

Eksploatacja układów automatyki i robotyki



Temat pracy zaliczeniowej:

Niezawodność układów automatyki i robotyki ze względu na uszkodzenia katastroficzne i parametryczne.

Etapy kształtowania niezawodności

Krempa Aleksander

Krotosz Aneta

Kruk Paweł

Książek Paweł

Kupczyk Paweł

Grupa 12 rok IV

Automatyka i Robotyka

WIMiR

Spis treści

1.	Wstęp	4
2.	Uszkodzenia	5
3.	Kryterium i klasyfikacja uszkodzeń	6
3.1	Stopień wpływu na zdolność do poprawnej pracy	6
3.2	Charakter fizyczny	7
3.3	Związek z innymi	7
3.4	Proces pojawiania się	7
3.5	Czas występowania	8
4.	Uszkodzenia katastroficzne i parametryczne. Niezawodność układów	9
4.1	Wyjaśnienie podstawowych pojęć	9
4.2	Niezawodność obiektów ze względu na uszkodzenia katastroficzne	9
4.2.1	Pojęcia związane z niezawodnością	9
4.2.2	Określania zmian niezawodności w funkcji czasu	11
4.3	Niezawodność obiektów ze względu na uszkodzenia parametryczne	12
5.	Prawdopodobieństwo poprawnej pracy	13
5.1	Definicja	13
5.2	Związki z innymi charakterystykami niezawodności	14
6.	Etapy modelowania niezawodności.....	14
6.1	Zapewnienie określonej niezawodności	14
6.1.1	Etap projektowania.....	15
6.1.2	Przy produkcji wyrobu	16
6.1.3	W czasie eksploatacji	16
6.2	Sposoby zwiększenia niezawodności	17
6.2.1	W trakcie konstrukcji niezbędne są:	17
6.2.2	W trakcie produkcji niezbędne jest:	17

6.2.3	W trakcie eksploatacji konieczne są:.....	17
7.	Bibliografia.....	18

1. Wstęp

Wraz z dynamicznym rozwojem przemysłu wzrasta zapotrzebowanie na niezawodne elementy i układy automatyki, które będą wypełniały powierzone im zadania, co jest związane z wprowadzeniem pojęcia niezawodności. Niezawodnością właśnie nazywamy zdolność obiektu (detalu, części, elementu, przyrządu, systemu) do wypełniania zadanych funkcji i utrzymywania swoich wskaźników eksploatacyjnych w zadanych przedziałach przy zadanych warunkach eksploatacji w ciągu wymaganego czasu lub wymaganej ilości wykonanej przez obiekt pracy.

Jednocześnie z wejściem do Unii Europejskiej, Polska została zobligowana do wprowadzenia nowych dyrektyw związanych z eksploatacją i utrzymaniem poszczególnych urządzeń. Przykładem może być dyrektywa parlamentu europejskiego i rady 2001/95/WE w sprawie ogólnego bezpieczeństwa produktów, w której producenci zostali zobowiązani do wypuszczania na rynek produktów bezpiecznych. Wiąże się to z zapewnieniem niezawodności danych urządzeń, aby mogły one wykonywać swoje prace przez czas lub ilość cykli pracy, który jest wymagany przez konsumenta.

Jakkolwiek pojęciem niezawodności interesowano się już od bardzo dawna, ponieważ zawsze starano się produkować wyroby solidne i rzetelne. Wiąże się to przeważnie ze stosowaniem nadmiaru w procesie projektowania, który polega na wprowadzaniu tzw. współczynników bezpieczeństwa. W zależności od parametrów pracy i materiału, z którego wykonano dany element wprowadza się odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa.

Wzrost zainteresowania niezawodnością w ostatnich latach został spowodowany m.in. wzrostem złożoności współczesnych elementów. Uszkodzenie jednego obiektu wchodzącego w skład wieloelementowego urządzenia mógł spowodować uszkodzenie całego zestawu części, czyli doprowadzić do wadliwej pracy całego urządzenia, w którym został zamocowany dany zespół. Podobnie wpływ na niezawodność miało zaostrzenie warunków eksploatacji danych obiektów, np. poprzez prace w coraz wyższych temperaturach lub przy coraz większym ciśnieniu. W związku z tym zapewnienie poprawnej pracy elementu jest niezbędne w celu uniknięcia zagrożenia zdrowia lub życia pracowników pracujących z lub przy danym urządzeniu. Również zwiększenie wymagań poprawności pracy danych urządzeń ma wpływ na wzrost niezawodności. Przykładowo przy stosowaniu teleoperatorów w operacjach medycznych wymagana jest ich niezwykle precyzyjna dokładność. Uszkodzenie jakiegoś elementu pracującego w takim właśnie operatorze może wywołać błąd w pracy podczas operacji, dlatego w takich właśnie urządzeniach stosuje się systemy bezpieczeństwa.

