

mgr inż. Janusz Bryzek

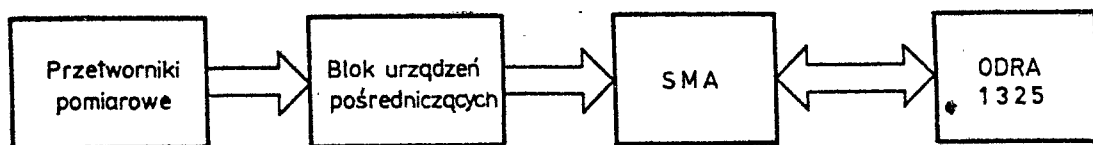
Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP"
Warszawa

DIAGNOSTYKA AUTOMATYCZNA UKŁADÓW STEROWANIA I PRZETWARZANIA DANYCH Z ZASTOSOWANIEM KOMPUTERA. REALIZACJA TESTOWANIA WEJŚĆ ANALOGOWYCH

1. Wstęp

W poprzednim artykule podano ogólne zasady organizacji podsystemu procedur diagnostyki automatycznej - diagnostyki on-line przeprowadzanej pod kontrolą egzekutora. Obecnie zostanie przedstawione rozwiązanie testowania wejść analogowych systemu na przykładzie układu opracowanego dla Janikowskich Zakładów Sodowych.

W celu sprzężenia obiektu z kanałem przemysłowym komputera w Janikowskich Zakładach Sodowych wykorzystano System Modułów Automatyki SMA [1]. W tym systemie wejścia analogowe są sprzęgane poprzez blok wejść analogowych. Zadaniem bloku jest wybranie jednego ze zbioru do 256 wejść zgrupowanych w 16-wejściowe (wymienialne) moduły, wzmocnienie sygnału wejściowego, a następnie przetworzenie go do postaci cyfrowej i wysłanie do maszyny sygnału zakończenia przetwarzania. Zarówno adres wejścia, jak wzmocnienie oraz ewentualnie przesunięcie poziomu zera są ustalane rozkazem z komputera. W Janikowskich Zakładach Sodowych będą pracować takie dwa bloki. W torze pomiarowym, pomiędzy przetwornikiem pomiarowym a SMA, znajdują się ponadto urządzenia przetwarzające sygnały z przetworników do postaci napięcia oraz układy zabezpieczająco-filtrujące (rys.1).



Rys.1. Współpraca sprzętu z SMA w układzie centralnej rejestracji danych

Brak możliwości ingerencji w konstrukcję układową aparatury, jak np. w [2], zdeterminował rozwiązanie tej diagnostyki. Wprowadzono dwa stopnie testowania. Pierwszy z nich jest integralną częścią SZPAKA* [3] i polega na kontroli przekroczeń dopuszczalnych granic zmienności sygnału dla danego wejścia, zgodnie z wartościami wpisanymi na blankietach SZPAKA przy uruchamianiu systemu [3]. Wykrycie przekroczenia granic zmienności sygnału pociąga za sobą automatycznie uruchomienie drugiego stopnia testowania określonej grupy wejść

* System Zintegrowanego Programowania dla Automatyki Kompleksowej

Drugi stopień testowania* wykorzystuje źródło sygnałów diagnostycznych (opracowywane przez "MERA-PIAP") podłączone do niektórych wejść bloków wejść analogowych poprzez układy filtrująco-zabezpieczające. Źródło sygnałów diagnostycznych wytwarza szereg dokładnych napięć zawierających składową różnicową i sumacyjną, umożliwiającą sprawdzenie układów toru, przede wszystkim bloku wejść analogowych SMA, zgodnie z podanymi dalej zasadami.

