

Mirośław SKRZEWSKI

Instytut Informatyki Czasu Rzeczywistego
Politechniki Śląskiej

ZAGADNIENIA ZWIĘKSZENIA ODPORNOŚCI NA ZAKŁÓCENIA PRZY WPROWADZANIU INFORMACJI PRZEZ PRZERWANIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykładowe rozwiązania układów wejść przerywających kanału przemysłowego oraz przeanalizowano czynniki wpływające na ich odporność na zakłócenia. W szczególności przedstawiono analizę wpływu rozwiązań konstrukcyjnych detektora zmian sygnału wejściowego układu wejść przerywających na zwiększenie odporności na zakłócenia. Rozważania zilustrowane zostały obliczeniami teoretycznymi oraz otrzymanymi wynikami symulacji opartej na zarejestrowanych rzeczywistych parametrach sygnałów zakłócających. Rozważano również możliwość programowej realizacji rozwiązania zwiększającego odporność na zakłócenia w kilku m.c.

1. WSTĘP

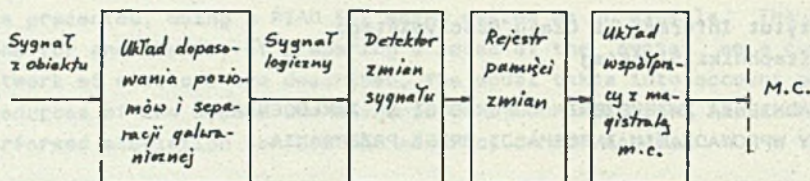
Od systemów komputerowych sterujących procesami przemysłowymi wymaga się dużej niezawodności działania. Na niezawodność tę, oprócz niezawodności samego sprzętu i oprogramowania komputera, składa się również niezawodność systemu zbierania danych z obiektu przemysłowego, rozumiana w sensie wiarygodności (zgodności z rzeczywistym stanem obiektu) informacji wprowadzanych do maszyny cyfrowej.

Jedną z metod zbierania danych z obiektu jest metoda wykorzystująca mechanizm przerwń priorytetowych (karty wejść przerywających kanału przemysłowego). W rozwiązaniu tym wybrane sygnały z czujników na obiekcie sygnalizują m.c. każdą (lub tylko określoną "0" → "1" lub "1" → "0") zmianę stanu czujnika przez wygenerowanie żądania obsługi zaistniałego zdarzenia (przerwania). Wystąpienie przerwania przyjmowane jest za dowód zaistnienia określonego zdarzenia i na ogół m.c. bez dalszego sprawdzania przechodzi do realizacji programu przewidzianego na tę okoliczność. Mechanizm ten umożliwia szybką reakcję systemu na zaistniałe wydarzenia, ale również powoduje znaczną wrażliwość systemu na błędne przerwania wywołane zakłóceniami przemysłowymi.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości zarówno konstrukcyjnych, jak i programowych, zwiększenia odporności układów wprowadzania informacji przez przerwania na zakłócenia (zwiększenia niezawodności procesu zbierania informacji).

2. ROZWIĄZANIA UKŁADÓW WEJŚĆ PRZERYWAJĄCYCH

Schemat blokowy typowej drogi, jaką przebywa sygnał z obiektu (z czujnika) w układzie wejść przerywających przedstawia rys. 1. Informacja dwu-

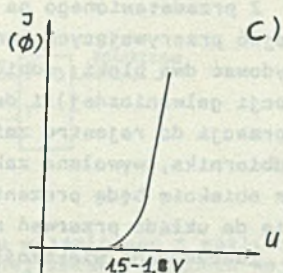
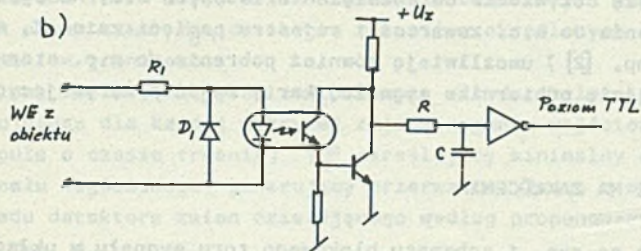
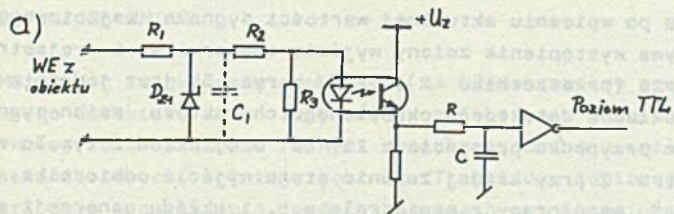