Niezwykle istotne jest aby taki właśnie system działał niezawodnie, gdyż błąd w jego funkcjonowaniu może doprowadzić nawet do czyjejś śmierci.

2. Uszkodzenia

Nieodłącznym elementem przy ocenianiu niezawodności jest tematyka uszkodzeń, będąca podstawową informacją o mogących wystąpić zakłóceniach w działaniu danego układu. Chcąc zrozumieć poprawnie pojęcie uszkodzenia odwołajmy się do definicji tego pojęcia.

Uszkodzenie to zdarzenie po wystąpieniu którego obiekt(element, system, urządzenie) przestaje wypełniać (całkowicie lub częściowo) swoje funkcje. Jest to jednocześnie naruszenie zdolności do poprawnej pracy.

Uszkodzeniem jest w takim razie każdą zmianą stanu danego obiektu, nieprzewidzianą w jego użytkowaniu i wpływającą na sprawność wykonywania przez dany element swoich funkcji. Ponieważ uszkodzenie nie zawsze doprowadza do zniszczenia obiektu i całkowitego zaprzestania jego pracy, można mówić o uszkodzeniach, które nie wpływają znacząco na wykonywaną pracę. Dobrym przykładem takich uszkodzeń jest np. wypalenie się w monitorze jednego piksela, co w żaden sposób nie przeszkadza w poprawnym odczytaniu wyświetlanych treści. Należy jednak zwrócić uwagę, że każdy rodzaj uszkodzenia może być groźny ze względu na tendencję do pogłębiania się usterki, tak więc wypalenie się połowy ekranu całkowicie uniemożliwia pracę z tego rodzaju urządzeniem.

Bezpośredni wpływ na powstawanie uszkodzeń ma środowisko, w którym pracuje dany element. Wystawienie na działanie temperatury, wilgoci, sił, ciśnienia, drgań, pól elektromagnetycznych, substancji żrących i innych procesów fizyko-chemicznych może spowodować uszkodzenie przedmiotu i zaburzenie jego pracy. Pomimo projektowania systemów z uwzględnieniem określonych warunków, w jakich będą one pracować, uszkodzenia należy traktować jako zdarzenia losowe, a co za tym idzie zakładać odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa, niwelujące wpływ awaryjności układu i poziomu ryzyka, jaki ponosi się podczas jego działania.

Zaawansowane metody predykcji zmęczenia materiału i wyeksploatowania urządzenia pozwalają w dość dokładny sposób określić moment, w którym dane urządzenie może ulec uszkodzeniu. Dzięki temu otrzymuje się przede wszystkim przybliżoną informację o żywotności urządzenia, jak również dane do oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia awarii wraz ze starzeniem się danego układu. Należy jednak pamiętać, że nawet najlepsze

metody wyznaczania zużycia, nie chronią przed impulsowym przeciążeniem danego systemu i wystąpienia uszkodzeń katastroficznych.

3. Kryterium i klasyfikacja uszkodzeń

Uszkodzenie występujące w układzie automatyki jest typowym wskaźnikiem stanu nieprawidłowego działania obiektu. Stan taki charakteryzuje się niespełnianiem podstawowych wymagań warunkujących poprawne działanie elementu. Niesprawność, wobec tego, oznaczać będzie niespełnienie jednego lub wielu warunków dotyczących parametrów i charakterystyk eksploatacyjnych jak również wyglądu zewnętrznego, czy wygody eksploatacji.

Uszkodzenia powstające w obiektach automatyki można podzielić według różnych kryteriów. Wyróżnić można pięć podstawowych kryteriów służących do klasyfikacji uszkodzeń powstających w eksploatowanych obiektach.

3.1 Stopień wpływu na zdolność do poprawnej pracy

Jako pierwsze kryterium służące do klasyfikacji uszkodzeń zostanie omówiony stopień wpływu uszkodzenia na zdolność obiektu do jego poprawnej pracy. Na tej podstawie można podzielić defekty występujące w układach automatyki na całkowite i częściowe.

