

mgr inż. Janusz Bryzek

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP"
Warszawa

DIAGNOSTYKA AUTOMATYCZNA UKŁADÓW STEROWANIA I PRZETWARZANIA DANYCH Z ZASTOSOWANIEM KOMPUTERA. ORGANIZACJA PODSYSTEMU PROCEDUR DIAGNOSTYCZNYCH

W związku z realizacją w Ośrodku Automatyzacji Kompleksowej "MERA-PIAP" tematu: Centralny Układ Sterowania i Przetwarzania Danych z Zastosowaniem Komputera w Janikowskich Zakładach Sódowych, podjęto decyzję o włączeniu do Układu diagnostyki jako wyposażenia standardowego. Ma ona na celu wykrycie uszkodzenia, a następnie zlokalizowanie go, z dokładnością do wymienialnego mechanicznie modułu.

1. Wstęp

Złożoność współczesnych układów sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera wynika z jednej strony z postępu w technologii wytwarzania sprzętu umożliwiającego realizację bardzo rozbudowanych układów, związanego z masowym zastosowaniem obwodów scalonych, z drugiej natomiast z tendencji stosowania kompleksowych układów automatyzacji obiektów przemysłowych z zastosowaniem komputera. Typowe obwody regulacji zawierają takie ogniwa, jak przetworniki pomiarowe, układy przetwarzająco-filtrująco-zabezpieczające, układy sprzęgające komputer z elementami automatyki i pomiarów, układy wykonawcze oraz jednostkę centralną z urządzeniami peryferyjnymi. Duża liczba obwodów regulacji, złożonych z dużej ilości elementów, znamienna dla układów automatyzacji kompleksowej, oraz duże odległości pomiędzy poszczególnymi elementami systemu sterowania i przetwarzania, np. do kilku kilometrów, zwiększają prawdopodobieństwo wystąpienia awarii lub zakłóceń w którymś z ogniw systemu i w istotny sposób komplikują możliwość dokonania naprawy. Awaria któregoś ogniwa układu automatyzacji kompleksowej może pociągnąć za sobą poważne straty w produkcji finalnym zakładu przemysłowego. W takich przypadkach bardzo istotną rolę zaczyna odgrywać, bezpośrednio na złotówki przeliczalny, czas pomiędzy wystąpieniem uszkodzenia a naprawą uszkodzonego elementu lub podzespołu funkcjonalnego. Składają się na niego kolejno: czas wykrycia obecności uszkodzenia, czas jego lokalizacji oraz czas naprawy.

W związku z realizacją w Ośrodku Automatyzacji Kompleksowej "MERA-PIAP" tematu "Centralny Układ Sterowania i Przetwarzania Danych z Zastosowaniem

Komputera w Janikowskich Zakładach Sodowych", podjęto decyzję o włączeniu do Układu diagnostyki jako wyposażenia standardowego. Ma ona na celu wykrycie uszkodzenia, a następnie zlokalizowanie go z dokładnością do wymiennalnego mechanicznie modułu. Diagnostykę tę podzielono na dwie grupy:

- automatyczną (on-line) [15], wplecioną w pracujący system, przebiegającą pod kontrolą egzekutora, umożliwiającą uzyskanie informacji o sprawności systemu w czasie jego pracy bez wyłączania żadnego z elementów składowych; diagnostyka ta nie jest pełna, tzn. nie wykrywa wszystkich niesprawności, m.in. jest przystosowana do współpracy z krajowymi urządzeniami układu sterowania i przetwarzania danych;
- sterowaną ręcznie (off-line), przeprowadzaną przy wyłączeniu testowanego urządzenia z pracującego systemu; może ona przebiegać również pod kontrolą egzekutora i pozwala na pełne zbadanie sprawności całego systemu, a ponadto umożliwia sprawne uruchamianie systemu przy rozruchu obiektu. Poniżej zostaną przedstawione niektóre zagadnienia związane z wprowadzaniem diagnostyki automatycznej.

2. Lokalizacja diagnostyki w układzie sterowania i przetwarzania danych

Wykorzystując fakt, że "MERA-PIAP" opracowuje dla zestawów SMA - ODR-1325 uniwersalny System Zintegrowanego Programowania dla Automatyki Kompleksowej SZPAK [1], [2], diagnostykę automatyczną włączono do SZPAKA. W związku z tym, uruchomienie danego testu diagnostycznego będzie realizowane poprzez aktywowanie specjalnej zmiennej procesu typu P. Ponieważ SZPAK może być wygenerowany na każdą konfigurację sprzętu, diagnostyka automatyczna również zachowuje taką możliwość, a ponadto umożliwia w prosty sposób zmianę pewnych funkcji testowania (np. chwil czasowych testowania) z dalekopisu operatora.

