefy pomiarowej. Wyjście z tego stanu następuje do stanu $S_7^{(j)}$ bądź też, po dokonaniu wymiany, do stanu $S_3^{(j)}$.

$S_7^{(j)}$ - stan naprawy uszkodzonego urządzenia strefy przetwarzania. Wyjście z tego stanu następuje do stanu $S_4^{(j)}$.

Ponieważ w grafie tym nie wszystkie przejścia mają charakter probabilistyczny dla wyznaczenia prawdopodobieństw przebywania zadania w każdym ze stanów należało posłużyć się aparatem procesów półmarkowskich /15/. Po wyznaczeniu tych prawdopodobieństw wyznaczono poszukiwane prawdopodobieństwa stanów niezawodnościowych zadania. Są one dane zależnościami:

$$\Pr \{ r^{(j)} = 1 \} = \Pr \{ S_0^{(j)} \cup S_1^{(j)} \cup S_2^{(j)} \} \quad /23/$$

$$\Pr \{ r^{(j)} = 0 \} = \Pr \{ S_3^{(j)} \cup S_4^{(j)} \cup S_5^{(j)} \cup S_6^{(j)} \} \quad /24/$$

Określenie prawdopodobieństw stanów niezawodnościowych każdego zadania pozwala na wyznaczenie efektywności rozważanego systemu na podstawie zależności /20/ przekształconej do postaci:

$$E_S = (1 - \Pr \{ S_7^{(j)} \}) \sum_{L=0}^J \sqrt{\frac{L}{J}} \prod_{j \in S_{RS}(L)}$$

$$\Pr \{ r^{(j)} = 1 \} \prod_{j \in S_{RS}(L)} \Pr \{ r^{(j)} = 0 \} \quad /25/$$

gdzie:

$S_{RS}(L)$ - zbiór indeksów zadań realizowanych poprawnie w L -tym stanie niezawodnościowym.

Wyznaczenia prawdopodobieństw przejść pomiędzy stanami grafu, warunkowych dystrybuant czasów przebywania w poszczególnych stanach, prawdopodobieństw poprawne-

go wykonania zadania i w końcu funkcji efektywności systemu dokonano w [10]. Otrzyma-
ne tam zależności ujmują ilościowy wpływ
zarówno parametrów niezawodnościowych
urządzeń /intensywności uszkodzeń, przekła-
mań, czasów naprawy/ jak i parametrów cha-
rakteryzujących oprogramowanie systemu
/czasy cykli zadań, czasów wykonania zadań/
na prawdopodobieństwo poprawnego i niepo-
prawnego wykonania zadań, i co za tym idzie
na wartość funkcji efektywności. Mają one
postaci bardzo skomplikowane, co wyklucza
praktycznie możliwość analitycznego bada-
nia ich zmian przy zmianach poszczególnych
parametrów. Przebieg wartości tych zmian
zbądany na drodze obliczeniowej dla spotyka-
nych w praktyce zakresów zmian tych para-
metrów pozwala na wyciągnięcie następują-
cych wniosków:

1. Dla systemów złożonych z elementów o
wysokiej niezawodności wpływ zmian inten-
sywności uszkodzeń tych elementów na zmia-
ny wartości funkcji efektywności jest mini-
malny.
2. Na wartość funkcji efektywności duży
wpływ ma intensywność przekłamań.
3. Niekorzystny wpływ intensywności prze-
kłamań można skompensować zmianami pa-
rametrów zadania: skróceniem czasu cyklu
zadania i czasu wykonywania zadania.

Pomimo skomplikowanych postaci zależ-
ności podających wartość funkcji efektywno-
ści możliwe było [10] wyznaczenie warunków
jej zwiększenia, i co za tym idzie podanie
iteracyjnego sposobu postępowania prowadzą-
cego do jej maksymalizacji. Sposób ten wy-
kazuje prawdziwość drugiej części postawio-
nej tezy mówiącej o tym, że ilość zadań sys-
temu optymalnego jest równa ilości kaset
grupujących urządzenia w strefie pomiaro-
wej.

Rozważając projekt komputerowego syste-
mu pomiarowo-kontrolnego z punktu widze-
nia niezawodności należy uwzględnić nad-
rzedną rolę oprogramowania w systemie.
Należy zwrócić uwagę na takie łączenie urzą-
dzeń w bloki konstrukcyjne /kasety/ i taki
podział oprogramowania na mniejsze jedności
/zadania/, by w wypadku uszkodzenia poje-
dynczego urządzenia była minimalizowana
liczba zadań, które przez czas dokonywania
naprawy uszkodzeń nie będą mogły być wyko-
nywane. Szczególną uwagę przy projektowa-
niu systemu pomiarowo-kontrolnego należy
zwrócić na zminimalizowanie wpływu prze-

klamań. Prócz metod polegających na odpo-
wiedniej konstrukcji sprzętu i odpowiednich
metodach jego instalacji nie należy również
zaniedbywać metod programowych. W kon-
strukcji oprogramowania należy nie tylko
uwzględnić możliwość wykrywania błędów,
ale poprzez dobór czasów cykli zadań i cza-
sów wykonywania krytycznych ich fragmentów
/najbardziej narażonych na wpływ przekła-
mań/ należy wpływać na maksymalizację
ilości poprawnych informacji przechowywa-
nych w systemie.

Literatura:

- [1] CAMAC - Blokowy system oprzyrządowa-
nia elektronicznego do pomiarów automatycz-
nych i sterowania. Konstrukcja i organizacja
logiczna. Polska Norma PN - 72/T - 06530.
- [2] G. Bellon, G. Saucier: Graceful Degrada-
tion of Performance in Fault Tolerant
Multiprocessor System. 2nd Symp. of Multi-
processing and Multiprograming. Wenecja
1976.
- [3] B. R. Borgerson, R. F. Freitas: A Relia-
bility Model for Gracefully Degrading and
Standby Sparing System. IEEE Trans. on
Computer Vol. EC 24, May 1975.
- [4] W. G. Bouricius i inni: Reliability Model-
ling for Fault-Tolerant Computers. IEEE
Trans. on Computer, Vol. C-22, Nov. 1971.
- [5] B. W. Gniedienko, I. N. Kowalenko: Wstęp
do teorii obsługi masowej. PWN, Warszawa,
1971.
- [6] V. A. Gulaev: Voprosy nadežnogo proektir-
owania sistem dla upravlenija proizvođst-
vennymi procesami. W zb. Točność i nadež-
nost kibernetičeskich sistem, Naukova Dum-
ka, Kijów 1976.
- [7] A. M. Gurevič: Nadežnost' logičeskich
sistem upravlenija. Energija, Moskwa, 1970.
- [8] H. Hecht: Fault-Tolerant Software. IEEE
Trans. on Reliability, Vol. R-28, Aug. 1979.
- [9] A. Kiliński: Obiekty złożone a problem
ich globalnej oceny. Szkoła podstaw Inżynierii
Systemów, T. 4, Orzysz, 1976.
- [10] W. Łanowski: Podstawy metodyki progra-
mowego i sprzętowego zapewnienia niezawod-
ności pewnej klasy komputerowych systemów
zbierania danych. Wydawnictwo Politechniki
Wrocławskiej, 1981.
- [11] W. Zamojski: Modele niezawodnościowo-
funkcjonalne systemów cyfrowych ze szcze-
gólnym uwzględnieniem systemów jednopro-
cesorowych. Prace Naukowe ICT nr 58 Seria
"monografie" nr 10, Wrocław 1980.



dr inż. STANISŁAW BUDZYŃSKI
mgr inż. JADWIGA TUSZYŃSKA

BADANIA NIEZAWODNOŚCI PNEUMATYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH ELEMENTÓW AUTOMATYKI

Pod pojęciem programowanych badań niezawodności obiektów technicznych rozumie się badania, w których losowe eksploatacyjne czynniki wymuszające modelowane są wg z góry opracowanego programu. Jednym z kluczowych problemów programowanych badań niezawodności jest modelowanie czynników wymuszających ekwiwalentnych warunkom eksploatacji. Tak zdefiniowane badania programowane mogą być realizowane jako tzw. badania laboratoryjne kwalifikujące /określające/ lub badania laboratoryjne przyspieszone, mające na celu kontrolę poziomu niezawodności, ustalonego w badaniach kwalifikujących.

W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów przyjęto następujący porządek badań:

- badania wstępne - zawierające badanie kwalifikujące, czyli badanie próbki podstawowej poddanej czynnikom wymuszającym równoważnym przyjętym warunkom eksploatacji oraz badanie dodatkowe o zaostrzonych narażeniach, których wyniki pozwolą na zaprojektowanie metody badań kontrolnych,
- opracowanie metody badań kontrolnych i sprawdzenie jej.

Badania kontrolne mogą być realizowane jako badania "przyspieszone" bądź "skrócone". W projekcie normy terminologicznej, zatwierdzonej na przełomie roku 1980-81 do stosowania, sformułowano: "Badania przyspieszone - badania obiektu prowadzone w celu uzyskania informacji o określonych wskaźnikach niezawodności w czasie krótszym niż podczas badania w normalnych warunkach eksploatacyjnych. Skrócenie czasu badania jest wynikiem zastosowania obciążeń wyższych niż występujące w normalnych warunkach eksploatacyjnych" oraz: "Badania skrócone - badania, przy których warunki pracy obiektu są zgodne z normalnymi warunkami eksploatacji, a skrócenie czasu badania jest wynikiem zagęszczenia badań w czasie lub zastosowania odpowiednich modeli matematycznych".

Z powyższych określeń wynika, że istotą badań przyspieszonych jest wybór dominującego eksploatacyjnego czynnika wymuszającego, który zintensyfikowany spowoduje przyspieszenie występowania uszkodzeń. Nie może być przy tym naruszony fizyczny mechanizm uszkodzeń.

Badania kontrolne jako badania skrócone są łatwiejsze technicznie do realizacji, nie zawsze jednak są możliwe do zastosowania z punktu widzenia teoretycznego. Po pierwsze zagęszczenie badań w czasie może być czynnikiem przyspieszającym uszkodzenia np. ze względu na zmęczenie materiału, a po drugie skrócone plany badań są opracowane głównie dla wykładniczego rozkładu trwałości, a ten nie zawsze ma zastosowanie.

Sprzęt automatyki /niezależnie od zasady budowy/ w aspekcie niezawodności można podzielić wg rodzaju wykonywanych zadań na:

- otwarte układy pomiarowo-kontrolne,
- zamknięte układy regulacji ze sprzężeniem zwrotnym.

W pierwszym przypadku układ dokonuje pomiaru pewnej wielkości, która po przetworzeniu na odpowiedni sygnał jest wskazana przez miernik wyskalowany w żądanych jednostkach. W drugim przypadku - przez pętlę sprzężenia zwrotnego układ automatyki utrzymuje na obiekcie regulowanym zadaną wartość wielkości regulowanej. W niniejszym referacie podany będzie opis przeprowadzonych w "Mera-PIAP" badań i ich wyniki w odniesieniu do sprzętu pneumatycznego i elektrycznego.