Uszkodzeniami całkowitymi nazywamy takie uszkodzenia, które powodują zupełną utratę zdolności obiektu do prawidłowego wypełniania swoich funkcji i spełniania postawionych przed nim wymagań. Do tego typu defektów możemy zaliczyć:

- zwarcia i przerwy,
- połamania, deformacje i zacięcia detali mechanicznych,
- stopienie lub spalenie detali konstrukcyjnych.

Uszkodzenie częściowe powoduje niemożność wykonania pracy w oczekiwany sposób, co pociąga za sobą pogorszenie jakości funkcjonowania wyrobu. Przykładem tego typu uszkodzeń może być:

- spalenie elementów sygnalizacyjnych
- uszkodzenie elementów wspomagających dany układ
- uszkodzenie obwodu podwójnie zamkniętego

uszkodzenia nie mające wpływu na użytkowanie i bezpieczeństwo (pęknięta obudowa, zdarty lakier)

3.2 Charakter fizyczny

Kolejnym kryterium, jakim można się posłużyć w celu klasyfikacji uszkodzeń elementów automatyki może być fizyczny charakter powstania uszkodzenia. Stosując powyższy wyznacznik, możemy wyróżnić uszkodzenia katastroficzne i parametryczne.

Uszkodzeniami katastroficznymi nazywamy takie uszkodzenia, które, podobnie jak uszkodzenia całkowite, sprawiają zupełną niezdolność układu do wykonywania dalszych, powierzonych mu funkcji. Zakłócenie pracy elementów automatyki w przypadku uszkodzeń katastroficznych spowodowane jest defektami powstającymi w strukturze układu.

O uszkodzeniach parametrycznych mówimy w momencie wystąpienia defektów występujących w częściach pracujących w poszczególnych podzespołach układu automatyki. Nie powodują one jednak całkowitej niezdolności do pracy danego elementu, natomiast zakłócają jego poprawne funkcjonowanie. Uszkodzenia takie najczęściej są powodowane przez zbyt duże rozrzuty parametrów elementów układów.

3.3 Związek z innymi

Następnym omówionym kryterium podziału uszkodzeń będzie ich związek z innymi uszkodzeniami. Każde uszkodzenie zalicza się do zdarzeń losowych. Mogą one być zależne lub niezależne od siebie.

Jeżeli powstające w układzie uszkodzenie danego elementu nie powoduje uszkodzeń innych elementów występujących w urządzeniu, to takie uszkodzenie nazywane jest zdarzeniem niezależnym.

Natomiast, jeżeli uszkodzenie występujące w obiekcie powoduje powstawanie defektów w innych elementach układu, lub taki defekt ma wpływ na prawdopodobieństwo wystąpienia innych nieprawidłowości w elemencie, wtedy takie uszkodzenie nazywamy zdarzeniem zależnym.

3.4 Proces pojawiania się

Jako przedostatnie omówione zostanie kryterium podziału uszkodzeń opierające się na charakterze procesu pojawiania się uszkodzenia. Poprzez zastosowanie takiego podziału możliwe jest wyróżnienie uszkodzeń nagłych i stopniowych.

Uszkodzenia nagłe to takie uszkodzenia, które charakteryzują się nieoczekiwanymi zmianami początkowych parametrów, które nastąpiło pod wpływem losowych czynników sprawczych związanych z wewnętrznymi defektami elementów występujących w danym układzie automatyki, z niewłaściwymi zmianami warunków użytkowania lub z błędami

popelnionymi podczas obsługi. Uszkodzenie takie nie jest możliwe do przewidzenia za pomocą badań i testów, jednakże, przeważnie wystąpienie takiego uszkodzenia poprzedzone jest zwykle wystąpieniem ukrytych zmian zachodzących we własnościach detali i elementów.

W momencie pojawienia się uszkodzeń stopniowych możliwe są do zaobserwowania stopniowe, płynne zmiany występujące w parametrach danego układu. Defekty takie narastają w miarę upływu czasu, co jest związane z starzeniem się i zużyciem poszczególnych elementów składowych danego układu, jaki i również obiektu w całości.

3.5 Czas występowania

Ostatnim kryterium omawianym w niniejszej pracy, służącym do podziału defektów występujących w układach automatyki, jest czas występowania uszkodzeń. Na podstawie takiego wyznacznika możemy wyróżnić uszkodzenia stałe, chwilowe oraz chwilowe wielokrotne.