2. Analiza możliwości występowania niesprawności

W bloku wejść analogowych mogą wystąpić następujące niesprawności:

- uszkodzenie układu adresowego wybierania punktów pomiarowych, którego efektem może być niewłaściwe wybieranie bloków, błędne wybieranie modułów w blokach, wejść w modułach, wybieranie jednoczesne kilku bloków, modułów, wejść itp.;
- uszkodzenie układu programowego ustawiania wartości wzmocnienia lub przesunięcia, przejawiające się uzyskaniem błędnych wartości;
- uszkodzenie układu komutatorów wejściowych, które może polegać na ciągłym rozwarciu lub ciągłym zwarciu pewnych kontaktów;
- uszkodzenie wzmacniacza skalującego - polegać może np. na zmianie wartości wzmocnienia, zmianie wartości poziomu odniesienia, całkowitej przerwy w transmisji, stałym zwarciu wyjścia z wejściem, ograniczaniu napięcia wyjściowego, wzroście prądu wejściowego, zmniejszeniu odporności na zakłócenia, zwiększeniu się poziomu szumów własnych;
- awaria przetwornika analogowo-cyfrowego, która może dawać analogiczne objawy jak awaria wzmacniacza skalującego, przy czym awaria ta może polegać m.in. na zmianie częstotliwości przetwarzania, co wpłynie na zmniejszenie tłumienia zakłóceń o częstotliwości sieci oraz na braku lub niewłaściwej formie impulsu zakończenia przetwarzania;
- uszkodzenie zasilania, którego efektem może być przerwa w transmisji, brak napięć przesunięcia lub wadliwa wartość sygnału wyjściowego.

3. Rodzaje testów diagnostycznych

Utworzone są trzy grupy testów diagnostycznych.

Pierwsza grupa testów jest przeznaczona do sprawdzania prawidłowości wybierania komutatora wejściowego. Sposób testowania w tym przypadku polega na przydzieleniu w każdym module jednego wejścia dla diagnostyki, a ponadto w każdym bloku dodatkowo jeszcze jednego wejścia dla tego samego celu. Adresy wejść różnią się od siebie, dzięki czemu przez wybranie wejścia diagnostycznego i pomiar znanych napięć diagnostycznych, generowanych przez źródło sygnałów diagnostycznych, sprawdza się działanie układu adresowego wybierania modułów (jedno wejście w module) oraz bloków (jedno wejście w bloku).

Druga grupa testów jest przeznaczona do wykrywania ciągłych zwarców komutatora. Sposób testowania w tym przypadku polega na tym, że sygnały diagnostyczne są podłączone do wejść diagnostycznych poprzez znane, szeregowo rezystory. Przez to uzyskuje się zmianę wartości napięcia sygnału na wejściu

* Stanowi przedmiot zastrzeżenia patentowego "MERA-PIAP" [5]

wzmacniacza skalującego w zależności od tego, czy komutator sygnałów pracuje prawidłowo, czy też nastąpiła awaria polegająca na ciągłym zwarciu kontaktów komutatora. Znajomość parametrów zastępczych źródeł sygnałów analogowych dołączonych do wejść analogowych SMA, a więc wydajności napięciowej i rezystancji wyjściowej, daje możliwość stwierdzenia, w której grupie kontaktów nastąpiła awaria.

Trzecia grupa testów jest przeznaczona do sprawdzania rozkalibrowania się wartości przesunięcia poziomu odniesienia i nachylenia charakterystyki przetwarzania wejściowego sygnału analogowego na wyjściowy sygnał cyfrowy. Polega ona na pomiarzeniu rzeczywistych wartości poziomu odniesienia i nachylenia oraz ustaleniu granic ostrzegawczych i alarmowych na te wartości. Do chwili przekroczenia granicy ostrzegawczej komputer uwzględnia stałe, zapisane w pamięci wartości przesunięcia i nachylenia. Po przekroczeniu granicy ostrzegawczej, komputer alarmuje operatora i włącza podprogram korekcji, uwzględniając rzeczywiste wartości tych współczynników. Przekroczenie granicy alarmowej powoduje, że uszkodzone wejścia SMA zostają oznaczone jako niedostępne. Granica ostrzegawcza ustalona zostaje na granicy możliwości poprawnej pracy urządzenia.

Przy zastosowanym sposobie diagnostyki, informację o prawidłowo pracującym systemie uzyskuje się już po jednorazowym pomiarze wszystkich sygnałów diagnostycznych.

