

Marek Bartczak

Mikroprocesorowy miernik parametrów czasowych przełączników

Przełączniki – mimo dynamicznego rozwoju technologii półprzewodnikowych – są wciąż jednym z elementów składowych układów elektrycznych wielu nowo opracowywanych urządzeń sterowania. Spełniają one funkcję elementu pośredniczącego między elektrycznym obwodem sterującym a jednym lub kilkoma obwodami sterowanymi. Ich podstawowymi parametrami pracy są m. in. czasy zadziałania. Czasy wzbudzenia i odwzbudzenia przełącznika wynikają z wymaganego czasu przekazania sygnału z obwodu sterującego do obwodu sterowanego. Przy dobieraniu przełączników do konkretnych obwodów istotne są również czasy: zamknięcia, otwarcia i przełączania zestyków oraz czasy występowania drgań zestyków przy przełączaniu. Różnica w wymienionych czasach takich samych przełączników może powodować błędną pracę obwodów sterowanych. Ponadto, drgania zestyków przełącznika przyczyniają się do zmniejszenia trwałości samych zestyków oraz mogą być źródłem zakłóceń w urządzeniach i układach elektronicznych współpracujących z zestykami. Z tych względów czasy zadziałania przełączników nie powinny przekraczać maksymalnych dopuszczalnych wartości. Zatem miernictwo parametrów czasowych przełączników, podobnie jak pomiary parametrów elektrycznych i mechanicznych, ma decydujący wpływ na ich jakość i niezawodność.

W ostatnich latach, dzięki rozwojowi techniki mikroprocesorowej, do eksploatacji coraz częściej wprowadzane są elektroniczne cyfrowe przyrządy pomiarowe o doskonałych właściwościach metrologicznych, zawierające zwykle bloki rejestracji i obróbki wyników pomiarów. Przykładem takiego przyrządu jest mikroprocesorowy miernik parametrów czasowych przełączników, opracowany w Instytucie Automatyki i Telematyki Transportu Politechniki Radomskiej.

Metody pomiaru parametrów czasowych przełączników

Do pomiaru parametrów czasowych przełączników są stosowane dwie metody. Pierwsza z nich polega na rejestracji napięcia między stykami zestyku przy użyciu oscylografu i określeniu z oscylogramu poszczególnych parametrów czasowych na podstawie pomiaru długości odpowiednich odcinków sygnału napięciowego przy znanej skali czasu [8]. Przykładowy oscylogram pomiaru czasu wzbudzenia kolejowego przełącznika zabezpieczeniowego JRB11129 produkcji ZWUS (obecnie Bombardier Transportation) Katowice jest pokazany na rysunku 1. Metoda ta odznacza się dużą pracochłonnością oraz małą dokładnością i nie nadaje się do automatycznej rejestracji wyników pomiarów.

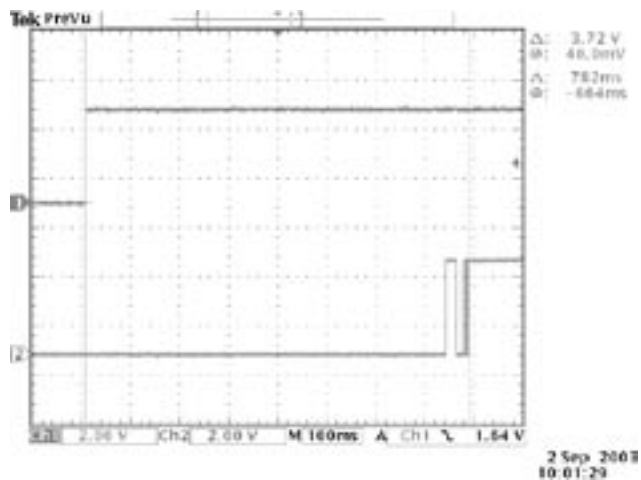
Druga metoda polega na zliczaniu impulsów podawanych na wejście licznika w ustalonym czasie (rys. 2). Zliczane impulsy są wytwarzane przez generator impulsów wzorcowych i doprowadza-

ne do jednego z wejść bramki pomiarowej. Po pojawieniu się sygnału informującego o rozpoczęciu pomiaru impulsy wzorcowe są przepuszczone przez bramkę pomiarową do wejścia licznika i zliczane za pomocą tego licznika. Zamknięcie bramki pomiarowej i przerwanie zliczania następuje z chwilą pojawienia się sygnału informującego o zakończeniu pomiaru. Zawartość licznika po zdekodowaniu w dekodерze jest przekazywana do wyświetlacza jako wynik pomiaru. Metoda ta jest pozbawiona wad metody oscylograficznej. Jest ona powszechnie stosowana w cyfrowych miernikach czasu [4].