Rys. 1. Droga sygnałów w układzie wejść przerywających kanału przemysłowego

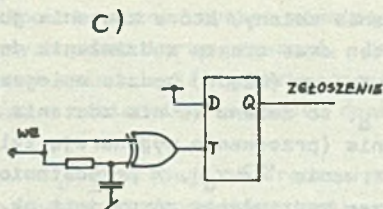
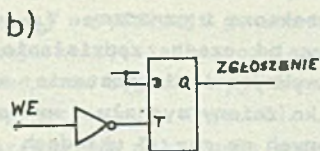
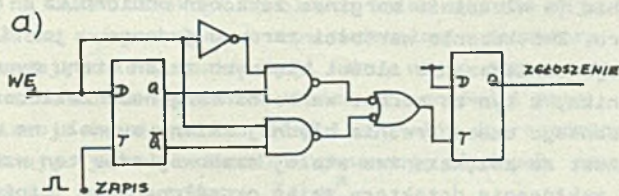
stanowa z obiektu przesyłana jest do kanału przemysłowego sygnałami wysokopoziomowymi napięciowymi (prądowymi), najczęściej 24, 48 V (również 60 i 100 V) [1], [2], [3] i odbierana jest w odbiorniku o małej oporności wejściowej (np. parametry progu przełączania $U_p = 6-16$ V przy $I_p = 5$ mA dla $U_{\text{sygn}} = 24$ V [1]). Układ odbiornika zawiera na ogół filtry, zmniejszające szerokość pasma częstotliwości działających zakłóceń oraz układy separacji galwanicznej dla zmniejszenia wpływu zakłóceń związanych z różnicami potencjałów punktów uziemień. Elementy te tworzą łącznie układ przełączający o odpowiednio dobranym progu przełączania, zamieniający poziomy sygnałów stosowanych na obiekcie na poziomy sygnałów logicznych układów kanału przemysłowego. Przykłady rozwiązań układu odbiornika sygnału przedstawia rys. 2.

Podstawą odbiornika jest element separacji galwanicznej (transoptor), zadaniem oporników R_1 , R_2 , R_3 i diod D_1 , D_2 jest z jednej strony ochrona przed zniszczeniem diody elektroluminescencyjnej LED transoptora, z drugiej strony, wykorzystując charakterystykę $I - U$ diody LED wraz z uwzględnieniem progu elementu logicznego (lub napięcia U_{BE} tranzystora) określenie wartości progu przełączania odbiornika i dopasowanie do stosowanych na obiekcie sygnałów logicznych. Filtracja zakłóceń może być zrealizowana na wejściu odbiornika (pojemność C_1 na rys. 2a) i wówczas filtr ogranicza szerokość pasma częstotliwości zakłóceń działających na wejście odbiornika. Częściej jednak filtr ten jest włączony na wyjściu układu separacji galwanicznej, tak jak na rys. 2a i b; wówczas zadaniem tego filtru jest eliminacja krótkotrwałych sygnałów zakłócających, jednocześnie takie umiejscowienie filtru powoduje zwiększenie czasu trwania zakłóceń przechodzących przez filtr [4].

Sygnał wyjściowy układu odbiornika badany jest w układzie detektora zmian, i każda (lub określona) zmiana sygnału zostaje zapamiętana w rejestrze zmian i poprzez układ interfejsu z magistralą m.c. powoduje generację zgłoszenia w układzie przerw m.c. Przykładowe rozwiązania układu detektora zmian przedstawia rys. 3.



Rys. 2. Przykładowe rozwiązania odbiornika sygnału z optoizolacją (a,b) oraz typowa charakterystyka diody elektroluminescencyjnej w transoptorze (c)



Rys. 3. Wybrane rozwiązania detektora stanu sygnału wejściowego: wykrywanie dowolnych zmian (a,c) oraz tylko przejścia H - L (b)

Układ z rys. 3a po wpisaniu aktualnej wartości sygnału wejściowego do rejestru Q wykrywa wystąpienie zmiany wyjścia odbiornika i rejestruje ten fakt w rejestrze (przerzutniku Z), układ z rys. 3b jest jednym z możliwych rozwiązań układów detektorów określonego charakteru zmian sygnału wejściowego (w tym przypadku przejścia z "1" na "0"), układ z rys. 3c wpisuje "1" do rejestru Z przy każdej zmianie stanu wyjścia odbiornika.