4. Testowanie źródła sygnałów diagnostycznych

W celu testowania źródła sygnałów diagnostycznych wykorzystuje się fakt, że sygnały testujące są podłączone równolegle do dwu bloków wejść analogowych. Fakt uzyskania błędnej wartości danego napięcia testującego ze wszystkich podłączonych do niego wejść w obu blokach będzie interpretowany jako uszkodzenie źródła. Meldunek typu M1 nie będzie wyprowadzony, gdyż informację o tych testach podają meldunki o testowaniu bloku wejść analogowych.

5. Sprawdzenie poprawności wybierania wejść pomiarowych

W celu sprawdzania poprawności wybierania wejść pomiarowych, wprowadza się następujące połączenia wejść diagnostycznych ze źródłem sygnałów diagnostycznych:

- wejścia diagnostyczne 01000* (blok 01) oraz 020001 (blok 02) są podłączone do potencjału zerowego; wejścia te realizują m.in. sprawdzenie wybierania odpowiedniego bloku i są uniezależnione od awarii źródła sygnałów diagnostycznych,
- pozostałe wejścia diagnostyczne obu bloków** są podłączone do napięć źródła sygnałów diagnostycznych; wejścia te realizują m.in. sprawdzanie modułów w obu blokach.

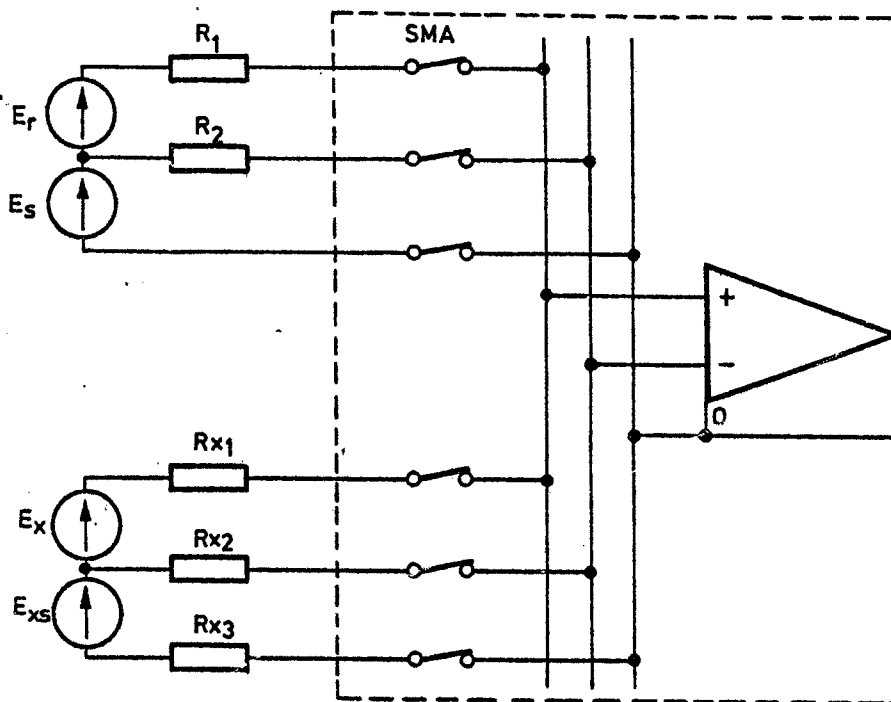
Awaria polegająca na błędnym wybieraniu wejść pomiarowych nie może być wyróżniona od innych awarii, np. awarii wzmacniacza.