Badanie niezawodności elementów pneumatycznych

- Przedmiotem badań niezawodności były następujące elementy wysokociśnieniowe:
- logiczne elementy wielofunkcyjne PWEIw
 - bloki logiczne PWBL-1
 - elementy logiczne alternatywy PWEIa.

Wyżej wymienione elementy przeznaczone są do realizacji układów logicznych zasilonych sprężonym powietrzem o ciśnieniu od 0,25 MPa do 0,8 MPa. Są one zabudowywane w szafach sterowniczych przy użyciu płytek łączeniowych, przystosowanych do łączenia przewodami elastycznymi. Badania rozpoczęto od sprawdzenia niezawodności początkowej $R_0 = 1 - \frac{m}{n}$, gdzie m - liczba elementów uszkodzonych, n - liczebność próbki.

W celu sprawdzenia niezawodności początkowej dokonano:

- oględzin,
- sprawdzenia przełączania,
- sprawdzenia szczelności,
- sprawdzenia natężenia przepływu.

Powyższe próby wykonane zostały zgodnie z obowiązującą na elementy normą zakładową. Jako uszkodzony element przyjęto taki, który nie spełnia wymagań normy w powyższym zakresie sprawdzeń.

W celu sprawdzenia niezawodności funkcjonalnej przyjęto następujący program badań: praca przy obciążeniu elementu powietrzem o ciśnieniu 0,6 MPa przy założeniu częstotliwości przełączenia $f = 50$ Hz i warunkach otoczenia normalnych. Czas pracy przewidziano na 700 h, co umożliwi sprawdzenie trwałości elementów określonej w normie liczbą przełączeń 10^7 cykli. Przyjęcie stosunkowo wysokiej, lecz dopuszczalnej normy, częstotliwości przełączania podyktowane zostało skróceniem czasu oczekiwania na wyniki w stosunku do czasu badań w warunkach eksploatacyjnych.

Z powyższych elementów zestawiono 5 układów zawierających:

- generator zbudowany z jednego bloku logicznego PWBL-1 i dwu elementów działających zwrrotnych PWEdz,
- dwa zespoły, z których każdy zawierał jeden blok logiczny PWBL-1, trzy elementy logiczne wielofunkcyjne PWELw i jeden element alternatywy PWELa.

Obliczenie impulsów pneumatycznych odbywało się licznikami pneumatycznymi firmy Massi /NRD/. Układy zasilono z sieci sprężonego powietrza o ciśnieniu 0,6 MPa przez filtr powietrza i smarownicę. Ujemną stroną przedstawionego układu badawczego jest możliwość wystąpienia uszkodzeń wtórnych, tzn. uszkodzeń elementów wywołanych uszkodzeniem się innego elementu układu.

Badania są w toku, w związku z czym nie można podać wyników, można natomiast przewidzieć, że w celu ustalenia metody badań kontrolnych trzeba jeszcze będzie przeprowadzić badania niezawodności przy częstotliwości przełączania 2 Hz, tzn. o częstotliwości przewidzianej dla pracy ciągłej elementów. Można będzie wtedy ustalić czy zastosowanie częstotliwości przełączania 5 Hz

ma charakter przyspieszający degradację elementów, czy też skracający badania.

Badania niezawodności elementów elektrycznych

W "Mera-PIAP" przebadano w zakresie elektrycznych elementów automatyki przełącznik czasowy typu RTs i silniki małej mocy typu SMM oraz SMu.

Badanie przełączników czasowych RTs

Przełączniki czasowe RTs przeznaczone są do układów sterowania automatyki przemysłowej jak np. obrabiarek, w walcowniach w układach zabezpieczeń elektroenergetycznych oraz morskich jednostek pływających. Przełączniki badano wg porządku podanego we wstępie, a więc najpierw wg programu umożliwiającego określenie wskaźników niezawodności oraz rozpoznanie co do narażeń przyspieszających uszkodzenia, a następnie opracowano i sprawdzono projekt metody badań kontrolnych.

Z możliwych czynników forsujących narażenia zastosowano dwa, a mianowicie zwiększenie częstości łączeń ponad dopuszczalną liczbę oraz współczynnik mocy łączonego obwodu. Prąd obciążenia przełącznika przyjęto znamionowy czyli 4 A. Program badań odpowiadał poniższej tabeli:

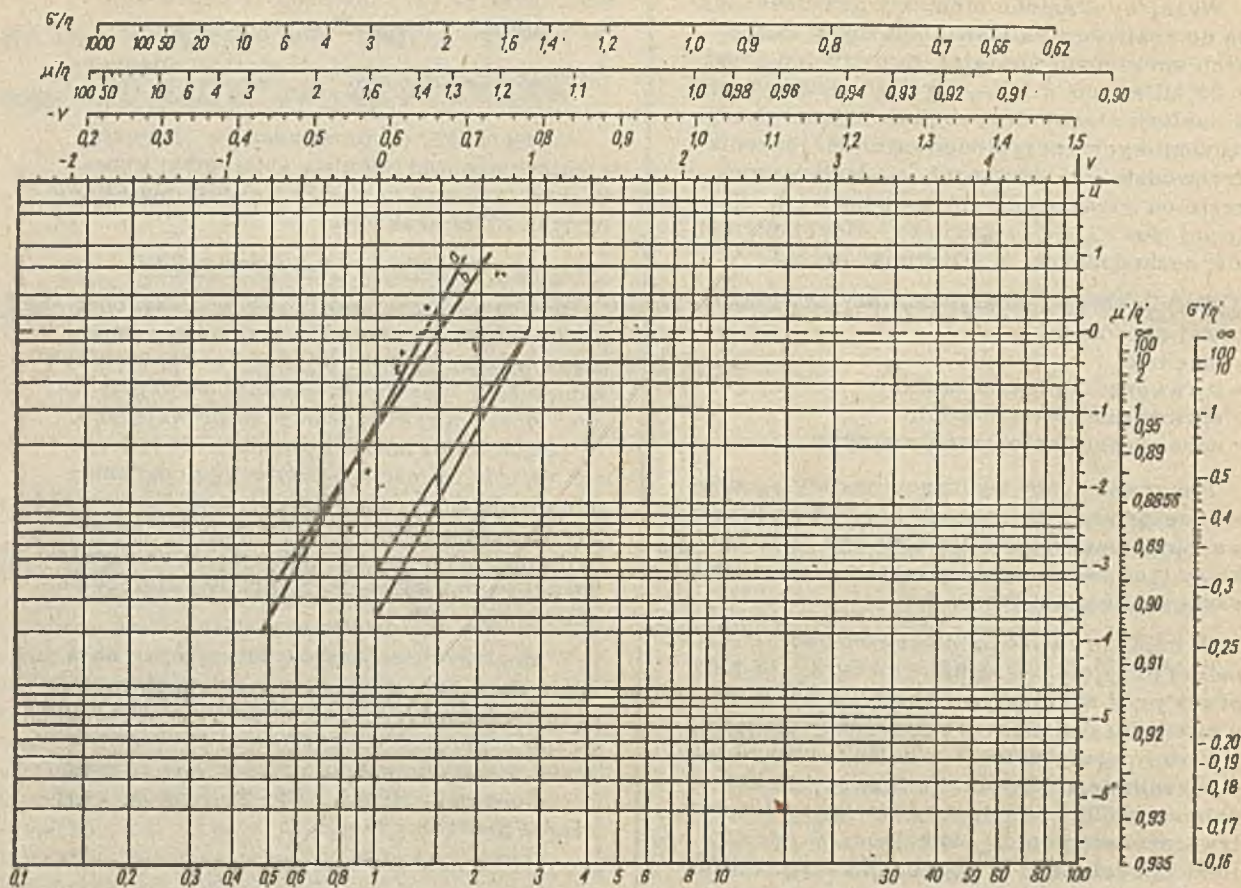
Zes-pół	Prąd ob-ciążenia	Współ. mocy	Częs-tość łą-czeń	Zwłó-ka cza-sowa
I	4 A	0,7	350/h	6 s
II	4 A	0,4	350/h	6 s
III	4 A	0,7	1000/h	3 s
IV	4 A	0,4	1000/h	3 s

Zmiana zwłoki czasowej była konieczna dla uzyskania częstości 1000/h, natomiast gdyby przy częstości 500/h zachować zwłokę czasową 3 s, trzeba by dawać przerwy w pracy, wobec czego wybrano 6 s utrzymując w ten sposób przełącznik bez przerwy w stanie działania.

Jako uszkodzenie zupełne katastroficzne przyjęto odmowę działania przełącznika spowodowaną np. przebiciem izolacji, szczepieniem się styków, wzrostem oporu zestykowego równoznacznego z przerwaniem obwodu itp.

Jako uszkodzenie zupełne parametryczne przyjęto nie spełnienie wymagań normy w zakresie prób dokonywanych przy sprawdzaniu niezawodności początkowej, a więc:

- oględziny,
- sprawdzenie docisku zestykowego i przechyłu styków,
- sprawdzenie poboru mocy,
- sprawdzenie napięcia zadziałania i odzwbudania,



Rys.1. Dystrybuanta empiryczna czasów poprawnej pracy dla przekładników /próbka II/

- sprawdzenie czasów zadziałania i powrotu, ich rozrzutu i uchybu podziałki,
- sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej.

W wyniku badań otrzymano dwa rodzaje uszkodzeń. Pierwsze występujące sporadycznie - typu mechanicznego, polegało na zacianiu /blokowaniu/ przekładni planetarnej przy powrocie do stanu początkowego. Blokowanie to było następstwem niesprawnego działania sprzęgła czołowego, przenoszącego ruch obrotowy wałka silnika na przekładnię planetarną. Drugi rodzaj uszkodzenia polegał na zużyciu się styków i występował z reguły po czasie pracy dłuższym niż przewidziany w karcie katalogowej, jako trwałość przekładników.

Do obliczenia więc wskaźników niezawodności brano pod uwagę tylko uszkodzenia mechaniczne, a przedział czasu, dla którego określono niezawodność zawierał się w granicach nie obejmujących okresu zużycia.

W celu wyciągnięcia wniosków co do ustalenia metody przyspieszonej wykreślono dystrybuantę empiryczną w siatce rozkładu Weibulla /rys. 1 i 2/: rys. 1 - prosta a - $350/h \cos \psi = 0,4$ $n = 15$, prosta b - $350/h \cos \psi = 0,4$ $n = 11$, rys. 2 - prosta c - $1000/h \cos \psi = 0,7$ prosta d - $1000/h \cos \psi = 0,4$.