Realizacja układu współpracy z magistralą m.c. i układu generacji sygnału przerwania zależą oczywiście od rozwiązań układowych m.c. Na ogół układ umożliwia pobranie do m.c. zawartości rejestru pamięci zmian Z, niektóre rozwiązania (np. [2]) umożliwiając również pobranie do m.c. stanu linii wejściowych (wyjścia odbiornika sygnału) karty wejść przerywających.

3. ŹRÓDŁA ODPORNOŚCI NA ZAKŁÓCENIA

Z przedstawionego na rys. 1 schematu blokowego toru sygnału w układzie wejść przerywających wynika, że o odporności układu na zakłócenia mogą decydować dwa bloki: odbiornik sygnału (układ dopasowania poziomów i separacji galwanicznej) i detektor zmian sygnału. Z chwilą wprowadzenia informacji do rejestru zmian Z zarówno krótkotrwała zmiana stanu wyjścia odbiornika, wywołana zakłóceniem, jak i rzeczywista zmiana stanu czujnika na obiekcie będą prezentowały się dla m.c. jednakowo (wygenerują zgłoszenie do układu przerwania m.c.).

Zdecydowana większość rozwiązań ponija możliwość wykorzystania konstrukcji detektora zmian do zwiększenia odporności na zakłócenia, wykorzystując do tego celu wyłącznie układ odbiornika sygnału.

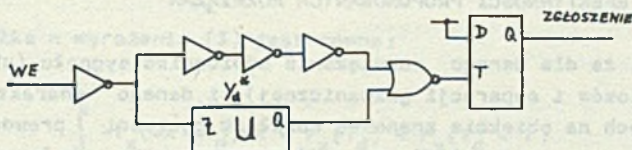
W celu zwiększenia odporności na zakłócenia układu dopasowania poziomów i separacji galwanicznej można wpływać na dwa parametry układu: poziom progu przełączania (a właściwie margines zakłóceń odbiornika) oraz stałą czasową filtra. Zwiększenie wartości zarówno jednego, jak i drugiego parametru powoduje zmniejszenie ilości błędnych zmian stanu sygnału wyjściowego odbiornika, z tym że wzrost wartości marginesu zakłóceń powoduje zmniejszenie średniego czasu trwania błędnej zmiany sygnału na wyjściu odbiornika, natomiast ze zwiększeniem stałej czasowej czas ten wzrasta [4].

Odporność na zakłócenia detektora zmian określona jest minimalnym czasem trwania zmiany, która zostanie już przez ten detektor zauważona. Nazwijmy ten czas czasem zadziałania detektora i oznaczmy Y_d . Jeśli czas trwania zmiany (błędu) będzie mniejszy od czasu zadziałania detektora zmian Y_d , to zmiana ta nie zostanie wykryta i nie zostanie wygenerowane przerwanie (przerwanie wygenerują tylko zmiany sygnału wy odbiornika o czasie trwania $\tau > Y_d$). W przedstawionych na rys. 3 układach detektorów zmian czas zadziałania równy jest ok. 30-40 ns (ok. 3-4 czasy propagacji sygnału przez bramkę TTL); i praktycznie każda zmiana na wejściu detektora wywołana zakłóceniem spełnia warunek $\tau > Y_d$ i generuje przerwanie.

4. SPOSOBY ZWIEKSZENIA "ODPORNOŚCI NA ZAKŁÓCENIA" DETEKTORA ZMIAN

Możliwość zwiększenia odporności na błędne zmiany stanu sygnału wejściowego detektora zmian leży więc w zwiększeniu jego czasu zadziałania Y_d . Można to zrealizować różnymi sposobami. Jedną z możliwości jest zastosowanie innych, wolniejszych niż TTL układów logicznych, z możliwością dodatkowego spowalniania, o dużych czasach propagacji (np. elementy serii SN 15 300 lub H 100); przez stosowanie dodatkowych pojemności spowalniających można czas Y_d detektora zmienić w określonych przez konstrukcję elementów granicach.

Inną możliwością jest zastosowanie układu uzależnienia czasowego, generującego dla każdej wykrytej zmiany sygnału wejściowego odcinek czasu (impuls o czasie trwania) Y_d^* określający minimalny czas trwania zmiany sygnału wejściowego, generujący przerwanie. Jedną z możliwych realizacji układu detektora zmian działającego według proponowanej metody przedstawia rys. 4.