Jeżeli defekt występuje w sposób nieodwracalny i zlikwidowany może być jedynie poprzez wykonanie naprawy, regulację, lub wymianę uszkodzonego elementu, wtedy mamy do czynienia z uszkodzeniem stałym.

Uszkodzeniami chwilowymi nazywamy takie defekty, które charakteryzują się samodzielnym ustąpieniem, który nie wymaga interwencji personelu obsługującego dany element, po zaniku przyczyny, która je wywołała. Przyczyną powstawania tego typu uszkodzeń mogą być nieprawidłowe warunki eksploatacji (nieodpowiednia temperatura układu, lub zbyt duża wilgotność występująca w pomieszczeniu, jak również nieodpowiednie wartości przyspieszenia oraz drgań mających wpływ na układ).

Jeżeli uszkodzenia chwilowe pojawiają się w danym obiekcie bardzo często, mamy wtedy do czynienia z tzw. uszkodzeniami chwilowymi wielokrotnymi. Defekty takie są na ogół bardzo trudne do zidentyfikowania i świadczą o nieodpowiedniej jakości elementu lub o niewłaściwych warunkach eksploatacyjnych danego obiektu. Często takie defekty wywoływane są krótkotrwałymi uszkodzeniami samo zanikającymi spowodowanymi chwilowymi zmianami oddziaływań zewnętrznych, lub zmianami wewnętrznych parametrów i własności elementów, urządzeń bądź systemów automatyki.

4. Uszkodzenia katastroficzne i parametryczne. Niezawodność układów

4.1 Wyjaśnienie podstawowych pojęć

By móc mówić o niezawodności układów pod względem uszkodzeń katastroficznych i parametrycznych należy zdefiniować elementarne pojęcia związane z tematem.

Uszkodzenia- są to zdarzenia, po wystąpieniu których obiekt (detal, element, część, system, przyrząd) przestaje wypełniać, całkowicie lub też częściowo, swoje uprzednio określone funkcje. Powoduje to zatrzymanie jego zdolności do poprawnej pracy.

Ze względu na fizyczny charakter powstania uszkodzeń, możemy je podzielić na:

- **Uszkodzenia katastroficzne-** powodują całkowitą utratę zdolności obiektu do poprawnej pracy. Są to więc uszkodzenia całkowite oznaczające koniec życia obiektu (bądź wyrobu), bez możliwości odnowy, eliminujące go z przewidywanego zastosowania. Usunięcie tego rodzaju uszkodzeń wiąże się z naprawą lub wymianą obiektu. Do tego rodzaju uszkodzeń zaliczają się: zwarcia i przerwy w obwodach; połamania, deformacje i zacięcia detali mechanicznych; stopienie lub spalenie detali konstrukcyjnych lub elementów składowych.
- **Uszkodzenia parametryczne-** elementów składowych i detali prowadzą natomiast do częściowych uszkodzeń wyrobów (bądź obiektów) złożonych z tych elementów, co powoduje pogorszenie jakości funkcjonowania wyrobów. Pod względem czasu występowania uszkodzenia, uszkodzenia parametryczne mogą mieć charakter stały lub chwilowy.

Niezawodność- możemy zdefiniować jako zdolność obiektu (detalu, elementu, części, systemu, przyrządu) do wypełniania określonych, zadanych funkcji oraz utrzymywania swoich wskaźników eksploatacyjnych w zadanych przedziałach przy zadanych warunkach eksploatacji w ciągu wymaganego czasu lub wymaganej ilości wykonanej przez obiekt pracy.

4.2 Niezawodność obiektów ze względu na uszkodzenia katastroficzne

4.2.1 Pojęcia związane z niezawodnością

Do opisu metod określania niezawodności konieczne jest wprowadzenie pojęć związanych z tym tematem.

Prawdopodobieństwo poprawnej (bezawaryjnej) pracy $R(t)$ - prawdopodobieństwo tego, że w wymaganym przedziale czasu (lub w wymaganych przedziałach trwałości) przy zadanych warunkach eksploatacyjnych nie wystąpi żadne uszkodzenie. Innymi słowy jest to prawdopodobieństwo zachowania przez obiekt swych parametrów w dopuszczalnych granicach w wymaganym czasie przy określonych warunkach eksploatacji.

Prawdopodobieństwo uszkodzenia $F(t)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia co najmniej jednego uszkodzenia w ustalonym przedziale czasowym oraz przy określonych warunkach eksploatacji.