Okazało się, że współczynnik kształtu krzywej dla próbek o jednakowym współczynniku mocy ma tę samą wartość /proste b i d/, a zatem wyprowadzono wniosek, że zwiększenie częstotliwości do 1000/h nie zmienia charakteru uszkodzeń, ani prędkości ich narastania. Zmniejszenie natomiast współczynnika mocy zwiększa prędkość narastania uszkodzeń /krzywa dystrybuanty jest bardziej stroma/, jednak przyspieszenie to nie jest aż tak duże, aby miało praktyczne odbicie przy dużym rozrzucie czasów uszkodzeń. Badania powyższe prowadzono przy prądzie obciążenia 4 A, przy którym producent przewiduje trwałość przekładników znacznie mniejszą niż przy prądzie 0,5 A, przy którym trwałość wynosi wg producenta 10^6 łążeń. Wobec tego, że przy dłuższej pracy przekładników może wystąpić więcej uszkodzeń mechanicznych, uznano za konieczne poddanie przekładników dodatkowej próbie przy prądzie obciążenia 2 A i 0,5 A i przy częstotliwości łążeń 1000/h; ze względu na trudności techniczne zastosowano obwód obciążenia ze współczynnikiem mocy $\cos \psi = 1$.

Wyniki otrzymano zadowalające, ponieważ nie wystąpiły uszkodzenia mechaniczne oraz: - okres zużycia dla próbki o prądzie 2 A nastąpił po przepracowaniu czasu określone-

go przez producenta jako trwałość przełączników,

- w próbie o prądzie obciążenia 0,5 A wystąpiły 2 uszkodzenia /wypalenie się styków/ po czasie w przybliżeniu odpowiadającym trwałości przełączników określonej przez producenta dla obciążenia 0,5 A.

Przy opracowaniu ostatecznej metody badań kontrolnych dla bieżącej produkcji, na podstawie wyników dotychczasowych badań, tak w Instytucie jak i u producenta przyjęto następujące założenia:

- średnie czasy do uszkodzenia podane przez producenta dla przełączników o różnych prądach obciążenia są prawidłowe: wartości otrzymane w badaniach laboratoryjnych nie są mniejsze,
- uogólniony rozkład wykładniczy w całym zakresie obciążeń przełączników, ale w przedziale czasu nie uwzględniającym okresu zużycia,
- dwukrotne zwiększenie częstości łączeń nie przyspiesza powstawania uszkodzeń w stosunku do ilości łączeń.

Na podstawie powyższych założeń oraz na podstawie normy PN-77/N-04021 pt.: "Niezawodność w technice. Plany badania w przypadku rozkładu wykładniczego" można przyjąć skrócony plan badania przykładowo o

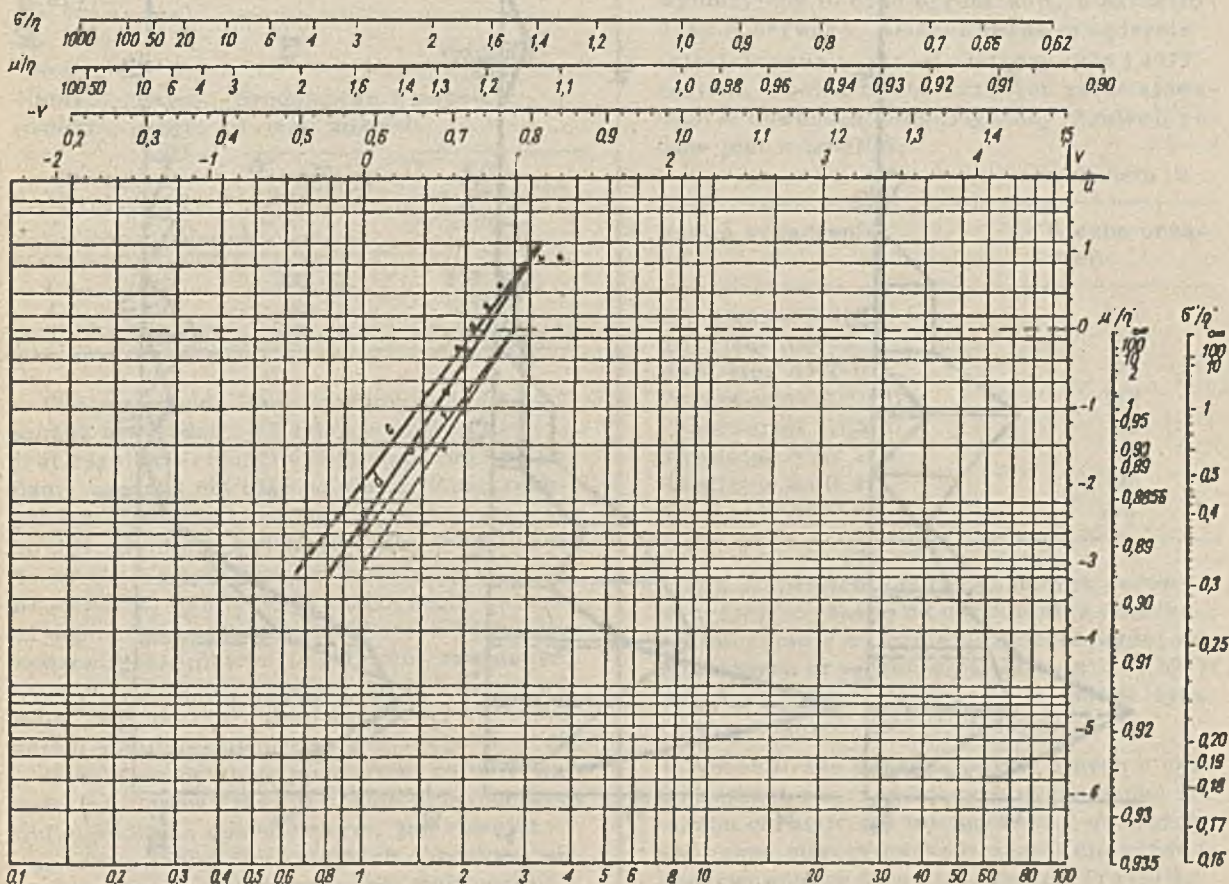
następujących danych /tabela 1 na str. 21 PN-77/N-04021/:

- ryzyko producenta $\alpha = 0,25$ - duże, bo producent uważa swoje wyroby za dobre,
- ryzyko użytkownika $\beta = 0,1$,
- częstość łączeń 1000/h,
- czas badania 40000 łączeń /40 godzin/ przy liczności próbki $n = 33$ i dyskwalifikującej liczbie uszkodzeń $r = 8$,
- czas badania 20000 łączeń /20 godzin/ przy liczności próbki $n = 63$ i $r = 8$.

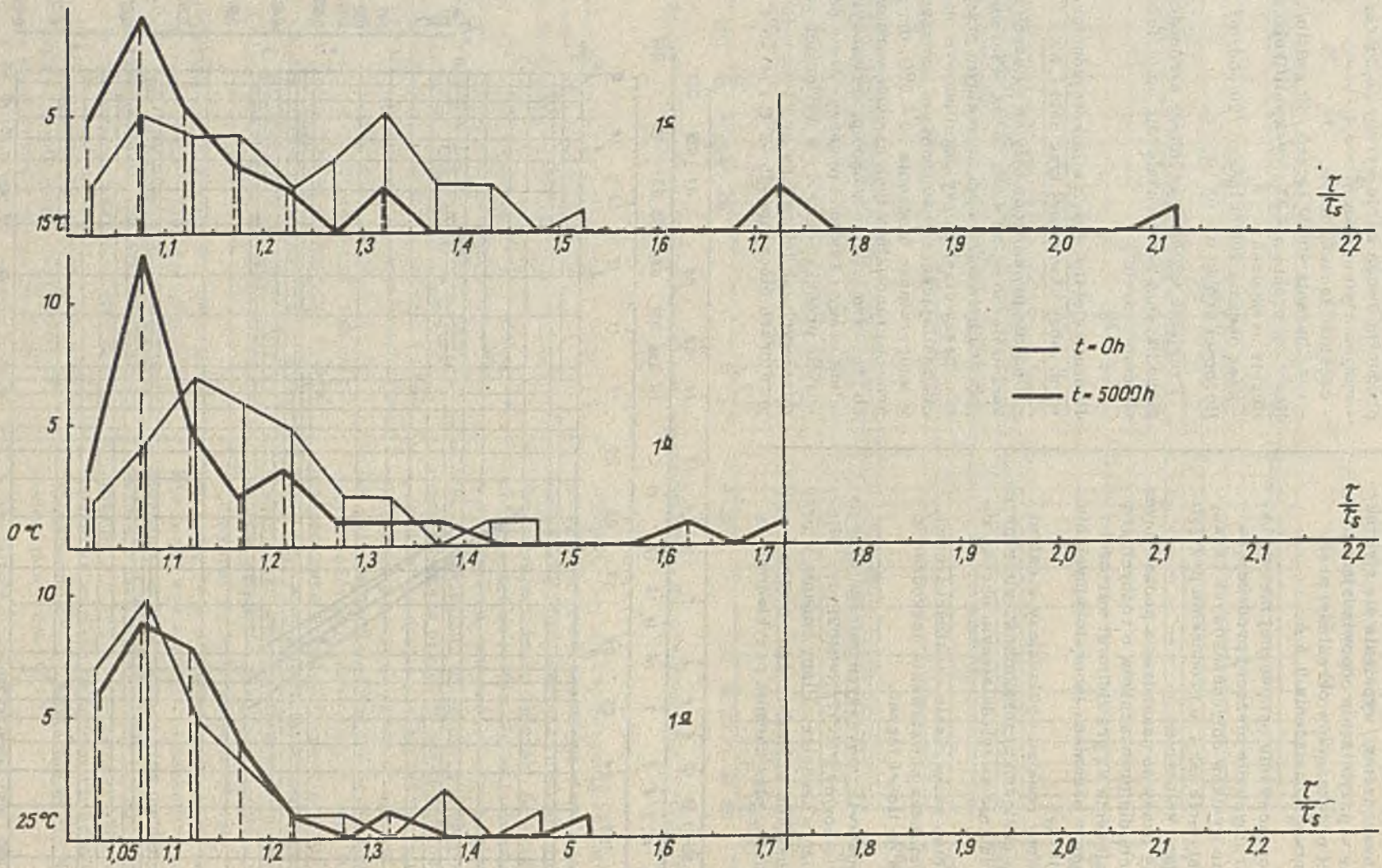
Przyjęcie takiego czy innego skróconego planu badania należy uzależnić od obliczeń ekonomicznych.

Badanie elektrycznych silników jednofazowych mocy ułamkowej typu SMu 1,6W

Badania prowadzone były na czterech próbkach o liczności 30 sztuk każda. Pierwsza poddana była warunkom normalnym pracy, tzn. pracy ciągłej przy znamionowym napięciu zasilającym i znamionowym obciążeniu w temperaturze otoczenia $20 \pm 5^\circ\text{C}$; druga próbka pracowała w tych samych warunkach co pierwsza tylko w sposób przerywany: 10 minut pracy i 1 minuta przerwy. Dwie pozostałe próbki pracowały w warunkach znamionowych tak jak próbka nr 1 lecz w temperaturach otoczenia $-15 \pm 2^\circ\text{C}$ i $50 \pm 5^\circ\text{C}$.



Rys. 2. Dystrybuanta empiryczna czasów poprawnej pracy dla przełączników /próbka III i IV/



Rys. 3.