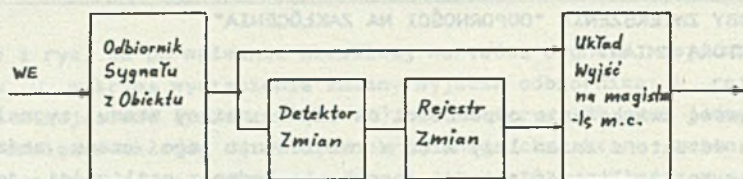


Rys. 4. Rozwiązanie układu detektora zmian sygnału wejściowego z możliwością określania minimalnego czasu trwania wykrywanej zmiany sygnału wejściowego

Jest to układ wykrywający przejście z "1" na "0". Przez zastąpienie negacji na wejściu układu elementu EXOR (jak w układzie z rys. 2c) można zamienić go na układ detekcji dowolnych zmian sygnału wejściowego; w układzie tym łatwo można zmieniać czas zadziałania detektora Y_d^* . Proponowane metody wymagają zmiany konstrukcji karty wejść przerywających (zmiana elementów na inne lub zwiększenie ilości elementów) i mogą wymagać zmiany jej organizacji (zmniejszenia ilości sygnałów doprowadzanych do jednej karty); eliminując jednak całkowicie generację błędnych przerw wywołanych zakłóceniami o czasie trwania $z < Y_d^*$.

Podobną poprawę odporności na zakłócenia można uzyskać również na drodze programowej weryfikacji generowanych przez kartę przerw, bez zmiany konstrukcji karty, jeśli rozwiązanie układu wejść przerywających umożliwia wprowadzenie sygnału wyjściowego z odbiornika (z układu dopasowania poziomów) wprost do m.c. (rys. 5).

W rozwiązaniu tym odliczanie czasu Y_d^* następuje na drodze programowej przez program obsługi przerwania; następnie sprawdzana jest poprawność przerwania przez porównanie aktualnego stanu sygnału wejściowego ze



Rys. 5. Zmodyfikowane rozwiązanie drogi sygnału w układzie wejść przerywających

stanem założonym dla danego typu przerwania (np. dla wejść wykrywających zmianę z "1" na "0" na wyjściu odbiornika powinien być w momencie sprawdzania stan "0" logiczne). Właściwy program obsługi przerwania zrealizowany zostanie tylko dla tych zgłoszeń, dla których sprawdzenie to zakończy się pomyślnie. Metoda ta nie eliminuje generowania "błędnych" przerwania, lecz zapobiega błędnej reakcji systemu na te przerwania.

5. ANALIZA EFEKTYWNOŚCI PROPONOWANYCH ROZWIĄZAŃ

Założmy, że dla danego rozwiązania odbiornika sygnału (układu dopasowania poziomów i separacji galwanicznej) i danego charakteru zakłóceń przemysłowych na obiekcie znane są rozkłady gęstości prawdopodobieństwa opisujące występowanie błędów na wyjściu odbiornika wywołanych tymi zakłóceniami: $f_T(T)$ czasu trwania błędu oraz $f_x(X)$ odstęp czasu między kolejnymi błędami. Założmy również, że w rozważanym przedziale czasu sygnał obiektu ma stałą wartość (np. "0" lub "1"), tzn. wszystkie zmiany na wyjściu odbiornika wywołane są działaniem zakłóceń.

W standardowym rozwiązaniu układu wejść przerywających zakłócenie spowoduje generację przerwania, jeśli czas trwania T wywołanej nim zmiany na wyjściu odbiornika będzie większy od czasu zadziałania detektora zmian Y_d . Prawdopodobieństwo wystąpienia błędnego przerwania P_b będzie więc równe:

$$P_{b\bar{z}} = P\{T \geq Y_d\} = \int_{Y_d}^{\infty} f_T(T) dT. \quad (1)$$

Jeśli średni czas trwania błędu \bar{T} będzie rzędu $2-10 \mu s$ przy $Y_d \approx 30-40 ns$, to $P_{b\bar{z}} \approx 1$ (niemal każde zakłócenie wygeneruje błędne przerwanie).