3. Zakres diagnostyki

Diagnostyka automatyczna dla Janikowskich Zakładów Sodowych obejmuje następujące urządzenia, programy lub systemy:

- jednostkę centralną (ODRA-1325 z kanałem przemysłowym) z urządzeniami peryferyjnymi,
- stacyjki (PNEFAL 3),
- blok urządzeń pośredniczących (opracowanie "MERA-PIAP"),
- nadajniki informacji cyfrowej (opracowanie "MERA-PIAP"),
- odbiorniki informacji cyfrowej (opracowanie "MERA-PIAP"),
- komutatory sygnałów pneumatycznych (opracowanie "MERA-PIAP"),
- zasilacze napięciowe i prądowe (opracowanie Oddz. Łódź "MERA-PIAP"),
- pulpit operatora procesu (opracowanie "MERA-PIAP"),
- system modułów automatyki SMA,
- programy użytkowe.

4. Zasady generacji algorytmów diagnostycznych

Uwzględniając konstrukcję układów sterowania i przetwarzania danych, gdzie prawie wszystkie współpracujące urządzenia można potraktować jako kombinacyjne z punktu widzenia diagnostyki oraz fakt, że zamawiana dla tych układów aparatura nie jest, poza nielicznymi wyjątkami, przystosowana do

automatycznego testowania on-line oraz zakładając, że większość występujących uszkodzeń jest uszkodzeniami pojedynczymi, algorytm generacji procedur wykrywania niesprawności oparto o następujące zasady [4 — 13] :

- zastosowaną diagnostykę sekwencyjną ograniczono do detekcji uszkodzeń, z niewielką tylko możliwością ich lokalizacji;
- procedury wykrywania niesprawności mają na celu detekcję pewnej klasy uszkodzeń w danym urządzeniu;
- wyniki, otrzymane w efekcie realizacji tych procedur, podzielić można na dwa zbiory: jeden zbiór charakteryzujący się reakcją testowanego urządzenia zgodną z reakcją urządzenia sprawnego, drugi zbiór natomiast - o reakcji testowanego urządzenia różniącej się od reakcji prawidłowej;
- pozytywny wynik testu nie determinuje automatycznie 100 % sprawności urządzenia; dla osiągnięcia tego celu wprowadzono okresową diagnostykę sterowaną ręcznie;
- wygenerowanie procedury wykrywania niesprawności są optymalizowane ze względu na liczbę kontaktów komputera z testowanymi urządzeniami.

W dalszej części artykułu zostaną przedstawione pewne zagadnienia związane z organizacją procedur (testów) diagnostycznych.

5. Wyzwalanie testów diagnostycznych

Testy diagnostyczne automatyczne mogą być wyzwalane na trzy różne sposoby:

- ręcznie, przez operatora w dowolnej chwili czasu,
- automatycznie, w odstępach czasu zapisanych w pamięci komputera,
- automatycznie z chwilą wykrycia nieprawidłowości w określonej grupie urządzeń (np. przekroczenie granic zmienności sygnałów wykryte przez SZPAKA).

Wykonywanie poszczególnych testów oraz decyzje podjęte na ich podstawie mogą być zawieszane przez operatora. Wyniki testów są zapamiętywane, przy czym:

- dla testów zakończonych wynikiem pozytywnym (tzn. gdy nie stwierdzono usterek) wyniki testu są pamiętane do chwili uzyskania następnego pozytywnego wyniku tego samego testu,
- dla testów zakończonych wynikiem negatywnym są pamiętane wyniki ostatniego testu zakończonego wynikiem pozytywnym oraz pięć powtórzeń testu zakończonego wynikiem negatywnym.

Operator ma możliwość wyprowadzenia na swój dalekopis przechowywanych w pamięci komputera wyników testów, co ułatwia poszukiwanie miejsca uszkodzenia.

Instrukcje wprowadzania i wyprowadzania są zgodne z zasadami przyjętymi dla SZPAKA [3] .

6. Rodzaje meldunków diagnostycznych

Definiuje się trzy typy M1, M2 i M3 meldunków diagnostycznych:

M1 - meldunki informujące o przeprowadzonych testach ,

M2 - meldunki informujące o przeprowadzonych testach uzupełnione podjętą przez komputer decyzją wynikającą z przeprowadzonych testów,

M3 - meldunki podające wszystkie wyniki danego typu testu lub testów znajdujące się w pamięci komputera.