Wykorzystując fakt, że bezawaryjna praca i niesprawność obiektu są stanami przeciwnymi, które się wzajemnie wykluczają, możemy sformułować wzór:

$$F(t) = 1 - R(t),$$

Gdzie $R(t)$ jest prawdopodobieństwem poprawnej (bezawaryjnej) pracy.

Częstotliwość uszkodzeń $\alpha(t)$ – jest to stosunek liczby elementów uszkodzonych w jednostce czasu do początkowej liczby elementów biorących udział w badaniu.

$$\alpha(t) = \frac{\Delta m}{n_0 \Delta t}$$

Gdzie:

- Δm - liczba uszkodzonych obiektów w przedziale czasu od $(t - \frac{\Delta t}{2})$ do $(t + \frac{\Delta t}{2})$
- n_0 - początkowa liczba badanych elementów
- Δt - przedział czasu

Wzór na częstotliwość uszkodzeń może też przyjąć następującą postać w oparciu o pojęcie Prawdopodobieństwo poprawnej (bezawaryjnej) pracy $R(t)$ oraz Prawdopodobieństwo uszkodzenia $F(t)$.

$$\alpha(t) = \frac{dF(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt}$$

Intensywność uszkodzeń $\lambda(t)$ – prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu, nie dającego się naprawić w jednostce czasu po określonym momencie czasu, z spełnieniem warunku, że do danego momentu uszkodzenie nie wystąpiło. Intensywność uszkodzeń jest wyrażona stosunkiem liczby elementów uszkodzonych w jednostce czasu do średniej liczby elementów funkcjonujących sprawnie bez uszkodzeń w danym przedziale czasowym.

$$\lambda(t) = \frac{\Delta m}{n_{\Delta t} \Delta t}$$

gdzie:

- Δm - liczba uszkodzonych elementów w przedziale czasowym od $(t - \frac{\Delta t}{2})$ do $(t + \frac{\Delta t}{2})$
- Δt - przedział czasu
- $n_{\Delta t}$ - średnia liczba elementów pracujących sprawnie w przedziale czasu Δt :

$$n_{\Delta t} = \frac{1}{2} [n_{(t-\frac{1}{2}\Delta t)} + n_{(t+\frac{1}{2}\Delta t)}]$$

Gdzie: $n_{(t-\frac{1}{2}\Delta t)}$; $n_{(t+\frac{1}{2}\Delta t)}$ jest liczbą poprawnie pracujących elementów na krańcach przedziału czasu Δt .

Dokładniejsza definicja wykorzystująca pojęcie Prawdopodobieństwa bezawaryjnej pracy $R(t)$ przyjmuje postać:

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} = -\frac{d \ln R(t)}{dt}$$

Najczęściej używanymi jednostkami do opisu intensywności uszkodzeń są: 1/h lub %/1000h.

4.2.2 Określania zmian niezawodności w funkcji czasu

Na podstawie wzoru opisującego intensywność uszkodzeń:

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt}$$

możemy otrzymać zasadniczą zależność prawdopodobieństwa poprawnej pracy poprzez całkowanie powyższego wzoru w granicach od 0 do t. Otrzymujemy wtedy:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -\ln R(t)$$

Co może zostać przekształcone do postaci:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

$R(t)$ oznacza tu prawdopodobieństwo poprawnej (bezawaryjnej) pracy w funkcji czasu, a $\lambda(t)$ - intensywność uszkodzeń.

Zawodność badanych elementów w funkcji czasu można wyrazić następująco:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Alternatywnym sposobem przedstawienia zawodności może być stosunek liczby elementów uszkodzonych $n_0 - n_t$ w czasie t do całkowitej liczby elementów n_0 biorących udział w badaniu od początku. Wielkość n_t oznacza ilość działających bezawaryjnie elementów w danej chwili czasowej.

$$F(t) = \frac{n_0 - n_t}{n_0} = 1 - \frac{n_t}{n_0}$$

Jak widać z powyżej przedstawionych zależności niezawodność obiektów w odniesieniu do uszkodzeń katastroficznych określona jest rozkładem wykładniczym.