W przypadku rozwiązań z rys. 4 i rys. 5 błędne wygenerowanie (błędna reakcja systemu na przerwanie) może nastąpić w jednym z dwóch przypadków: - czas trwania błędu T jest większy od czasu Y_d^* lub - odstęp czasu między kolejnymi błędami jest na tyle mały, że w momencie zakończenia czasu

Y_d^* wystąpi następny błąd (zakładamy, że można pominąć możliwość wystąpienia kilku błędów w czasie Y_d^*).

Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sytuacji będzie równe:

$$P_{b\bar{z}} = P\{T \geq Y_d^*\} + P\{T < Y_d^* \cap X < Y_d^* \leq X + T\} \quad (2)$$

oznaczamy przez z różnicę $z = Y_d^* - X$:

$$f_z(z) = f_x(-X + Y_d^*),$$

wtedy

$$P_{b\bar{z}} = \int_{Y_d^*}^{\infty} f_T(T) dT + \int_0^{\infty} f_T(T) \int_0^T -f_x(-X - Y_d^*) dx dT \cdot \int_0^{Y_d^*} f_T(T) dT \quad (3)$$

wewnętrzna całka w wyrażeniu (3) jest równa:

$$\int_0^T -f_x(-X - Y_d^*) dx = F_x(Y_d^*) - F_x(Y_d^* - T) \quad (4)$$

Dla małych czasów trwania błędu $T \ll Y_d^*$ możemy zapisać:

$$F_x(Y_d^*) - F_x(Y_d^* - T) \approx T \cdot f_x(Y_d^*) \quad \text{i} \quad \int_{Y_d^*}^{\infty} f_T(T) dT \approx 0 \quad (5)$$

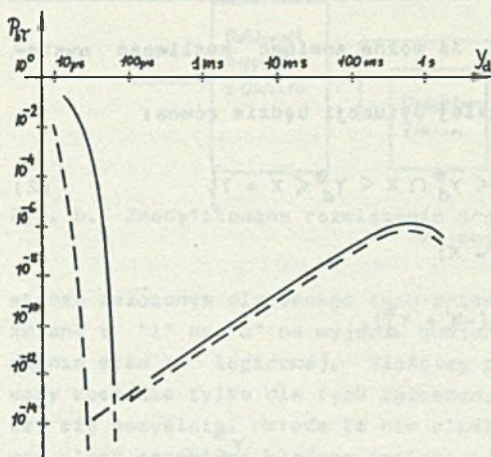
i wtedy

$$P_{b\bar{z}} = \int_0^{\infty} f_T(T) \cdot T \cdot f_x(Y_d^*) dT = \bar{T} \cdot f_x(Y_d^*) \quad \text{i} \quad \int_0^{Y_d^*} f_T(T) dT \approx 1 \quad (6)$$

gdzie:

\bar{T} - wartość średnia czasu trwania błędu.

Z zależności (3) i (6) wynika, że jeśli $\bar{T} \ll \bar{X}_T$ to zależność $P_{b\bar{z}} = \varphi(Y_d^*)$ zawiera szerokie minimum, w którym $P_{b\bar{z}}$ przyjmuje bardzo małe wartości.



Rys. 6. Wykres zależności prawdopodobieństwa wystąpienia błędnego przerwania $P_{b\gamma}$ od czasu zadziałania detektora Y_d . Linia ciągła - $T = 10 \mu s$, linia przerywana $T = 5 \mu s$

au Y_d^* dla rzeczywistych zakłóceń przemysłowych. Dla znalezienia odpowiedzi na pytanie, jakie powinno być Y_d^* przy działaniu na układ wejść przerywających rzeczywistych zakłóceń, skorzystano z danych zebranych przy pomiarach zakłóceń, przeprowadzonych specjalną aparaturą pomiarową [6] rejestrującą momenty wystąpienia zakłóceń oraz czasu ich trwania. Pomiaru przeprowadzono dla układu zbliżonego do rozwiązania z rys. 2b o parametrach progów przełączania 6 V, 11 mA.

Zbrane dane pomiarowe wykorzystano do zamodelowania proponowanego w p. 4 sposobu eliminacji błędów wywołanych zakłóceniami.

Wyniki modelowania dla kilku wybranych pomiarów wraz z histogramami czasu trwania błędów i odstępu czasu między błędami przedstawiają rys. 7a, b, c.

Ponieważ pojemność pamięci urządzenia pomiarowego umożliwiła zarejestrowanie danych dotyczących kolejnych 320 zakłóceń, stąd otrzymane wyniki modelowania określają jako zero prawdopodobieństwo $P_{b\gamma} < 3.125 \cdot 10^{-3}$.