Próbka podstawowa /pierwsza/ pracowała przez 10000 h a pozostałe po 5000 h. Przez cały czas badań nie było żadnego uszkodzenia zupełnego. Przy ocenie silników brano pod uwagę czas pierwszego i drugiego obrotu przy obciążeniu silnika momentem rozruchowym oraz czas dowolnie wybranych dwu kolejnych obrotów przy pracy silnika obciążonego momentem synchronicznym.

Wyniki pomiaru czasu I obrotu przy obciążeniu momentem rozruchowym: wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 3, przy czym wykres 1a stosuje się do próbki podstawowej / $T = 25^{\circ}\text{C}$ /, 1b - do próbki badanej w temperaturze otoczenia 50°C oraz 1c - do próbki w temperaturze otoczenia -15°C . Dla celów porównawczych obliczono stosunek czasu I obrotu każdego silnika do czasu obrotu w okresie pracy synchronicznej. Każdy z wykresów składa się z dwu łamanych: jednej dla czasu pracy $t = 0$ oraz drugiej dla czasu pracy $t = 5000$ h. Wartość dopuszczalną zaznaczono prostą pionową. Wynosi ona 280 sekund, czyli 1,75 czasu obrotu przy pracy synchronicznej. Z wykresów powyższych można zauważyć, że w próbce podstawowej nie ma praktycznie zmian, co potwierdza średni czas pierwszego obrotu \bar{T} i wartość rozrzutu σ_T /tabela 1/, obliczone w wartościach bezwzględnych dla obu czasów pracy.

Tabela 1

Numer próbki	Temp. otocz. $^{\circ}\text{C}$	Średni czas I obrotu i jego rozrzut	
		$\bar{T}_{\text{sr}} \pm \sigma_T$ dla $t = 0$	$\bar{T}_{\text{sr}} \pm \sigma_T$ dla $t = 5000$ h
1	25	181 \pm 3	179 \pm 3
4	50	190 \pm 3	187 \pm 5
3	-15	196 \pm 4	187 \pm 5

Wziąwszy pod uwagę błąd pomiaru /5 ms/ można stwierdzić, że tylko w próbce nr 3 jest różnica wartości średnich przed i po badaniu większa niż błąd pomiaru. Z wykresu jednak widać, że w próbkach 3 i 4 występują po dwie wartości wyraźnie odstające od reszty wyników pomiarowych, chociażby tylko w próbce nr 3 wystąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnej, co kwalifikuje się jako uszkodzenie parametryczne. Trzeba zaznaczyć, że silnik, którego czas obrotu I po pracy wyniósł 340 ms miał czas początkowy 170 ms, a zatem mniejszy od czasu średniego w próbce.

Wyniki pozostałych pomiarów: zmiany wartości pomiarów czasu II obrotu przy obciążeniu momentem rozruchowym, jak również pomiarów czasu dwu kolejnych obrotów w okresie pracy synchronicznej nie wykroczały poza dopuszczalny w pomiarach błąd 5 ms. Można zatem stwierdzić, że po 5000 h nie

wystąpiły żadne istotne zmiany mierzonych wartości. W związku z powyższymi wynikami, tzn. brakiem uszkodzeń w okresie 10000 h można przyjąć uogólniony rozkład wykładniczy, co pozwala zastosować również dla przekąźników plan badania według normy PN-77/N-04021.

Eksplatacyjne badania elektronicznych elementów automatyki

W latach 1978-80 prowadzono w "Mera-PIAP" badania eksploatacyjne ośmiu typów następujących urządzeń elektronicznych: 2 typy stacyjek, 4 typy regulatorów i 2 typy przetworników. Obserwacji podjęła się jedna z krajowych elektrowni /Dolna Odra/. W Instytucie opracowano "kartę uszkodzenia" i instrukcję jej wypełniania, a następnie przesłano powielone karty do elektrowni. Były one wypełniane przez dział głównego automatyka i przesyłane do Instytutu do weryfikacji. Dane zostały zweryfikowane i opracowane w Instytucie.

Wobec tego, że umowę zawarto tylko z jednym użytkownikiem, co od razu określiło charakter badań jako doświadczalne sprawdzenie metody zbierania danych z eksploatacji, zrezygnowano z wymiany urządzeń przeznaczonych do obserwacji na nowe, gdyż wydłużyłoby to czas organizacji, a skróciło czas obserwacji. Obserwowane urządzenia zainstalowano w okresie między 1974 i 1977 rokiem. Ogólna liczba urządzeń zainstalowanych w obwodach automatycznej regulacji podana jest w tabeli 2.

Tabela 2

Nazwa urządzenia	Liczba urządzeń
Stacyjka ADS 31	216
Stacyjka ADS 42	32
Regulator ART 11	72
Przetwornik APR 11	132
Przetwornik APY 11	32
Regulator ASW 21	40
Regulator ARK 21	96
Regulator ARC 21	216

Dla uzupełnienia obrazu i danych porównawczych uzyskano od użytkownika dodatkową informację o liczbie uszkodzeń wyżej wymienionych urządzeń w okresie od 3.01.1977r. do 30.11.1978 r. Jednakże nie można było uzyskać danych dokładniejszych.

Wobec braku szczegółowych danych o uszkodzeniach poprzedzających okres badań nie można określić ani intensywności uszkodzeń, ani czasu między uszkodzeniami dla każdego obserwowanego typu urządzenia. Traktując natomiast Elektrownię jako system, można określić czas między uszkodzeniami syste-

mu ze względu na poszczególne urządzenia. Przykładowo dla regulatorów ARC 21 będzie: liczność próbek $n = 30$, czas obserwacji 16800 h /23 miesiące/, liczba uszkodzeń $m = 23$. W związku z tym, że w tym czasie uszkodziło się $\frac{m}{n} \cdot 100\%$ aparatów, czyli 77%, a wszystkich aparatów jest 96, tzn., że uszkodzeń w obserwowanym czasie będzie 96 · 0,77 = 74. Stąd czas między uszkodzeniami systemu T_{u2} ze względu na regulatory ARC 21 wyniesie 16800 : 74 = 227 h. Oznacza to, że przy tryzminowanej pracy co 10 dni w Elektrowni uszkodzi się 1 regulator ARC 21. Porównując to z danymi z Elektrowni z okresu 3. 01. 1977r. - 30. 11. 1978r. analogiczny czas wyniesie: $T_{u1} = 16728 : 89 = 188$ h. Analogicznie obliczone czasy dla innych urządzeń zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Nazwa urzą- dzenia	T_{u1} /h/	T_{u1} /dni/	T_{u2} /h/	T_{u2} /dni/	T_u /h/	Opinia załogi x/
ADS 31	270	11	101	4	21816	8
ADS 42	540	22	1200	50	38400	7
ART 11	246	10	290	12	20880	6
APR 11	478	20	646	27	85272	8
APY 11	1289	53	2400	100	76800	8
ASN 21	1045	43	3360	140	134400	8
ARC 21	188	8	227	9	21792	7
ARK 21	299	13	213	9	46008	7

x/ - wg karty uszkodzenia w 10 stopniowej skali,

T_{u1} - czas między uszkodzeniami w systemie ze względu na urządzenia, obliczony na podstawie poprzedzającego badania,

T_{u2} - czas iw. lecz obliczony na podstawie wyników z badań.

Powyższe dane obrazują częstość napraw danego urządzenia. Z przytoczonych liczb w kol. 5 wynika, że co 4 dni trzeba naprawiać jedną stacyjkę ADS 31, a co 12 dni 1 regulator ART 11. Wziąwszy pod uwagę, że stacyjek ADS 31 jest w elektrowni 216, a regulatorów ART 11 - 72, to oceniając jakość urządzenia na podstawie częstości napraw, można stwierdzić, że te dwa aparaty są na jednakowym poziomie. Porównując natomiast w ten sam sposób regulatory ARC 21 i ARK 21 można uważać, że jakość regulatora ARC 21 jest gorsza, ponieważ wymaga on /216 : 96 = 2,2/ ponad dwa razy częstszej naprawy.

Korzystniejszą ocenę jakości badanych urządzeń uzyskuje się na podstawie średnich czasów między uszkodzeniami /MTBF/ dla poszczególnych urządzeń, których wartości podane są w Tabeli 3 - kolumna 6. Wartości te / T_u / są iloczynami czasów T_{u2} i liczby

urządzeń danego typu. Z uwagi na stosunkowo krótki okres prowadzenia badań eksploatacyjnych oraz brak dokładnych danych o jednorodności próbek /wyroby pochodziły z produkcji w okresie 1974-77r. / i przebiegu eksploatacji poszczególnych urządzeń wartości zarówno T_u jak i T_{u2} i T_{u1} należy traktować jako przybliżoną. Z porównania wartości T_u wynika stosunkowo duża ich rozpiętość dla poszczególnych wyrobów /od ~ 20000 do ~ 130000 h/. Różnicę tę można wytłumaczyć różnym stopniem złożoności badanych wyrobów. Zrozumiałe zatem jest, że urządzenia bardziej złożone /np. ARC -21/ częściej ulegają uszkodzeniom niż urządzenia prostsze /np. ASW - 21/.

Porównanie wyników badań i wyników rzeczywistych z okresu dwuletniego przed badaniami wykazuje, że cztery urządzenia uległy poprawie - częstość napraw zmniejszyła się /patrz kol. 3 i 5 tabeli 3/, natomiast cztery urządzenia /ADS 31, ART 11, ARC 21 i ARK 21/ uszkadzają się nieco częściej. Są to jednocześnie te urządzenia, w których uszkodzenia się powtarzają, co również świadczy o gorszej jakości. W tabeli 3 przytoczono w kol. 7 opinie załogi, tzn. opinie użytkownika o urządzeniach. Uszeregowanie opinii jest zgodne z wynikami badań.

Przytoczone wyżej badania elementów automatyki nie są jedynymi badaniami prowadzonymi w Instytucie. Do artykułu wybrano te badania, które pozwoliły na opracowanie metody kontrolnej lub rokując nadzieję na ustalenie takiej metody, jak np. elementy wysokociśnieniowe. W celu uzupełnienia obrazu prac w zakresie badań niezawodności włączono do artykułu również wyniki badań eksploatacyjnych, których prowadzenie autorzy uważają za bardzo celowe. Stanowiska do badań laboratoryjnych są często bardzo kosztowne, a badania eksploatacyjne można przeprowadzać stosunkowo małym nakładem pracy.