4.3 Niezawodność obiektów ze względu na uszkodzenia parametryczne

Główna grupa obiektów dla których wyznaczana jest niezawodność to elementy dla których związek między sygnałem wyjściowym y a wejściowym x jest określony za pomocą funkcji ciągłej, najczęściej liniowej:

$$y = cx$$

Do grupy takich obiektów należą w szczególności:

- Czujniki
- Wzmacniacze
- Elementy wykonawcze
- Urządzenia układów automatycznego sterowania i kontroli

Dla takich elementów przy podaniu na wejście sygnału o stałej wartości, na wyjściu powinien również występować sygnał stały. Jednak w obiekcie zachodzą wewnętrzne zmiany przez co wielkość c pojawiająca się w powyższym równaniu również się zmienia.

Ze względu na to że wielkość c nie jest stałą w czasie i oscyluje wokół ustalonej średniej wartości parametru c' , sygnał wyjściowy też ulega zmianom wokół pewnej średniej wartości:

$$y'_1 = c'x_1$$

Doświadczalnie zostało wykazane, że dla większości przypadków odchylenia wielkości y_1 w obiekcie od wartości średniej y'_1 określone są przez rozkład normalny.

Zazwyczaj podczas eksploatacji wymaga się by obiekt pracował z określoną dokładnością. By to osiągnąć sygnał wychodzący z elementu musi mieścić się w zadanych granicach. Oznaczając maksymalne odchyłki jako $\pm\Delta$, prawdopodobieństwo tego, że wartość sygnału wyjściowego y_1 nie będzie mniejsza lub większa od wartości oczekiwanych wynosi:

$$R = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{y_1' - \Delta}^{y_1' + \Delta} e^{-\frac{(y_1 - y_1')^2}{2\sigma^2}} dy$$

Gdzie: σ – odchylenie średnie wartości sygnału wyjściowego y .

Określone powyższym wzorem prawdopodobieństwo określa niezawodność obiektu z uwzględnieniem dopuszczalnych, wcześniej określonych zmian jego charakterystyk. Jednak należy także zauważyć, że dla obiektów rzeczywistych występują zmiany wartości średniej sygnału wyjściowego y_1' spowodowane starzeniem się obiektu oraz jego zużyciem.

Pod wpływem nieodwracalnych zmian zależnych od czasu, liczby cykli pracy oraz czynników zewnętrznych takich jak np. zmiany temperatury, wilgotności względnej itp. następuje także zmiana odchylenia średniego wartości sygnału wyjściowego σ .

Dla wielu obiektów niezawodność parametryczną odnosi się do prawdopodobieństwa zachowania podstawowego i pożądanego parametru charakterystycznego dla obiektu. Dozwolone zmiany tego parametru definiowane są jako granice, w których musi zawierać się wartość parametru c .

Cechą niezawodności obiektów wyznaczanej dla uszkodzeń parametrycznych jest rozkład normalny prawdopodobieństwa bezawaryjnej pracy.

5. Prawdopodobieństwo poprawnej pracy

Prawdopodobieństwo poprawnej pracy jest jedną z charakterystyk określających niezawodność danego układu. W ogólnym przypadku, jest to prawdopodobieństwo tego, że po pewnym określonym czasie, badany element ulegnie awarii.

5.1 Definicja

W literaturze możemy znaleźć następującą definicję prawdopodobieństwa poprawnej pracy:

"Prawdopodobieństwo poprawnej (bezawaryjnej) pracy $[R(t)]$ – prawdopodobieństwo tego, że w wymaganym przedziale czasu (lub w wymaganych przedziałach trwałości) przy zadanych warunkach eksploatacji nie wystąpi ani jedno uszkodzenie. Jest to prawdopodobieństwo tego, że dany obiekt zachowa wartości swych parametrów w wymaganych przedziałach, w określonym czasie przy określonych warunkach eksploatacji."

Jak widać już z definicji, obliczenie prawdopodobieństwa poprawnej pracy, będzie wymagało od nas określenia akceptowalnego przedziału parametrów obiektu, oraz warunków

eksploatacji. Uzyskana w ten sposób funkcja, pozwoli nam w łatwy sposób określić wartości prawdopodobieństwa w wybranych chwilach czasowych.

5.2 Związki z innymi charakterystykami niezawodności

Oczywistym jest, że prawdopodobieństwo poprawnej pracy będzie zależne od innych charakterystyk niezawodności. Dzięki temu, znając inne charakterystyki, możemy w łatwy sposób otrzymać charakterystykę prawdopodobieństwa poprawnej pracy, lub na jej podstawie określić pozostałe charakterystyki.