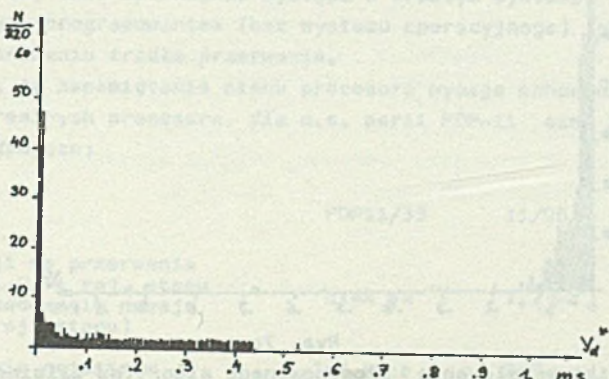
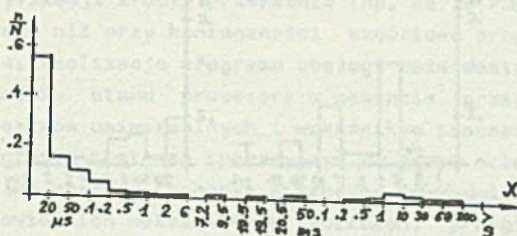
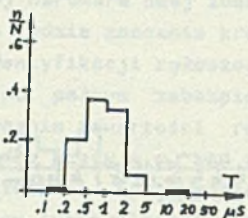
Dla otrzymania $P_{b\gamma} \leq 10^{-2}$ w przedstawionych pomiarach wymagany czas Y_d^* wynosi 50-100 μs .

Ponieważ większość rozwiązań układów odbiorników operuje sygnałami 24; 48 V (próg przełączania na poziomie 12 lub 24 V), należy spodziewać się [4], że średnie czasy trwania błędów będą krótsze, a odstęp czasu między błędami większe, co pozwala oszacować wymaganą wartość Y_d^* na poziomie 20-50 μs dla $P_{b\gamma} < 10^{-3}-10^{-4}$.

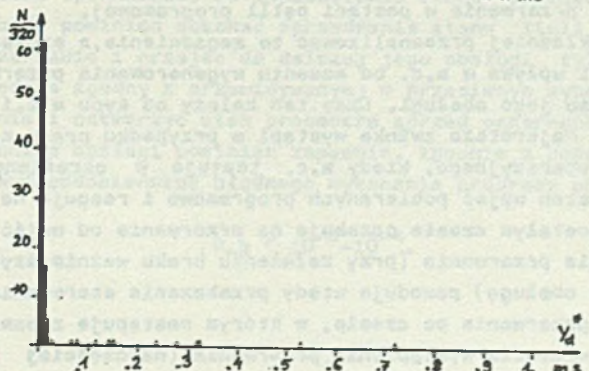
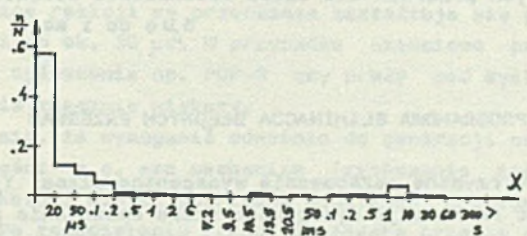
Postać zależności $P_{b\gamma} = \varphi(Y_d^*)$ zależy od postaci rozkładów $f_x(X)$, $f_T(T)$, np. dla $f_x(X) = \frac{1}{B-A}$ (rozkład równomierny na przedziale A, B) $P_{b\gamma}^{\min} = 0$, a np. dla rozkładów $f_T(T) = T/a \exp(-T^2/2a^2)$ (rozkład Rayleigha) i $f_x(X) = \frac{1}{2} \lambda^3 X^2 \exp(-\lambda X)$ (rozkład Gamma) o $T = 5,10 \mu s$ i $\bar{X} = 1 s$, wykres zależności $P_{b\gamma}$ od Y_d^* przedstawia rys. 6.

Z wykresu tego wynika wniosek, że aby uzyskać znaczne zwiększenie odporności na zakłócenia, powinien być spełniony warunek $Y_d^* > 4 \cdot \bar{T}$; przy tym warunku prawdopodobieństwo $P_{b\gamma} \leq 10^{-5}$ (dla danych z przykładu).