Reasumując można stwierdzić że:

- badania niezawodności prowadzone w "Mera - PIAP" pozwoliły na poprawę jakości badanych urządzeń,
- elementy automatyki stanowią wyroby, które szczególnie nadają się do badań niezawodności metodami skróconymi, drogą zwiększenia częstości cykli pracy,
- istnieją pewne sugestie co do możliwości kontroli niezawodności drogą zaostrożenia narażeń /jak np. dla silników - przez obniżenie temperatury/ lecz na obecnym etapie uważa się za bardziej celowe wprowadzenie raczej skróconych metod przez stosowanie planów badań zg. z normą PN-77/N-04021, a to z uwagi na prostszą technikę przeprowadzania badań bez stosowania kosztownych i energochłonnych urządzeń.



mgr inż. JANINA WINIARSKA

Instytut Elektrotechniki

O/Gdańsk

METODYKA ORAZ NIEKTÓRE WYNIKI BADAŃ NIEZAWODNOŚCI ELEKTRYCZNYCH PRZYRZĄDÓW TABLICOWYCH W WARUNKACH MORSKICH

Oddział Gdański Instytutu Elektrotechniki zajmuje się m. in. badaniami atestowymi i konstruktorскими urządzeń okrętowych. Przez parę lat na zlecenie Zjednoczenia "Mera" prowadzone były badania eksploatacyjne niektórych elektrycznych wyrobów okrętowych, produkowanych przez Zakłady podległe temu Zjednoczeniu. Badaniami objęto m. in. mierniki tablicowe magneto i elektromagnetyczne. Ostatecznym efektem tych prac miało być opracowanie metodyki badań przyspieszonych, która w sposób możliwie dokładny miałaby symulować warunki eksploatacyjne, występujące w technicznych pomieszczeniach statku. Badania prowadzone były w dwóch równoległych etapach:

- etap I - obejmował zebranie informacji o uszkodzeniach z laboratoriów pomiarowych Stoczni Remontowych, magazynu zakładu "Elmor" oraz ze statków,
- etap II - obejmował badania eksploatacyjne na statkach.

Dane z laboratoriów naprawczych oraz magazynów

W etapie tym zbierano informacje o uszkodzeniach wytypowanych mierników w laboratoriach pomiarowych Stoczni Remontowych, w Zakładzie Urządzeń Okrętowych "Elmor" oraz informacje od elektryków na statkach PLO i PŻM. Ankietyzacją objęto 16 statków. Do zbierania danych opracowano wzór karty /rys. 1/, na której notowano stwierdzone usterki.

Ze względu na trudności w korzystaniu z kartotek napraw prowadzonych w laboratoriach Stoczni, korzystano z wyników własnych pomiarów prowadzonych na aktualnie remontowanych statkach. W laboratoriach Stoczni nie prowadzi się analizy ani opisu uszkodzenia. Przyrząd zdejmowany ze statku jest sprawdzany, naprawiony lub złomowany. Przyrząd naprawiony jest legalizowany i jako dobry instalowany na statku. Datę

ostatniej legalizacji przyjmowano jako punkt odniesienia dla określenia kontrolowanego czasu eksploatacji wyrobu. Sprawdzano podstawowe parametry wyrobów, takie jak: błąd wskazań, działanie korektora oraz notowano wszystkie możliwe do stwierdzenia usterki oraz ich przyczyny.

W etapie tym kontrolowano również przyrządy nowe pobierane losowo z magazynu zakładu "Elmor", a przeznaczone do instalowania w tablicach głównych i pomocniczych na statkach. Były to dostawy z lat 1975 - 76. Sprawdzono łącznie $N_p = 974$ szt. przyrządów. Badania te przeprowadzono w celu uzyskania informacji w jaki sposób proces składowania wpływa na jakość przyrządów. Pomiarów parametrów prowadzono w oparciu o wymagania normy PN-70/E-06501 "Mierniki elektryczne o działaniu bezpośrednim i ich przybory pomiarowe. Wspólne wymagania i badania". Wprowadzono następujące oznaczenia:
 N_p - liczba mierników badanych,
 N_u - liczba mierników uszkodzonych,
I, II, III - stopień uszkodzenia.

Stopnie uszkodzenia wprowadzono dla oceny stanu badanych przyrządów, a mianowicie: I stopień obejmuje te przypadki, gdy przyrząd nie działa, tzn. występują zacięcia wskazówki, brak możliwości zerowania, przerwa w obwodzie pomiarowym itp. II stopień - przyrząd działa lecz ma uchyb podstawowy większy od deklarowanej klasy dokładności. III stopień obejmuje przypadki, gdy przyrząd działa i ma uchyb w klasie dokładności, ale nie spełnia mniej istotnych wymagań jak np. niewłaściwy zakres regulacji zera, korozja wskazówki itp.

Wprowadzono również następujące oznaczenia rodzaju uszkodzeń:

K_1 - zacięcia wskazówki	} uszkodz. I stopnia
K_2 - brak możliwości zerowania przyrządu	

- | | | |
|---|----------------------|------------------------|
| K ₃ - silne tarcie w łożyskach | uszkodz. I stopnia | } uszkodz. III stopnia |
| K ₄ - uchyb > od klasy dokładności | uszkodz. II stopnia | |
| K ₅ - stosunek wychyleń wskazówki od kreski zerowej w lewo i prawo > 2 | uszkodz. III stopnia | |
| K ₆ - trudny lub luźny obrót korektora | | |
-
- | | |
|--|------------------------|
| K ₇ - brak wyważenia | } uszkodz. III stopnia |
| K ₈ - odklejona szyba | |
| K ₉ - korozja wskazówki, tarczy lub ramki | |

Wyniki pomiarów

Jak wynika z uzyskanych danych najczęściej występujące uszkodzenia mierników to:
- przekroczenie deklarowanej klasy dokładności,

Karta uszkodzenia

Wypełnia
Lp1

1. Nazwa obiektu	<input type="text"/>
2. Linia zegłupowa	<input type="text"/>
3. Rodzaj urządzenia i rodzaj wyrobu	<input type="text"/> <input type="text"/>
4. Typ nr.fabr. rok prod. rok legal.	<input type="text"/>
5. Producent wyrobu	<input type="text"/>
6. Data zamontowania	<input type="text"/>
7. Rodzaj pomiarzenia <input type="checkbox"/> tablica główna <input type="checkbox"/> p.przetwornic <input type="checkbox"/> p.przetwórniki <input type="checkbox"/> p.maszyny ster. <input type="checkbox"/> dziobówki <input type="checkbox"/> pokład nawij. <input type="checkbox"/> pom.kompresorów <input type="checkbox"/> radiokabina <input type="checkbox"/> Ładownice <input type="checkbox"/> sterowka <input type="checkbox"/> p.mączkarni	<input type="text"/>
Informacje dodatkowe dotyczące miejsca zamontowania i warunków pracy	
8. Data uszkodzenia :	<input type="text"/>
9. Liczba godzin pracy urządzenia /od zamontowania do 1-go uszkodzenia - od ostatniego uszkodzenia - od wymiany	<input type="text"/> <input type="text"/>
10. Rodzaj uszkodzenia <input type="checkbox"/> ogólne <input type="checkbox"/> parametryczne <input type="checkbox"/> mechaniczne	

Rys. 1

11. Formę uszkodzenia

<input type="checkbox"/> 1 przerwa w obr. pomiarowym	<input type="checkbox"/> 9 zrywanie papieru rej.	<input type="checkbox"/> 17 luźne zaciski	
<input type="checkbox"/> 2 tarcie w " " " " " "	<input type="checkbox"/> 10 złe poię- czenia	<input type="checkbox"/> 18 . . .	
<input type="checkbox"/> 3 zacięcia wskazówki uchyb>od klasy	<input type="checkbox"/> 11 rozslany zapis	<input type="checkbox"/> 19 . . .	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 4 złe wskazania	<input type="checkbox"/> 12 zła rejestracja czasu	<input type="checkbox"/> 20 . . .	
<input type="checkbox"/> 5 korozja elementów	<input type="checkbox"/> 13 nieprawidłowe działanie zerownika	<input type="checkbox"/> 21 . . .	
<input type="checkbox"/> 6 spalenie	<input type="checkbox"/> 14 brak wyważenia		
<input type="checkbox"/> 7 przebicie izolacji	<input type="checkbox"/> 15 zbita lub pęknięta szyba		
<input type="checkbox"/> 8 spalenie silnika	<input type="checkbox"/> 16 brak możliwości zerowania		
12. Objawy i przyczyny wadliwej pracy urządzenia opis uszkodzenia			
13. Czas trwania naprawy			
14. Czy nastąpiła wymiana : wyrobu <input type="checkbox"/> 1 elementu <input type="checkbox"/> 2 nie nastąpiła wymiana <input type="checkbox"/> 3			
15. Czy naprawy dokonała załoga <input type="checkbox"/> 1 częściwo <input type="checkbox"/> 2 całkowicie <input type="checkbox"/> 3 nie			

c. d. Rys. 1

- silne tarcie w łożyskach,
- zmiana wychylenia wskazówki od kreski zerowej > 2,
- brak możliwości zerowania przyrządu,
- trudny lub bardzo luźny obrót korektora,
- zmiana wyważenia układu ruchomego.

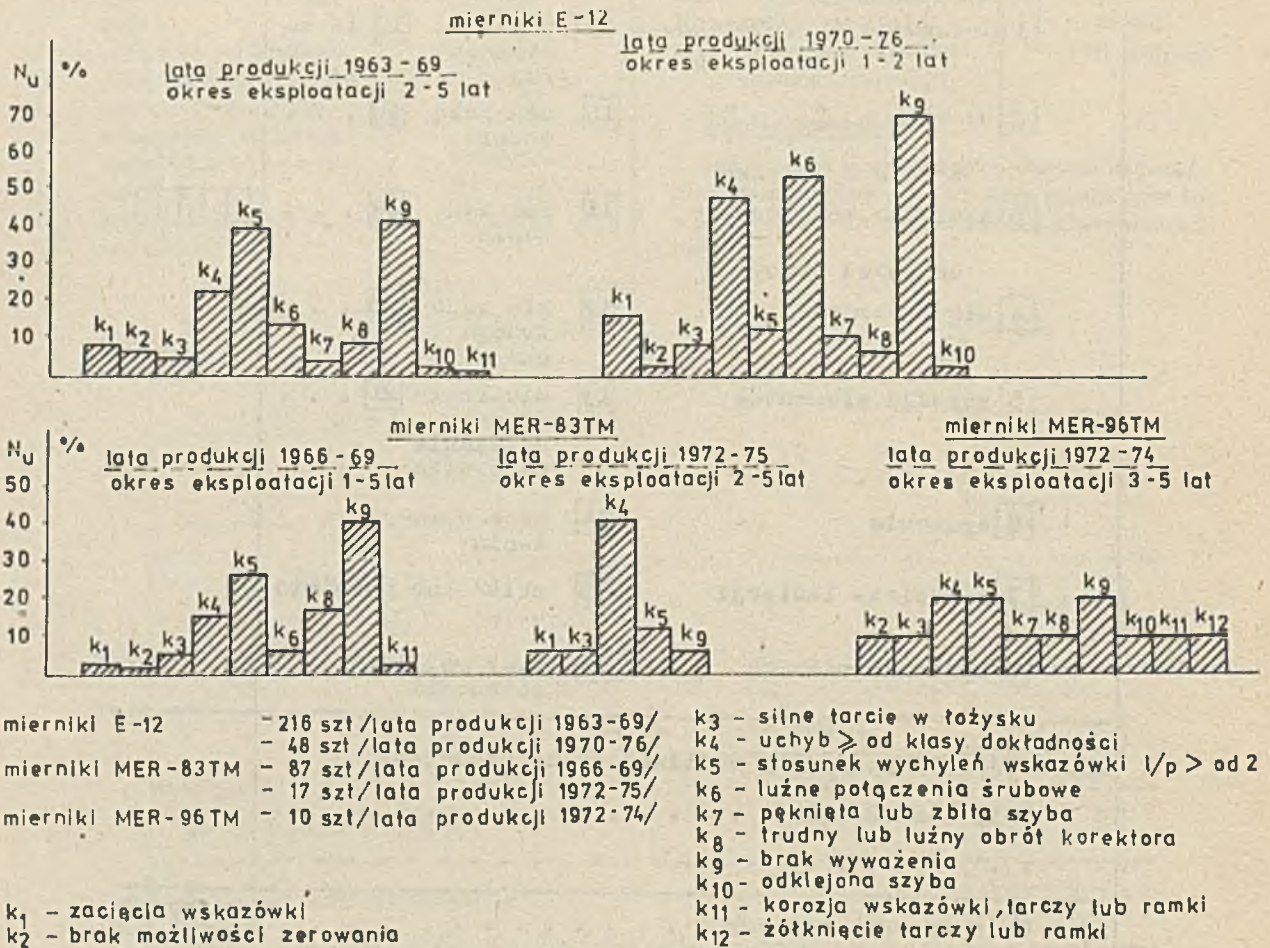
Rys. 2 i 3 ilustrują wyniki z rejestracji uszkodzeń zestawione wg typów mierników i okresów eksploatacji oraz składowania. Zebrane informacje ze Stoczni /rys. 2/ obejmują wyroby z lat produkcji od 1963 do 1976. Podane okresy eksploatacji - są to okresy tzw. eksploatacji kontrolowanej. Interpretacja wyników jest dosyć trudna, ze względu na różne lata produkcji i różne liczby przy-