- a) Prawdopodobieństwo uszkodzenia jest zdarzeniem przeciwnym do prawdopodobieństwa poprawnej pracy, tak więc $R(t)=1-F(t)$, gdzie $F(t)$ to prawdopodobieństwo uszkodzenia.
- b) Kolejną zależnością jest zależność od intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$, która jest definiowana, jako stosunek liczby elementów uszkodzonych w pewnej jednostce czasu do średniej liczby elementów pracujących poprawnie w danym przedziale czasowym. Zależność ta jest następująca:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Zakładając, że $R(0)=1$, czyli zakładamy brak uszkodzenia w czasie startu pracy.

- c) Następną charakterystyką jest częstotliwość uszkodzeń $\alpha(t)$. Jest to stosunek liczby elementów uszkodzonych w pewnej jednostce czasu do liczby elementów badanych. Zależność pomiędzy tą charakterystyką, a prawdopodobieństwem poprawnej pracy przedstawia się w następujący sposób:

$$R(t) = 1 - \int_0^t \alpha(t) dt$$

Jak łatwo wywnioskować z powyższych przykładowych zależności, posiadając te wzory, oraz obliczając teoretycznie, lub wyznaczając doświadczalnie, możemy w bardzo łatwy sposób określić interesujące nas charakterystyki niezawodności. Możemy wzory te także zastosować jako sprawdzenie uzyskanych różnych charakterystyk.

6. Etapy modelowania niezawodności

6.1 Zapewnienie określonej niezawodności

Na niezawodność obiektu wpływa wiele czynników, które trzeba uwzględnić już na etapie projektowym. Na początku procesu projektowego zakłada się pożądaną niezawodność układu

którą dalej uwzględnia się w obliczeniach. Na zakładaną niezawodność wpływają: właściwy dobór technologii, kontrola jakości stosowanych materiałów, półfabrykatów i gotowych wyrobów a także kontrola produkcji (warunków i parametrów).

Gotowy wyrób zachowuje założoną niezawodność poprzez zapewnienie właściwego przechowywania, właściwą jego eksploatację, planowych napraw i konserwacji.

6.1.1 Etap projektowania

Na niezawodność wpływają następujące czynniki:

- a) Jakość wykorzystanych materiałów jak i części. Zgodnie z warunkami pracy wyrobu powinno się dokonać wyboru części i materiałów. Każdy z elementów powinien spełnić podstawowe założenia dotyczące właściwości funkcjonalnych, a także zapewnić odpowiednią wytrzymałość mechaniczną, elektryczną i termiczną. Po za tym spełniać założenia względem dokładności wykonania a także niezawodności w przewidywanych warunkach eksploatacji.

Opierając się na doświadczeniu związanym z projektowaniem złożonych wyrobów i systemów, można wnioskować że stosowanie zunifikowanych części składowych znacząco podnosi niezawodność wyrobów. Wynika to z lepiej opracowanej technologii wykonywania elementów znormalizowanych.

- b) Rodzaj i warunki pracy elementów. Jednym z najczęstszych przyczyn niesprawności jest stosowanie elementów i części w nieprzewidzianych do tego warunkach.

Brak znajomości właściwości elementów, jego charakterystyk oraz odporności na czynniki różne czynniki fizyczne przez konstruktora skutkuje niewłaściwymi warunkami pracy wyrobu.. Także nie znajomość dokumentacji technicznej może być przyczyną używania wyrobu w cięższych warunkach niż przewidział to przewidział producent.

Istotne jest również poprawne zaprojektowanie urządzenia jako całości, z uwzględnieniem występowania procesów przejściowych w obwodach elektrycznych, wytwarzania się wewnątrz wyrobu różnych mikroklimatów a także działania wibracji, promieniowania itd.

- c) Łatwość diagnostyki i łatwy dostęp do detali. Możliwość łatwej kontroli bardzo istotnie wpływa na niezawodność urządzenia, przyspiesza proces znalezienia usterki, a przede wszystkim wymianę zużytych elementów przed ich zniszczeniem. Znacząco przyspiesza to przywrócenie układu do stanu użyteczności.

Stosuję się także urządzenia do samoczynnej kontroli sprawności wyrobu. Urządzenia te są wykorzystywane w czasie rozruchu lub pracują cały czas i wskazują obecną sprawność urządzenia.