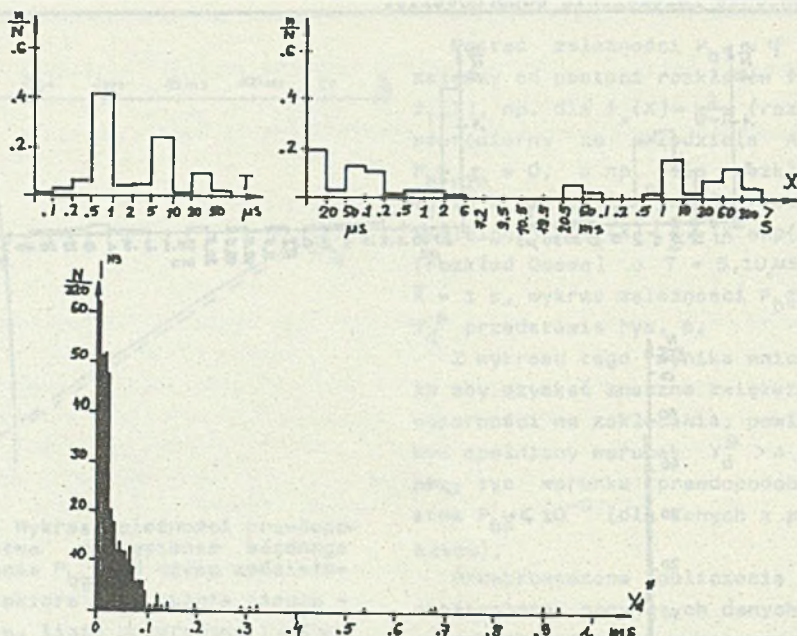
Przeprowadzone obliczenia dla arbitralnie przyjętych danych nie pozwalają wyznaczyć wymaganego cza-



Rys. 7a



Rys. 7b



Rys. 7c

Rys. 7. Wyniki modelowania proponowanego algorytmu eliminacji błędnych przerw. Górne wykresy przedstawiają histogramy czasu trwania impulsu zakłócającego (T) i odstępów czasu między impulsami zakłócającymi (X), dolny wykres przedstawia otrzymaną w wyniku modelowania ilość błędnych przyjętych przerw dla czasu zadziałania detektora Y_d^* zmienianego co $5\mu s$ do 1 ms

6. PROGRAMOWA ELIMINACJA BŁĘDNYCH PRZERWAŃ

Otrzymane oszacowanie wymaganego czasu Y_d^* wskazywałoby na konieczność realizacji wymaganego czasu opóźnienia przed sprawdzeniem stanu linii generującej przerwania w postaci pętli programowej.

Spróbujmy dokładniej przeanalizować to zagadnienie, a szczególnie oszacować czas, jaki upływa w m.c. od momentu wygenerowania przerwania do rozpoczęcia programu jego obsługi. Czas ten zależy od typu m.c. i sposobu jej oprogramowania. Najkrótsza zwłoka wystąpi w przypadku pracy m.c. bez złożonego systemu operacyjnego, kiedy m.c. testuje w określonych zegarem chwilach czasu stan wejść pobieranych programowo i reaguje na stwierdzone zmiany, a w pozostałym czasie oczekuje na przerwania od wejść przerywających. Wystąpienie przerwania (przy założeniu braku ważniejszych przerw oczekujących na obsługę) powoduje wtedy przekazanie sterowania programowi obsługi danego przerwania po czasie, w którym następuje zapamiętanie stanu procesora w momencie wystąpienia przerwania (najczęściej tylko stanu licznika rozkazów) oraz zidentyfikowanie programu jego obsługi. W przypad-

ku pełnej hardware'owej identyfikacji źródła przerwania (np. seria PDP-11) czas ten będzie znacznie krótszy niż przy konieczności częściowo programowej identyfikacji zgłoszenia. Realizacja programu obsługi może nastąpić dopiero po pełnym zabezpieczeniu stanu procesora w momencie przerwania (chowanie zawartości rejestrów uniwersalnych i wskaźników procesora). W przypadku pracy m.c. pod złożonym systemem operacyjnym do czasu oczekiwania zgłoszenia (przerwania) na obsługę dochodzą niezbędne czynności własne systemu (uaktualnienie odpowiednich wskaźników w tablicach, przeglądnięcie kolejki zadań oczekujących na przydział procesora itp.). Jak stąd wynika, najrótszy czas opóźnienia wystąpi w prostym systemie ze specjalnie opracowanym oprogramowaniem (bez systemu operacyjnego) przy hardware'owym rozpoznawaniu źródła przerwania.