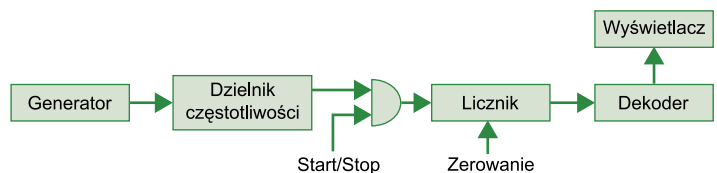
Miernik mikroprocesorowy

Konstrukcja i ważne parametry

Widok ogólny miernika mikroprocesorowego przedstawiony jest na rysunku 3. Rysunek 4 przedstawia schemat ideowy miernika [1,2]. Konstrukcja miernika oparta jest na mikrokontrolerze SA-B80C517 firmy SIEMENS. Mikrokontroler ten zawiera wewnątrz układu m. in. licznik T2 mogący realizować funkcję czasomierza



Rys. 1. Oscylogram pomiaru czasu wzbudzenia przełącznika JRB11129



Rys. 2. Zasada pomiaru czasu

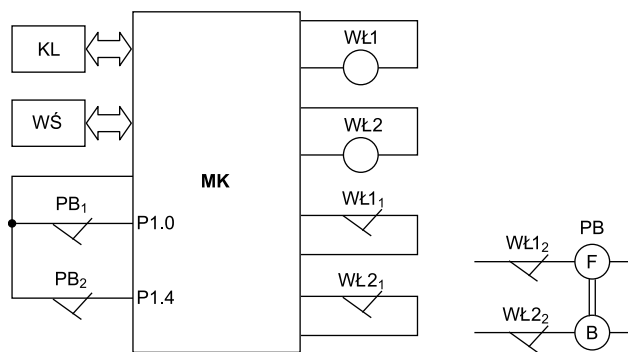


Rys. 3. Widok miernika mikroprocesorowego

oraz jednostkę CRC wyposażoną w rejestry, do których może być wpisana zawartość chwilowa licznika T2. Moment wpisu wyznaczony jest sygnałami zewnętrznymi z wejść P1.0 i P1.4 portu P1. Wybór aktywnego zbocza sygnałów dokonywany jest programowo.

Do mikrokontrolera MK jest przyłączona klawiatura KL, wyświetlacz WŚ, przekaźniki włączające WŁ1 i WŁ2 i ich zestyki czynne WŁ1₁ i WŁ2₁. Przełącznik badany PB jest sterowany zestykami czynnymi WŁ1₂ i WŁ2₂ przekaźników włączających WŁ1 i WŁ2, a jego zestyki PB₁ i PB₂ są dołączone do wejść P1.0 i P1.4 mikrokontrolera MK, na których zmiana poziomu sygnału powoduje wpisanie zawartości chwilowej licznika T2 do rejestru CRC.

Klawiatura KL, składająca się z czterech klawiszy umożliwia wybór funkcji miernika i parametrów pomiarów, takich jak rodzaj



Rys. 4. Schemat ideowy miernika mikroprocesorowego

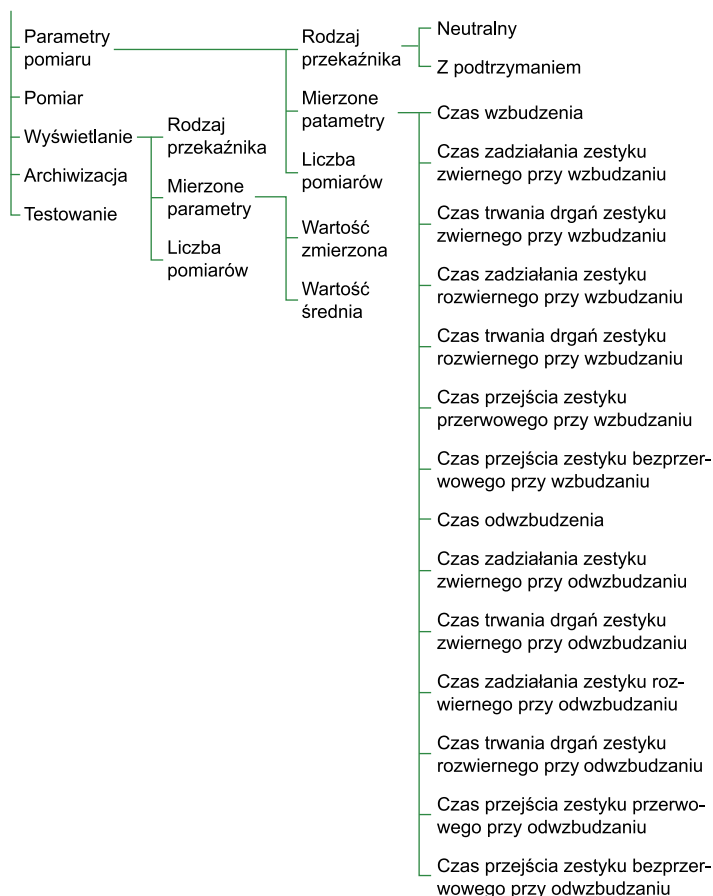
badanego przekaźnika, mierzone parametry czasowe i liczba pomiarów. Menu miernika przedstawiono na rysunku 5.