rządów. Brak było również rozkładu czasów uszkodzeń poszczególnych przyrządów.

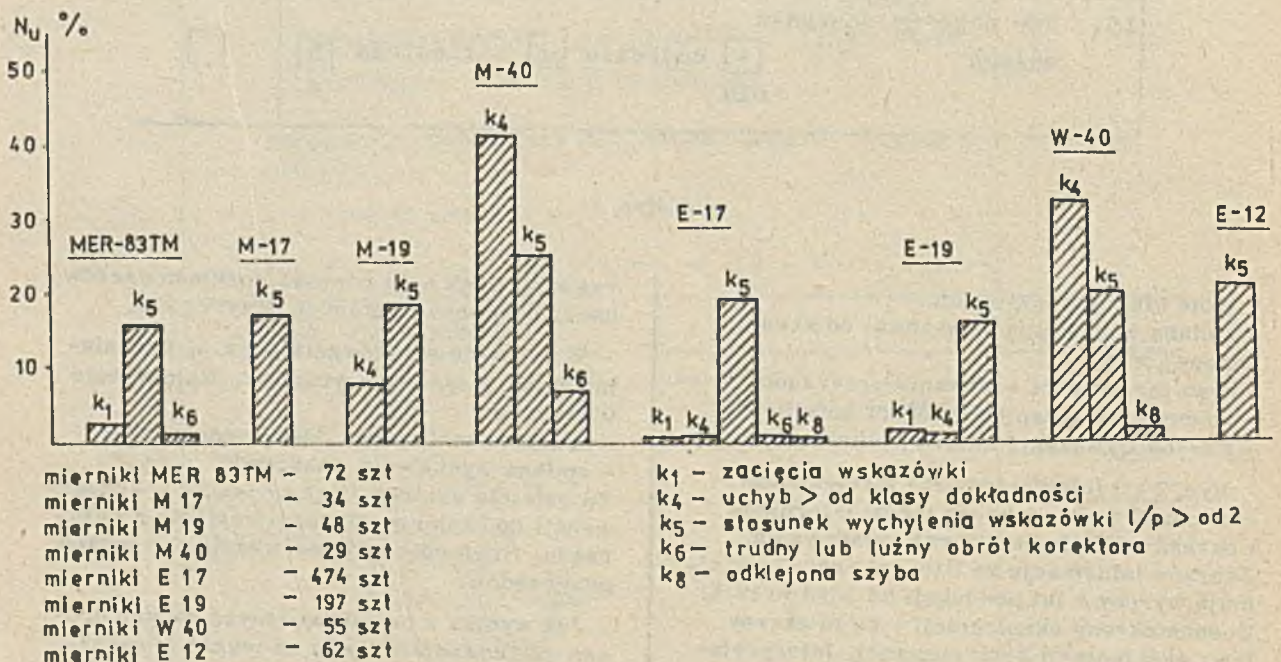
W procesie składowania /rys. 3/ badaniami objęto 8 typów przyrządów. Najczęstsze usterki to:

- przekroczenie klasy dokładności /K₄/
 - zmiana wychylenia wskazówki /K₅/
- Ta ostatnia usterka /K₅/ prowadzi w konsekwencji do braku możliwości zerowania przyrządu. Stwierdzono ją we wszystkich typach przyrządów.

Jak wynika z przedstawionych danych proces składowania wpływa na jakość przyrządów jeszcze przed rozpoczęciem ich właściwej eksploatacji.



Rys. 2. Dane z laboratorium Stoczni Remontowych



Rys. 3. Liczba uszkodzeń N_u /% - składowanie w magazynie /okres 1 do 2 lat/

Badania środowiskowe i eksploatacyjne

Uzyskane w etapie I dane ukierunkowały prace prowadzone w niniejszym etapie. Zebrane poprzednio informacje nie pozwoliły na ustalenie czasów wystąpienia poszczególnych uszkodzeń, z tego względu zdecydowano się na przeprowadzenie badań eksploatacyjnych na zestawach nowych przyrządów. Przyrządy instalowano w zestawach po 10 - 12 szt. w typowych technicznych pomieszczeniach statku. Czas badań wyniósł od kilkunastu miesięcy do 2,5 lat. Badaniami objęto 6 typów przyrządów magneto i elektromagnetycznych. Przyrządy były instalowane w tych pomieszczeniach, w których znajduje się większość urządzeń elektrycznych tzn. w GTR, w masztówkach, dziobówkach oraz w pomieszczeniu maszyny sterowej. Przyrządy kontrolowano w laboratorium Instytutu w czasie składowania przed zainstalowaniem na statku oraz w czasie postojów statku między kolejnymi rejsami.

Na rys. 4 pokazano dla 4 typów przyrządów procentowy udział poszczególnych uszkodzeń po określonym okresie użytkowania. W badanych przyrządach rejestrowano trzy najczęstsze uszkodzenia:

- a/ obniżenie klasy dokładności / K_4 /
- b/ zmiana wychylenia wskazówki / K_5 /
- c/ brak możliwości zerowania przyrządu / K_6 /

Obserwacja przyrządów nie była ciągła, a przedziały czasu między pomiarami były różne. Założono, że zmiana stanu między poszczególnymi obserwacjami jest liniowa, co pozwoliło ustalić czasy poszczególnych uszkodzeń. Na rys. 5 zilustrowano metodę wyznaczenia czasu uszkodzenia dla parametrów wielostanowych /np. uchyb wskazań/ oraz dwustanowego /np. zacięcie wskazówki/. Uzyskane wyniki pozwoliły na obliczenie wskaźników niezawodności:

- dla okresu składowania - współczynnik gotowości

$$K_g = \frac{\sum \tau_i}{\tau_i + \tau_u} \quad \text{gdzie:}$$

τ_i - czas przebywania w stanie sprawności

τ_u - czas przebywania w stanie uszkodzenia

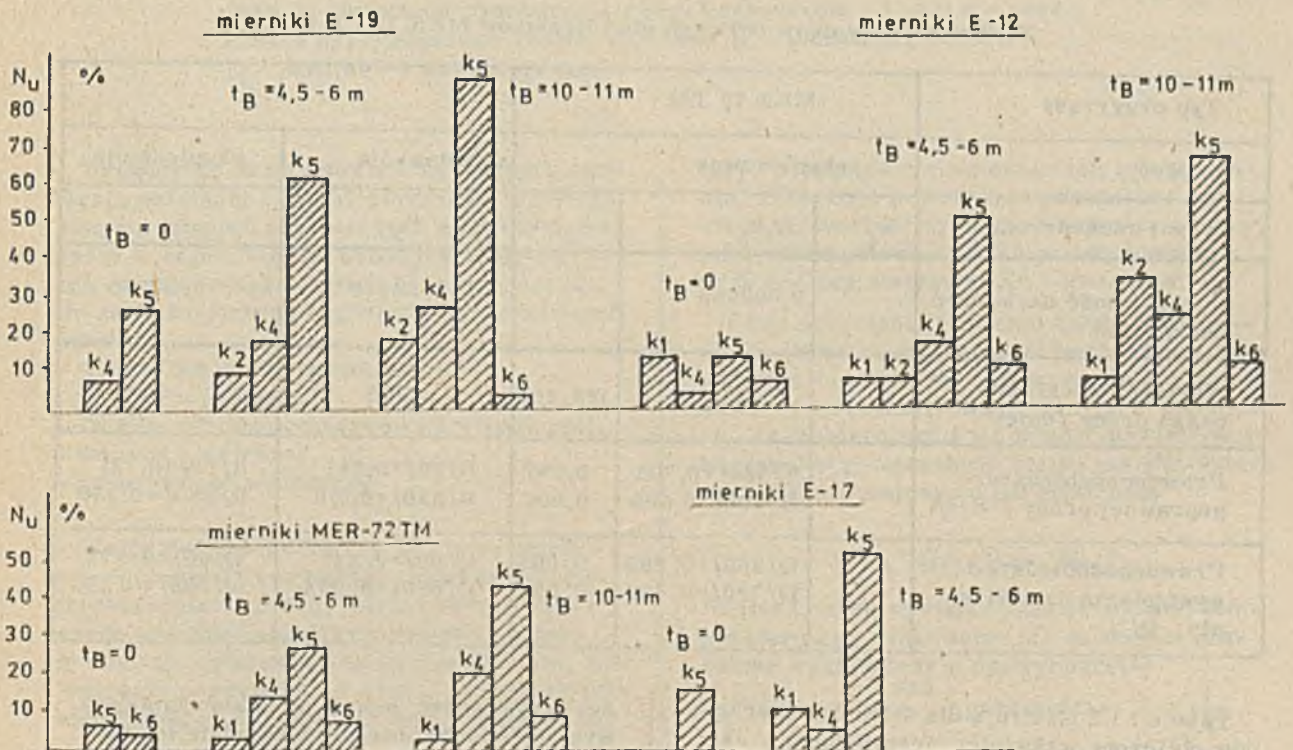
- dla okresu eksploatacji

oczekiwana wartość czasu pracy

- intensywność uszkodzeń

prawdopodobieństwo poprawnej pracy

prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia



Wyniki pomiarów w dniu zerowym i po okresie eksploatacji.