Przy braku izolacji galwanicznej ciągłe zwarcie nawet jednego kontaktu powoduje bocznikowanie mierzonych źródeł sygnału. W związku z powyższym

* Numeracja wejść zgodna jest z [4]

** Zgodnie z [4]

wprowadzono szeregowo rezystory, np. R_1 i R_2 , które ustalają rezystancje wyjściowe źródeł na ściśle określone wartości, przy czym są zbliżone do rezystancji wyjściowych innych źródeł napięć podłączonych do SMA, np. R_{x1} , R_{x2} , R_{x3} (rys.2). W takim układzie każdy przypadek bocznikowania galwanicznego źródła sygnału testującego będzie łatwo wykryty, gdyż w tych przypadkach napięcie wejściowe będzie superpozycją napięć wytworzonych przez elementy schematu zastępczego, np. E_r , E_s , R_1 , R_2 , R_{x1} , R_{x2} , R_{x3} , E_{xr} i E_x . Pewne sygnały testujące nie mają tych szeregowych rezystorów. Ze względu na niską rezystancję wyjściową wymuszają one wartości napięć testujących niezależnie od rezystancji bocznikującej.



Rys.2. Układ wykrywania ciągłych zwarcí komutatora

Tak więc sygnał o ciągłym zwarciu kontaktów komutatora otrzymuje się przez porównanie wyników pomiaru napięć diagnostycznych na wejściach posiadających szeregowo rezystory oraz na wejściach, do których są doprowadzone te napięcia bez szeregowych rezystorów. Otrzymanie różnych wyników będzie interpretowane jako awaria komutatora polegająca na ciągłym zwarciu kontaktów.

6. Sprawdzenie charakterystyki przetwarzania wejściowego sygnału analogowego na wyjściowy sygnał cyfrowy

Charakterystyka przetwarzania wejściowego sygnału analogowego na wyjściowy sygnał cyfrowy może być opisana m.in. następującymi parametrami:

- poziomem odniesienia,
- nachyleniem charakterystyki (wzmocnieniem),
- rozdzielczością,

- dokładnością,
- prądem wejściowym,
- współczynnikiem tłumienia sygnałów sumacyjnych.

Poziomem odniesienia określa się wartość napięcia, względem którego są mierzone zmiany sygnału wejściowego. Najczęściej jako poziom odniesienia przyjmuje się "zero" woltów.

Przez nachylenie charakterystyki przetwarzania rozumie się przyrost wielkości wyjściowej spowodowany jednostkową zmianą wielkości wejściowej.

Rozdzielczość określa najmniejszą rozróżnialną zmianę wielkości wyjściowej (w tym przypadku 1 bit) odniesioną do wejścia (tzn. podzieloną przez nachylenie charakterystyki przetwarzania).

Pod pojęciem dokładność rozumie się maksymalne odchylenie charakterystyki przetwarzania od wzorcowej charakterystyki prostoliniowej odniesione do wartości zakresowej.

Prąd wejściowy określa pobór prądu ze źródła sygnału przez układy wejściowe wzmacniacza.

Współczynnik tłumienia sygnałów sumacyjnych (ang. CMRR) jest określony stosunkiem przyrostu napięcia sumacyjnego na wejściach wzmacniacza do odpowiadającego mu przyrostu napięcia wyjściowego odniesionego do wejścia; określane bywa najczęściej w decybelach.

Dla układu Janikowskich Zakładów Sodowych będzie sprawdzana dokładność utrzymywania poziomu odniesienia oraz dokładność utrzymywania charakterystyki przetwarzania. Ponadto będzie istnieć możliwość oceny prądu wejściowego oraz współczynnika tłumienia zakłóceń sumacyjnych.

Sprawdzanie wartości poziomu odniesienia polega na zarejestrowaniu wartości wyjściowej przy wybraniu wejść diagnostycznych wymuszających ten poziom przy maksymalnej czułości toru używanej w systemie (tzn. przy 100 mV dla JZS). Następnie następuje porównanie tej wartości z dwoma wartościami:

- wartością ostrzegawczą, która jest ustalona jako graniczna ze względu na dokładność rejestracji, nie jest natomiast graniczną z punktu widzenia prawidłowości pracy układu; przekroczenie tej wartości może być związane np. ze zmianą temperatury otoczenia,
- wartością alarmową, która jest ustalona jako graniczna ze względu na możliwości liniowej pracy wzmacniacza; przekroczenie tej wartości praktycznie jest związane tylko z awarią układu.