Zakładając, że zapamiętanie stanu procesora wymaga schowania np. 3 rejestrów uniwersalnych procesora, dla m.c. serii PDP-11 czas ten można oszacować następująco:

| | PDP11/35 | 11/05 | LSI 11/02 |
|--|--|--|--|
| czas reakcji na przerwanie (chowanie L.O. i rej. stanu na stos i ładowanie nowej zaw. LO i rej. stanu) | 5.42 μ s | 7.7 μ s | 10.8 μ s |
| czas chowanie rejestrów | <u>3x3.2 μs</u> 15 μ s | <u>3x7 μs</u> 28.7 μ s | <u>3x3.5 μs</u> 21.3 μ s |

W innych minikomputerach czas reakcji na przerwanie kształtuje się podobnie np. dla MITRA 15 wynosi on ok. 30 μ s. W przypadku częściowo programowej identyfikacji źródła zgłoszenia np. PDP-8 czy pracy pod systemem operacyjnym czas ten będzie znacznie większy.

Mając to na uwadze wydaje się, że wymagania odnośnie do generacji czasu Y_d^* może spełnić w większości m.c. sam mechanizm (zachowania stanu procesora) przełączenia kontekstu i nie są potrzebne dodatkowe procedury realizacji czasu opóźnienia. Po zapamiętaniu stanu procesora program obsługi przerwania powinien dokonać sprawdzenia stanu linii wejściowej generującej przerwanie i przejść do dalszej jego obsługi tylko wtedy, gdy stan linii będzie zgodny z przewidywanym; w przeciwnym wypadku zakończy swoje działanie i odtworzyć etan procesora sprzed przerwania.

Taki mechanizm obsługi powinien zapewnić, zgodnie z poprzednimi oszacowaniami prawdopodobieństwo błędnego wykonania programu obsługi

$$P_{bg} < 10^{-3} - 10^{-4}.$$

LITERATURA

- [1] Promatic 700-programmable logic controller. Information YL 765-101E, YL 76-105E, ASEA 1976.
- [2] K-90 Computer Systems Manual. Kent Automation Systems, Hitchin, Hertfordshire, 1975.
- [3] High Level Process Interface Unit TDC 2000 - Specification and Technical Data. Honeywell Inc, 1979.
- [4] Skrzewski M.: Ocena wpływu zakłóceń na transmisję sygnałów dwustanowych w relacji obiekt-m.c. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Automatyka 53, Gliwice 1981.
- [5] Dokumentacja CAMAC - Rejestr przerwań typ 303, Instrukcja obsługi.
- [6] Skrzewski M.: Wprowadzanie informacji z obiektu przez kanał przemysłowy do maszyny cyfrowej z uwzględnieniem zagadnień odporności na zakłócenia. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1980.
- [7] PDP 11/05/L0/35/40 Procesor Handbook, Digital Equipment Corp., 1973.
- [8] LSI-PDP 11/03 Processor Handbook, Digital Equipment Corp., 1975.
- [9] Mitra 15, Description manual, C.I.I., 1972.

Recenzent: Doc. dr inż. Jerzy Łączyński

Wpłynęło do Redakcji: 31.03.1983 r.

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ В МЕТОДЕ ВВЕДЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ ПРЕРЫВАНИЯ

Р е з ю м е

В статье представлены некоторые решения схем прерывных входных сигналов промышленного канала а также обсуждены факторы влияющие на их помехоустойчивость. В частности представлен анализ влияния конструкционных решений детектора изменения входного сигнала в системе входных прерывающих сигналов на повышение помехоустойчивости.

Рассуждения проиллюстрированы теоретическими расчётами и полученными результатами симуляции на основе измеренных параметров промышленных помех. Рассмотрена также возможность программной реализации повышения помехоустойчивости в некоторых ЭВМ.

SOME PROBLEMS OF IMPROVING INTERFERENCE IMMUNITY IN INTERRUPT BASED DATA GATHERING SCHEME

Summary

Some factors effecting an interference immunity of interrupt based digital data input systems are discussed. Specially, the influence of the input signal detector design on the interference immunity are analysed, and the results of theoretical calculation and of simulation based on real industrial noise data are presented. A method for improving the interference immunity, derived from this analysis, and a way of they possible implementation in chosen computer systems are also presented.