mierniki MER-72TM - 60 szt
 mierniki E-19 - 34 szt
 mierniki E-12 - 30 szt
 mierniki E-17 - 19 szt

k_1 - zacięcia wskazówki
 k_2 - brak możliwości zerowania przyrządu
 k_4 - uchyb \geq od klasy dokładności
 k_5 - stosunek wychyleń wskazówki $1/p >$ od 2
 k_6 - trudny lub luźny obrót korektora

Rys. 4. Dane z badań własnych - mierniki tablicowe

Tabela 1

Zestawienie wyników obliczeń dla mierników E19 i E12

Typ przyrządu	E19 - 250 V				E12 - 250 V				
	składowanie				eksploatacja			eksploatacja	
rodzaj uszkodzenia	dla k ₄	dla k ₅	k ₂	k ₄	k ₅	k ₂	k ₄	k ₅	k ₂
<u>Obliczone wskaźniki</u>									
Współczynnik gotowości	0,93								
Intensywność uszkodzeń /uszkodz./ /dzień	-	0,00064	0,00005		0,026	0,00072	0,000829	0,01385	0,00403
Wartość oczekiwana czasu pracy /dni/	-	1083	16,863	460	32	1380	1206	72	248
Prawdopodobieństwo poprawnej pracy R/t/	R/360/=	=0,79	0,979	0,650	R/60/=	0,207	0,77	R/360/=	=0,74
	R/720/=	=0,63	0,958		R/180/=	0,008	0,59	R/720/=	=0,55
								R/120/=	=0,054
Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia Q/t/	Q/360/=	=0,20	0,021	0,350	Q/60/=	=0,79	0,239	Q/360/=	=0,259
	Q/720/=	=0,37	0,041		Q/180/=	=0,99	0,496	Q/720/=	=0,45
								Q/120/=	=0,94
								R/60/=	R/60/=0,785
								R/120/=	R/360/=0,234
								Q/60/=	Q/60/=0,215
								Q/120/=	Q/360/=0,766

Tabela 2

Zestawienie wyników obliczeń dla mierników MER 72 i E 17

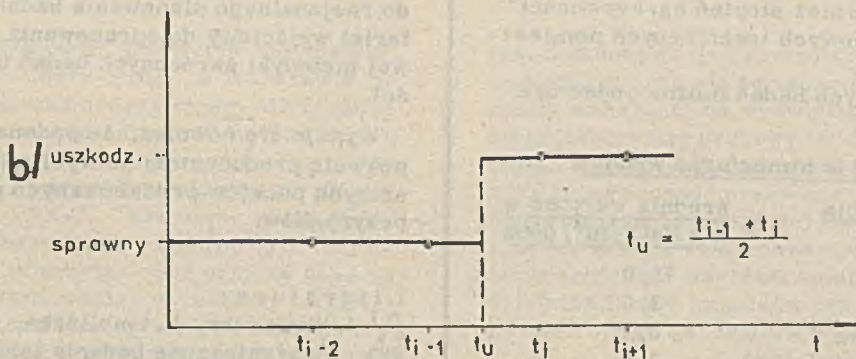
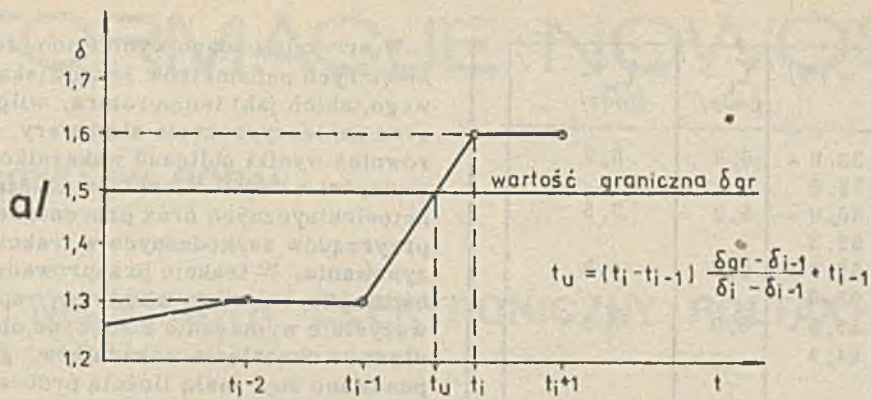
Typ przyrządu	MER 72 TM			E 17	
	eksploatacja			składowanie	eksploatacja
rodzaj uszkodzenia	k ₄	k ₅	k ₂	k ₅	k ₅
Intensywność uszkodzeń uszk/dzień		0,000968		0,00646	0,00363
Wartość oczekiwana czasu pracy /dnie/		1033	123,456	155	275
Prawdopodobieństwo poprawnej pracy / R/t/		R/360/=0,705	0,997	R/90/=0,557	R/90/=0,721
		R/720/=0,498	0,994	R/330/=0,118	R/360/=0,270
Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia Q/t/		Q/360/=0,295	0,003	Q/90/=0,441	Q/90/=0,279
		Q/720/=0,502	0,008	Q/330/=0,903	Q/360/=0,730

Tabele 1 i 2 ilustrują dla 4 typów przyrządów obliczone wskaźniki niezawodności. Jak wynika z przedstawionych danych niezawodność eksploatacyjna badanych przyrządów jest stosunkowo niska, szczególnie przyrządów elektromagnetycznych. Prowadzone badania nie zawsze były zgodne z wymaganiami dotyczącymi liczności próbki oraz czasu trwania badań. Największą niedokładność wyników spowodowały stosunkowo rzadkie okresy sprawdzeń. Niniejsza analiza została potraktowana jako zgrubna ocena niezawodno-

ści przyrządów, jednak przy korzystaniu z wyników trzeba mieć na względzie to, że jest ona obciążona błędami trudnymi w chwili obecnej do oszacowania.

● Badania środowiskowe

Prowadzone badania były tylko fragmentem prac, które mają doprowadzić do właściwego modelowania badań laboratoryjnych, prowadzono wobec tego równoległe badania parametrów środowiska, w którym te wyroby pracują.



Rys. 5. Ilustracja wyznaczania czasu uszkodzenia - t dla: a - parametru przyjmującego różne wartości δ - klasa dokładności/, b - parametru dwustanowego.

Urządzenia eksploatowane na statkach podlegają działaniu różnych czynników środowiskowych. Stopień ostrości tych czynników jest różny w zależności od budowy statku, miejsca zainstalowania, strefy klimatycznej itp. Do najważniejszych czynników narażeńowych należą:

- wysoka lub niska temperatura,
- wysoka wilgotność,
- zmiany dobowe temperatury i wilgotności,
- drgania i wstrząsy,
- agresywność atmosfery.

Rejestrację parametrów klimatycznych prowadzono we wszystkich technicznych pomieszczeniach statku, gdzie pracuje większość urządzeń elektrycznych oraz w tych, w których instalowano badane przyrządy. Rejestrację prowadzono w czasie rejsów eksploatacyjnych na typowych liniach żeglugowych.

Dla określenia stopnia ostrości narażeń, częstości ich występowania, wartości średnich oraz odchyżeń standardowych opracowany został program statystyczny, do którego jako wejścia opracowano nośniki informacji danych klimatycznych. Wyniki tych pomiarów pozwoliły na postawienie i zweryfikowanie hipotez o rozkładach statystycznych tempera-

tury, wilgotności oraz czasu ich występowania. Obliczono podstawowe parametry rozkładu, tj. wartość średnią, wariancję i odchylenia standardowe. Hipotezy weryfikowano przy pomocy statystyki χ^2 - Pearsona.

Przy określaniu rozkładu czasu występowania określonych wartości temperatury czy wilgotności algorytm postępowania był taki sam. Po przeanalizowaniu danych stwierdzono, że temperatura i wilgotność powietrza w większości pomieszczeń statku ma charakter rozkładu normalnego o parametrach:

$$N / t, \sigma_t / t N / \bar{w}, \sigma_w / w.$$

Rozkład czasu występowania określonej temperatury czy wilgotności ma natomiast charakter wykładniczy o dystrybuancie:

$$F / \tau / = 1 - e^{-\lambda t} \text{ i parametrze } \lambda = \frac{1}{\tau}$$

Wartości średnie t , w oraz τ są różne dla różnych pomieszczeń statku.

Przykładowo można podać z prawdopodobieństwem $P = 0,9$, że w typowych pomieszczeniach statku temperatura i wilgotność powietrza mieszczą się w niżej podanych przedziałach / dane obliczone z 10 statków/.

dla $P=0,9$	$t^0 / C/$	w / %/	$\tau_t -$ /godz/	$\tau_w -$ /godz/
GFR	27,1 - 45,1	39,8 - 72,8	6,7	5,7
Sterow- nie	26,8 - 34,1	66,0 - 92,5	5,3	3,5
Masz- tówki	26,8 - 38,6	57,3 - 95,9	5,5	4,9
Maszy- na ste- rowa	25,8 - 39,2	55,3 - 94,3	8,0	8,3

Określono również stopień agresywności atmosfery w typowych technicznych pomieszczeniach statku.

Z dotychczasowych badań można podać następujące wyniki.

Zawartość NaCl w atmosferze wynosi:

<u>dla pomieszczenia</u>	<u>średnia wartość w</u> <u>mg NaCl/m²/doba</u>
pokład	75,0
masztówki	3,5
maszyna sterowa	0,7
pompa windy kotwicznej	3,0
maszynownia	1,3

Zawartość SO₂ w atmosferze wynosi:

<u>pomieszczenie</u>	<u>średnia wartość w</u> <u>mg SO₂/m²/doba</u>
siłownia	120,0
masztówka	2,5
pompa maszyny sterowej	4,0

Wyniki z badań środowiskowych są wykorzystywane do opracowania charakterystyki klimatycznej i agresywnej pomieszczeń oraz do modelowania badań przyspieszonych.

W artykule podano wyniki pomiarów dla niektórych parametrów środowiska okrętowego, takich jak: temperatura, wilgotność oraz zanieczyszczenia atmosfery. Podano również wyniki obliczeń wskaźników niezawodności z badań mierników elektro i magnetoelektrycznych oraz procentowe liczby przyrządów uszkodzonych w trakcie magazynowania. W trakcie przeprowadzonych badań eksploatacyjnych nie były spełnione wszystkie wymagania konieczne dla prawidłowego określenia wskaźników, gdyż dysponowano zbyt małą ilością próbek oraz zbyt krótkim czasem badań.

Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do racjonalnego planowania badań oraz materiał wyjściowy do opracowania szczegółowej metodyki skróconych badań niezawodności.

Wydaje się również, że podane wyniki pozwolą producentom na wyeliminowanie słabych punktów produkowanych przez nich przyrządów.

Literatura:

[1] J. Winiarska, H. Smolińska, Cz. Kopczyński - Przyspieszone badania laboratoryjne i eksploatacyjne trwałości i niezawodności wytypowanych urządzeń okrętowych. Dokumentacja 200-372/ Gdańsk, 1980.