W wyniku testu przekroczenie granicy ostrzegawczej włącza podprogram korekcji

$$XO(I) = X(I)$$

gdzie: $XO(I)$ - wartość poziomu odniesienia dla I-tego bloku obowiązująca do chwili czasowej przeprowadzania następnego testu,

$X(I)$ - zmierzona wartość poziomu odniesienia dla I-tego bloku (dla JZS $I = 01, 02$)

Sprawdzenie wartości nachylenia charakterystyki jest przeprowadzane po sprawdzeniu wartości poziomu odniesienia i polega na pomiarze napięć diagnostycznych.

Wartość wzmocnienia dla każdego zakresu pomiarowego jest sprawdzana niezależnie, co jest realizowane przez przypisanie poszczególnym napięciom

diagnostycznym odpowiednich zakresów pomiarowych.

Analogicznie jak przy sprawdzaniu poziomu odniesienia definiuje się wartość ostrzegawczą i alarmową. Przekroczenie granicy ostrzegawczej włącza podprogram korekcji.

$$YO(I,J) = Y(I,J)$$

gdzie: $YO(I,J)$ - wartość nachylenia dla I-tego bloku i J-tego zakresu pomiarowego, obowiązująca do chwili czasowej przeprowadzenia następnego testu,

$Y(I,J)$ - zmierzona wartość nachylenia dla I-tego bloku i J-tego zakresu pomiarowego,

$J = 0$ dla zakresu 100 mV,

$J = 1$ dla zakresu 1 V,

$J = 2$ dla zakresu 10 V.

Przekroczenie granicy alarmowej powoduje potraktowanie wszystkich sygnałów wejściowych korzystających z uszkodzonego zakresu pomiarowego za niedostępne.

7. Ocena wartości prądu wejściowego

Ocena prądu wejściowego będzie realizowana przez porównanie sygnałów napięciowych na wejściach charakteryzujących się współpracą z tym samym napięciem testującym, lecz różniących się rezystancjami wyjściowymi tych źródeł napięć. Zakładając, że rezystancja wejściowa bloku wejść analogowych jest odpowiednio większa od tych rezystancji i oznaczając przez $R(I)$ zastępczą wartość rezystancji szeregowej wprowadzonej w celu detekcji zwarcia komutatora widzianej od strony zacisków wejściowych I-tego bloku SMA oraz przez $U(I)$ - różnicę napięć między wspomnianymi wejściami, otrzymujemy zależność na prąd wejściowy.

$$I_{we}(I) = U(I) / R(I)$$

Jeśli $U(I)$ będzie mniejsze od napięcia ograniczającego rozdzielczość $U_r(I)$, wtedy prąd będzie można oszacować zależnością

$$I_{we}(I) \leq U_r(I) / R(I)$$

8. Oszacowanie tłumienia sygnałów sumacyjnych

Oszacowanie tłumienia sygnałów sumacyjnych będzie można zrealizować przez porównanie rezultatów otrzymanych przy pomiarze napięć posiadających taką samą składową różnicową i różniących się między sobą wartością składowej sumacyjnej.

Oznaczając przez EW różnicę wartości napięć wyjściowych (wynikających z wyjściowej wartości cyfrowej) przy pomiarach obu napięć, przez KR wzmocnienie napięciowe sygnału różnicowego, przez KS współczynnik tłumienia sygnałów sumacyjnych, otrzymujemy zależność

$$KS = \frac{KR \times U_2}{EW}$$

przy czym U_2 jest wartością napięcia sumacyjnego.