W celu wyeliminowania fałszowania wyników testów przez przypadkowe, jednorazowe zakłócenia wprowadzono następujące zasady:

- negatywny wynik testu jest pomijany, jeśli w trzech kolejnych powtórzeniach uzyska się wyniki pozytywne;
- maksymalną liczbę powtórzeń jednego testu ustalono na pięć (łącznie z pierwszym testem, który dał wynik negatywny);
- brak trzech kolejnych pozytywnych wyników testu we wszystkich powtórzeniach powoduje podjęcie decyzji o negatywnym wyniku testu.

Rozpoczęte testy są realizowane do ostatniej instrukcji. Chwile czasowe rozpoczynania następnych testów mogą więc przesunąć się w przypadku awarii. Zakłada się, że na diagnostykę automatyczną nie będzie wykorzystywać się więcej niż 5 % czasu komputera; uwzględnione to zostanie przy ustalaniu częstotliwości wykonywania testów.

Meldunki diagnostyczne są wyprowadzane na dalekopisy dyspozycyjne, przy czym przyjęto, że:

- meldunki o uszkodzeniach globalnych są wyprowadzane na wszystkie dalekopisy dyspozycyjne,
- meldunki o uszkodzeniach lokalnych są wyprowadzane na dalekopis podstawowy,
- nie drukuje się meldunków typu M1 o przebiegu testów okresowych, które nie stwierdziły uszkodzenia, są drukowane natomiast meldunki o braku sygnału zakończenia w ustalonym czasie.

Meldunki informacyjne M1 o przeprowadzanych testach są wprowadzane do pamięci maszyny. Jeżeli w zadeklarowanej chwili czasu przeprowadzania testu zadaną tolerancją maszyna nie otrzyma potwierdzenia wykonania testu, przy pomocy instrukcji PRINT zostaną wyprowadzone meldunki dla operatora na dalekopis podstawowy w postaci.

TEST XY AWARIA

przy czym słowo TEST jest stałym oznaczeniem meldunku, natomiast XY numerem lub numerami przeprowadzonych testów, z których nie otrzymano potwierdzenia.

Meldunki informacyjne o przeprowadzonych testach, uzupełnione podjętą przez komputer decyzją, będącą następstwem przeprowadzonych testów (meldunki typu M2), będą drukowane automatycznie w przypadku stwierdzenia niesprawności w systemie. Mają one na celu zaalarmowanie obsługi i uruchomienie procedury prowadzącej do zlokalizowania uszkodzenia przy pomocy diagnostyki sterowanej ręcznie. Stanowią one rozwinięcie meldunku poprzedniego i składają się z co najmniej dwóch wierszy drukowanych w odstępie jednego wiersza pustego od innych komunikatów i w odstępie 4 spacji od brzegu strony [14].

Pierwszy wiersz meldunku zawiera stałe oznaczenia w postaci słowa TEST oraz słowa MELDUNEK, pomiędzy którymi znajdują się numery identyfikacyjne testów, natomiast w wierszach następnych podana jest decyzja podjęta przez komputer, np.:

TEST 01, 07

ZAS SP40 AWARIA

Pełne meldunki informacyjne o przeprowadzonych testach (typ M3) są drukowane na dalekopisie, z którego zostały wywołane. Mają one na celu ułatwienie szukania miejsca, gdzie nastąpiło uszkodzenie i podają kolejno wszystkie wyniki uzyskane przy ostatnim komunikowaniu się komputera z układem, w którym stwierdzono uszkodzenie (zawartość pamięci). Drukowane są w odstępie 4 spacji od brzegu strony.

Będzie można wywołać tylko ostatni meldunek diagnostyczny z ostatniego wykonania danego testu. Wywołanie polega na wypisaniu numerów identyfikacyjnych testów łącznie ze stałym oznaczeniem w postaci członu TTA,M3...

Ze względu na to, że w SZPAKU bieżący czas jest drukowany w odstępach jednonuminutowych, nie wprowadza się oddzielnego drukowania, w meldunkach M1 i M2, czasu rzeczywistego przeprowadzonych testów.

Dokładność określenia czasu przeprowadzenia testu - do 1 minuty.