[2] J. Winiarska - Analiza statystyczna i jakościowa uszkodzeń aparatury eksploatowanej na statkach. Dokumentacja nr 543044, Gdańsk 1977.

[3] J. Winiarska, H. Smolińska - Określenie warunków środowiskowych występujących w środowisku okrętowym oraz badania eksploatacyjne aparatury. Dokumentacja 76039005, Gdańsk, 1979.



INFORMACJE - NOWOŚCI

inż. WŁADYSŁAW GÓRAL

TAKSOMETR ELEKTRONICZNY POLTAX-3

W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów "Mera-PIAP" w Warszawie w ramach prac nad podsystemem METROKIN /urządzenia do pomiaru parametrów ruchu/ Krajowego Systemu Automatyki i Pomiarów POLMATIK, opracowano taksometr elektroniczny POLTAX-3. Taksometr służy do obliczania i wskazywania w formie cyfrowej należności za przebytą drogę oraz za czas wynajęcia pojazdu według określonej taryfy. Ponadto taksometr rejestruje przebytą drogę ogółem oraz drogę tzw. płatną, liczbę wynajętych pojazdów /kursów/ oraz sumę zainkasowanych jednostek taryfowych. Obliczanie należności jest realizowane przy pomocy układów elektronicznych, natomiast rejestracja przejechanych kilometrów ogółem i płatnych jest realizowana przy pomocy zespołów mechanicznych /podobnie jak w dotychczasowym taksometrze mechanicznym/. Zliczanie liczby jednostek taryfowych i kursów odbywa się za pomocą liczydeł elektromechanicznych, do których impulsy napędowe są dostarczane z układu elektronicznego. Napęd liczników przebytej drogi do układu jeźdnego pojazdu jest realizowany przy pomocy wałka giętkiego /jak w dotychczasowym taksometrze mechanicznym/. Wartość opłaty wskazywana jest na pięcioelementowym wyświetlaczu elektroluminescencyjnym.

Taksometr posiada rezerwowe źródło zasilania /akumulator kadmowo-niklowy/, który



jest doładowywany z akumulatora głównego pojazdu. Umożliwia to zapamiętanie wartości opłaty wskazanej na wyświetlaczu w przypadku krótkotrwałej przerwy w obwodzie zasilania. Konstrukcja taksometru zapewnia wysoką niezawodność pracy oraz łatwą obsługę. Nastawianie obowiązującej taryfy i ewentualna jej zmiana realizowana jest przez zaprogramowanie wartości opłaty wstępnej, dzielnika liczby impulsów oraz odpowiedniego nastrojenia generatora podstawy czasu.

Dane techniczne:

Liczba taryf	2
Liczba odcinków taryfowych	4
Maksymalna długość odcinka taryfowego drogi	1599 m
Niedokładność pomiaru odcinka taryfowego drogi	+ 1m
Maksymalny przedział taryfowy czasu	12 min.
Pojemność	
- liczydła kilometrów ogólnych	999999 km.
- liczydła kilometrów płatnych	9999,9 km
- liczydła kursów	9999
- liczydła jednostek taryfowych	9999
Napięcie zasilania	10,4 ... 16 V
Pobór prądu, bez żarówki wskaźnika TAXI	400 mA
Maksymalna moc żarówki wskaźnika TAXI	12 W
Zakres temperatury pracy	0 ... 60°C
Wymiary gabarytowe	205x145x90 mm
Masa	2 kg.

Informacji technicznych udziela: Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów "Mera-PIAP", Ośrodek Pomiaru Ruchu i Czasu, al. Jerozolimskie 202, 02-222 Warszawa, tel.: 237081 w 117. Telex: 813726 PL. Producent: Przedsiębiorstwo Aparatury i Urządzeń Komunalnych POWOGAZ ul. Janickiego 23/25, 60-542 Poznań, tel.: 44401, telex: 0415347 PL.

mgr inż. LECH JĘDRZEJCZAK

CYFROWY MIERNIK NAPIĘCIA I PRĄDU STAŁEGO TYPU N 12

Miernik typu N12 jest zmodernizowaną wersją miernika typu N1 produkowane go od kilku lat przez LZAE "Mera-Lumel". Miernik N12 różni się od miernika N1 pojemnością pola odczytowego /maks. 9999/, a także lepszą dokładnością oraz dodatkowym wyposażeniem w prosty interfejs "ISP-1" według zaleceń RWPG. Miernik N12, podobnie jak miernik N1, jest przyrządem jednozakresowym przeznaczonym do pomiaru napięcia lub prądu stałego. Może być on przystosowany do pomiaru innych wielkości fizycznych przetworzonych na sygnał napięciowy albo prądowy.

Miernik w wykonaniu z wyjściem w kodzie BCD i z prostym interfejsem może być wykorzystany w systemach centralnej rejestracji danych, w układach automatycznego sterowania i regulacji oraz do sterowania dodatkowym polem odczytowym drukarką i innymi podobnymi urządzeniami. Znormalizowane wymiary części czołowej 144x72 umożliwiają użytkowanie przyrządu w zestawach typowych mierników tablicowych.

Dane techniczne miernika N12

Zakresy pomiarowe:

$\pm 199,9\text{mV}$; $\pm 1,999\text{V}$; $\pm 19,999\text{V}$; $\pm 199,9\text{V}$
 $\pm 499,9\text{mV}$; $\pm 4,999\text{V}$; $\pm 49,99\text{V}$; $\pm 499,9\text{V}$
 $\pm 999,9\text{mV}$; $\pm 9,999\text{V}$; $\pm 99,99\text{V}$; $\pm 999,9\text{V}$
 $\pm 199,9\mu\text{A}$; $\pm 1,999\text{mA}$; $\pm 19,99\text{mA}$; $\pm 199,9\text{mA}$
 $\pm 1,999\text{A}$; $\pm 4999,9\mu\text{A}$; $\pm 4,999\text{mA}$; $\pm 49,99\text{mA}$
 $\pm 99,99\mu\text{A}$; $\pm 999,9\mu\text{A}$; $\pm 9,999\text{mA}$; $\pm 99,99\text{mA}$

Rezystancja wejściowa: $100\text{ k}\Omega$ dla zakresów mV
1 $\text{M}\Omega$ dla pozostałych

Rozdzielczość zakresów podstawowych:

0,1mV lub 0,1 μA

Błąd podstawowy: $\pm 0,1\%$ ± 1 jednostka

$\pm 0,05\%$ ± 1 jednostka /wykonanie specjalne/

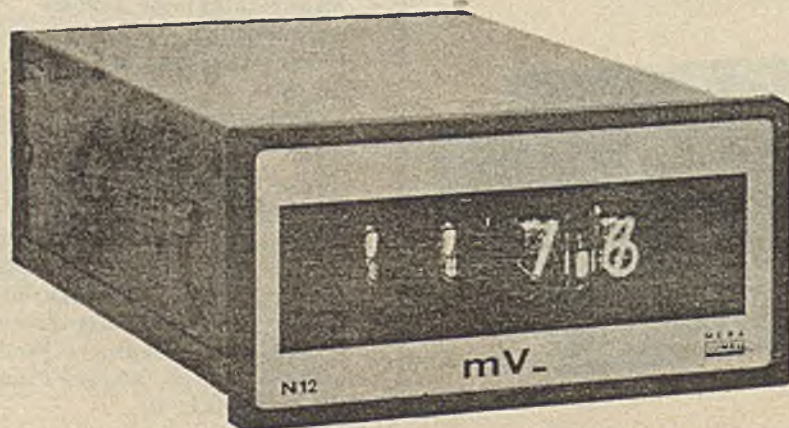
Częstotliwość powtarzania pomiarów: 3 s^{-1}

Sygnalizacja przekroczenia zakresu: automatyczna

Zasilanie: $220\text{V} / -15\% +10\% /$, 50 Hz

Pobór mocy: 12VA

Zakres temperatury pracy: $5 \dots 20 \dots 40^\circ\text{C}$

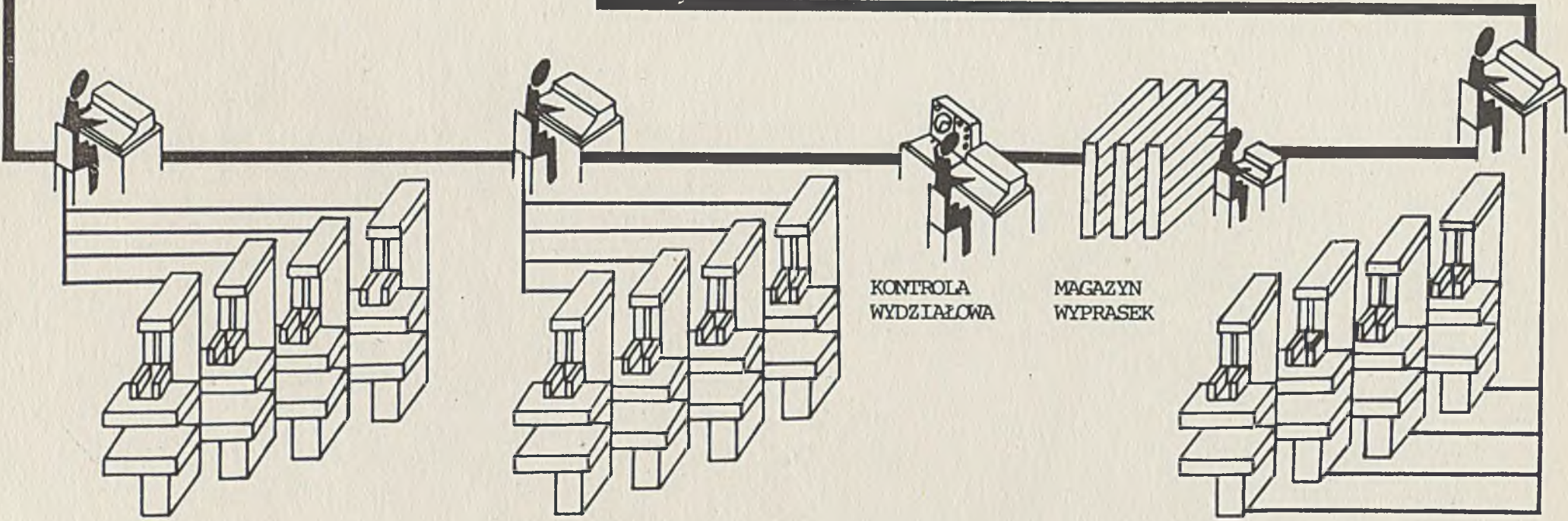


EC 8371.01

(M) EC 8006

KONTROLER

KIEROWNIK TECHNICZNY
KIEROWNIK PRODUKCJI
INNE SŁUŻBY



LINIA PRAS 1

LINIA PRAS 2

LINIA PRAS „N”

Podsystem terminali w zastosowaniu do zbierania danych na wydziale tłoczni

Cena zł 43

Prenumerata roczna zł 516