- d) Stosowanie urządzeń zabezpieczających. Układy sterowania powinno się tak projektować aby uszkodzenia w pracy elementów nie powodowały awarii całego układu. Gdy takie rozwiązanie jest niemożliwe należy wprowadzić w układzie specjalne elementy lub urządzenia zabezpieczające, ma to na celu zapobieżenie awarii całego układu poprzez przejście na pracę o mniejszym natężeniu lub włączenia się urządzenia redundantnego.

6.1.2 Przy produkcji wyrobu

Należy spełnić wymagania procesu technologicznego produkcji. Niezbędne w tym procesie są:

- a) Kontrola jakości
- b) Niedopuszczenie do zastosowania materiałów innych niż widnieją w projekcie, niedopuszczenie do niewłaściwej zamiany części
- c) Niedopuszczenie do użycia materiałów i części niewłaściwie składowanych
- d) Zachowanie czystości w miejscu pracy, a także zachowanie niezbędnych warunków sanitarnych
- e) Zapewnienie stałości parametrów technicznych
- f) Prawidłowość montażu
- g) Kontrola po kolejnych etapach produkcji
- h) Okresowe sprawdzanie niezawodności gotowej produkcji

6.1.3 W czasie eksploatacji

W tym aspekcie znaczenie mają następujące czynniki:

- a) Warunki eksploatacji: konieczne jest zapewnienie odpowiedniej temperatury, wilgotności a także innych warunków eksploatacyjnych eliminuje kondensację wilgoci.
- b) Odpowiedni system obsługi: właściwa konserwacja, inspekcje techniczne, czyszczenie, regulację, wymiana zużytych elementów znacząco przedłużają czas pracy wyrobu
- c) Obsługa poprzez wykwalifikowany personel

6.2 Sposoby zwiększenia niezawodności

Ciągły rozwój techniki wiąże się z potrzebą ciągłego zwiększania niezawodności wyrobów a także udoskonalenia metod konstruowania, produkcji i eksploatacji.

6.2.1 W trakcie konstrukcji niezbędne są:

- a) Znajomość fizyki zdarzeń kojarzonych z funkcjonowaniem wyrobu
- b) Znajomość fizyki zdarzeń związanych z niesprawnością
- c) Odpowiednia jakość materiałów, półfabrykatów, części składowych; a także ciągle opracowywanie lepszych jakościowo odpowiedników
- d) Gromadzenie niezbędnych danych o własności, charakterystyk i parametrów materiałów, półfabrykatów i części składowych
- e) Opracowywanie nowych układów o większej niezawodności w określonych warunkach eksploatacji
- f) Opracowanie niezawodnych konstrukcji wyrobu
- g) Szerokie wykorzystanie zunifikowanych detali i zespołów o wysokiej jakości
- h) Stosowanie modułowo-blokowej metody projektowania
- i) Dokonywanie analizy i obliczanie charakterystyk funkcjonalności

6.2.2 W trakcie produkcji niezbędne jest:

- a) Rygorystyczna kontrola jakości stosowanych materiałów, półfabrykatów i części
- b) Stosowanie nowoczesnych metod technologicznych
- c) Zapewnienie czystości i wygody w pomieszczeniach produkcyjnych
- d) Kontrola po każdym etapie produkcji
- e) Pełna kontrola gotowego wyrobu
- f) Stosowanie nowoczesnych metod przy pakowaniu

6.2.3 W trakcie eksploatacji konieczne są:

- a) Stosowanie racjonalnych instrukcji metodyki eksploatacji, zabiegów profilaktycznych i napraw
- b) Obsługa urządzenia tylko przez wykwalifikowany personel, w pełni przeszkolony (staż, egzaminy)
- c) Wyraźne rozdzielenie obowiązków i odpowiedzialności na personel
- d) Usystematyzowanie zbierania informacji dotyczących przestojów

- e) Okresowe przeprowadzanie analiz danych statystycznych, wykorzystywanie zebranych informacji do zwiększenia niezawodności i poprawienia konstrukcji
- f) Organizacja próbnych, doświadczalnych wykorzystania urządzenia tylko pod obecnością projektantów i producentów wyrobu

7. Bibliografia

1. Sotskow B. S., *Niezawodność elementów i urządzeń automatyki*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1973
2. http://portalwiedzy.onet.pl/129050,...,uszkodzenie_damage_impairment,haslo.html
3. http://vlsi.imio.pw.edu.pl/pmk/pmk_W8_1.html
4. http://zstux.ita.pwr.wroc.pl/projekty/zst/wd_4b.pdf