Uwzględniając zdolność rozdzielczą napięcia wyjściowego w i-tym bloku przez $U_s(I)$, w przypadku $EW \leq EW(I)$ otrzymujemy wyrażenie na zdolność rozdzielczą współczynnika KS (I)

$$KS(I) \geq \frac{KR \times U_2}{EW(I)}$$

9. Meldunki diagnostyczne [6]

W zależności od typu awarii przewiduje się następujące treści meldunków typu M2:

WEAN XX AWARIA

- awaria niezidentyfikowana, XX - numer bloku wejść analogowych

WEAN XX ZWARCIE KOM

- awaria polegająca na zwarciu kontaktów komutatora w bloku XX

WEAN XX ZERO/YY/OSTRZ

- awaria polegająca na przekroczeniu granicy ostrzegawczej przez wartość poziomu odniesienia YY w bloku XX

WEAN XX ZERO/YY/ALARM

- awaria polegająca na przekroczeniu granicy alarmowej przez wartość poziomu odniesienia YY w bloku XX

WEAN XX WZMOC/ZZZ/OSTRZ

- awaria polegająca na przekroczeniu granicy ostrzegawczej przez wartość nachylenia charakterystyki przetwarzania na zakresie ZZZ w bloku XX

WEAN XX WZMOC/ZZZ/ALARM

- awaria polegająca na przekroczeniu granicy alarmowej przez wartość nachylenia charakterystyki przetwarzania na zakresie ZZZ w bloku XX

WEAN XX PRAD

- sygnalizacja wzrostu prądu wejściowego w bloku XX

WEAN XX CMRR

- sygnalizacja zbyt małej wartości tłumienia sygnałów sumacyjnych w bloku XX

WEAN ZRODŁO AWARIA

- awaria źródła sygnałów diagnostycznych

Meldunki typu M3 będą wyprowadzały wyniki wszystkich testów obu bloków wejść analogowych w postaci

WEANXXXXXXXXAEI/YYYY

gdzie: XXXXXX - adres wejścia,

A - detektor błędu; gdy otrzymana wartość jest prawidłowa
A = "+", a gdy nieprawidłowa A = "-",

EI - nazwa napięcia testującego I = 0... 5,

YYYY - otrzymana wartość w postaci dziesiętnej w woltach.

10. Zakończenie

Zc względu na wagę problemu jaki stanowi diagnostyka automatyczna, autor chciał w niniejszych dwóch artykułach oraz w [7] zainteresować problemem osoby związane z zagadnieniami projektowania układów sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera oraz osoby zajmujące się projektowaniem sprzętu pracującego w tych układach. Wydaje się, że niewielkie modyfikacje produkowanego sprzętu mogą w istotny sposób poprawić sprawność wykrywania i lokalizowania uszkodzeń.

Na zakończenie autor chciałby niniejszym podziękować gronu pracowników "MERA-PIAP" za wielokrotne konsultowanie zagadnień, a w szczególności doc.dr hab. inż. J. Białasiewiczowi oraz doc.dr inż. H. Orłowskiemu za odpowiednie ustawienie i kierowanie całością prac związanych z opracowaniem założeń na diagnostykę automatyczną.

Literatura

- [1] Kanał przemysłowy CRSiS-SMA dla m.c. Odra 1325. Materiały informacyjne Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Pomiarów i Automatyki Elektronicznej, 1973.
- [2] Marthinsson B. i in.: Automatic check and calibration of digital voltmeters. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1973 vol. IM-22, nr 4.
- [3] Aderek A.: Blankietowy system programowania SZPAK. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP" 1972, nr 5/37.
- [4] Centralny układ sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera w JZS - ZTE II [praca zbiorowa]. Opracowanie "MERA-PIAP", nr arch. 1616.
- [5] Bryzek J. i in.: Sposób testowania wejść analogowych układu sprzęgającego komputer z elementami automatyki i pomiarów. Zgłoszenie patentowe nr 165461.
- [6] Bryzek J.: Diagnostyka automatyczna układów sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera - organizacja podsystemu procedur diagnostycznych. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów "MERA-PIAP" 1974, nr 6/50.

- [7] Bryzek J.: Diagnostyka techniczna - automatyczna aparatura testująca (na przykładzie firmy Teradyne - USA). Przegląd Dokumentacyjny "MERA-PIAP" 1974, nr 4.
- [8] Bryzek J.: Centralny układ sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera w JZS - Diagnostyka automatyczna. Wymagania funkcjonalne. Opracowanie "MERA-PIAP" nr arch.1834.