Natomiast dla meldunków M3 czas zakończenia przeprowadzonych testów będzie drukowany w ostatnim wierszu, po wywołaniu ze stałym członem w postaci TTA,M3T,,,

7. Zawieszanie wykonywania testów

W celu realizacji pracy systemu przy wyłączonych programach diagnostycznych (np. w przypadku awarii sprzętu służącego do testowania) wprowadzono możliwość zawieszenia wykonywania testów. Rozróżnia się dwa stopnie zawieszenia:

TTB,OFFXYOAB

TTB,HALXYOAB

przy czym XY - numer testu

AB - adres bloku

Zawieszenie OFF powoduje przerwanie wykonywania testów aż do odwołania i pozostawienie w mocy wszystkich decyzji obowiązujących w danej grupie sprzętu do chwili zawieszenia.

Zawieszenie HAL powoduje przerwanie wykonywania testów i odwołuje decyzje wszystkich testów XY, a więc włącza do warunków początkowych przy prawidłowo pracującym systemie.

8. Uruchamianie testów

Uruchamianie (włączanie) testów diagnostycznych jest realizowane w dwóch wariantach

TTC,ONTXYOAB

TTC,GOTXYOAB

przy czym XY i AB jak poprzednio.

Włączanie instrukcją ONT powoduje, że testy zostają przeprowadzone pierwszy raz (po przerwie) zgodnie z zadeklarowanymi chwilami testowania określonego.

Włączanie instrukcją GOT powoduje, że komputer rozpoczyna wykonywać testy XY natychmiast po otrzymaniu instrukcji.

9. Deklarowanie chwil czasowych testowania okresowego

Deklarowanie chwili czasu, w której ma być przeprowadzane testowanie okresowe, realizuje się następującą instrukcją:

TTD, KLMNXYAB

przy czym XY - numer testu

AB - adres bloku

KL - tablica, w której zadeklarowane są chwile czasowe uruchamiania testów

MN - priorytet ustalający kolejność testowania przy rozkazie przeprowadzania więcej niż jednego testu w danej chwili czasu; zdarzyć się to może przy awarii i konieczności powtarzania poprzednich testów

10. Zakończenie

Przedstawiona w artykule diagnostyka automatyczna adaptowana została na poszczególne ogniwa systemu sterowania i przetwarzania danych z wykorzystaniem konstrukcyjnych możliwości zastosowanej aparatury. W następnym artykule zostanie przedstawiony sposób rozwiązania diagnostyki bloku wejść analogowych.

Literatura

- [1] Aderek A.: Blankietowy system programowania SZPAK. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP" 1972, nr 5/37.
- [2] Orłowski H.: Możliwości wykorzystania języka Fortran do uzupełnienia blankietowego systemu programowania SZPAK. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP" 1972, nr 5/37.
- [3] Białasiewicz J. i in.: Wykonanie oprogramowania realizującego blankietowy system programowania SZPAK dla systemu "ODRA-1325-SMA". Opracowanie "MERA-PIAP", nr arch. 1594.
- [4] Bogomajew A.M.: Czasticznye tiesty. Kibernetika 1973, nr 2.
- [5] Chang H.Y. i in.: Fault diagnosis of digital systems. New York, 1970. Wiley.
- [6] Chen P.C. i in.: On-line computerized product testing. IEEE Transaction on Computers, 1973 vol. C-22, nr 5.
- [7] General Electric: Real time multiprogramming operating system. Application Manual, 1970.

- [8] Gill M.H.: PROTEST - a language for testing. Computers and Automation, 1973.
- [9] Ibaraki T. i in.: Fail - safe realisation of sequential machines. Information and Control, 1973 vol. 22.
- [10] Pieczajew S.A.: O dlinie testu identyfikacji jednego wida grafów, Awtomatika i Tielemechanika, 1973, nr 6.
- [11] Prawilszczikow P.A.: Algoritmy postrojenia procedur poszukiwania odinoczných konstantnych nieisprawności w kombinacyjnych urządzeniach rozdzielonych na konstruktywne bloki. Awtomatika i Tielemechanika, 1972, nr 12.
- [12] Teradyne: Computer operated test systems. Materiały firmowe 1973.
- [13] Williams M.J.Y. i in.: Enhancing testability of large scale integrated circuits via test points and additional logic. IEEE Transactions on Computers, 1973 vol. C-22, nr 1.
- [14] Białasiewicz J., Bryzek J.: Układ meldunku diagnostycznego. Zgłoszenie patentowe nr 165462.
- [15] Bryzek J.: Centralny układ sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera w JZS. Diagnostyka automatyczna - Wymagania funkcjonalne. Opracowanie "MERA-PIAP" nr arch. 1834.