Wyświetlacz WŚ służy do wyświetlania nazw funkcji miernika oraz parametrów i wyników pomiarów. Dla umożliwienia wyświetlenia dowolnych znaków (cyfr, liter) w pełni zrozumiałych dla użytkownika został zastosowany wyświetlacz LCD.

Metoda pomiaru polega na zliczaniu wewnętrznych impulsów zegarowych doprowadzanych do wejścia licznika mikrokontrolera w czasie określonym sygnałami z zestyków badanego przekaźnika. Dokładność pomiaru jest ograniczona szybkością działania mikrokontrolera. Dla wyższej częstotliwości rezonatora zewnętrznego i dłuższych czasów błąd pomiaru jest mniejszy. Przy pomiarze krótkich czasów błąd pomiaru jest większy. Istnieje jednak możliwość poprawy przez zastosowanie rezonatora o większej częstotliwości. Minimalna częstotliwość rezonatora wynosi 12 MHz. Oznacza to, że czas trwania jednego cyklu maszynowego mikrokontrolera jest równy 1 μs, a częstotliwość impulsów zliczanych przez licznik T2 – 1 MHz. Dużą stabilność częstotliwości gwarantuje rezonator kwarcowy.

Miernik umożliwia pomiary wszystkich parametrów czasowych przekaźników określonych w PN-93 E-88612, niezależnie od rodzaju prądu zasilania i sposobu działania przekaźnika, tj. czasu:

- wzbudzenia przekaźnika,
- odwzbudzenia przekaźnika,
- występowania drgań zestyków,
- zadziałania zestyków,
- przerwy przy przełączaniu zestyków.



Rys. 5. Menu miernika mikroprocesorowego

Ważniejsze parametry miernika	
Zakres pomiarowy	0,1 ms do 2 ³² -1 μs
Dokładność	0,1 ms
Typ mikrokontrolera	SAB80C517 firmy SIEMENS
Częstotliwość rezonatora zewnętrznego	12 MHz
Częstotliwość impulsów wzorcowych	1 MHz
Maksymalna moc sterowania przekaźników włączających	30 W DC/60 VA AC (60 W DC/120 VA AC)
Maksymalne napięcie sterowania przekaźników włączających	220 V DC/250 V AC
Maksymalny prąd sterowania przekaźników włączających	1 A DC/AC
Klawiatura	4 × 1
Wskaźnik	wyświetlacz LCD
Napięcie zasilania	220 V ± 10% 50 Hz
Pobór mocy	ok. 4 VA

W celu umożliwienia obróbki wyników pomiarów przy użyciu programów statystycznych i arkuszy kalkulacyjnych, miernik można podłączyć do komputera PC poprzez złącze szeregowo.

Zasada działania miernika

Zasada działania miernika mikroprocesorowego zostanie objaśniona na przykładzie pomiaru czasu wzbudzenia przekaźnika z podtrzymaniem magnetycznym. Ogólną sieć działań programu pomiarowego przedstawiono na rysunku 6. Przebiegi napięć przy pomiarze czasu wzbudzenia przedstawiono na rysunku 7. Po wybraniu w menu parametrów pomiaru, a następnie funkcji POMIAR mikrokontroler MK wzbudza przekaźnik włączający WŁ2 w celu odwzbudzenia przekaźnika badanego PB, a następnie określa tryb

pracy i funkcję licznika T2, aktywne zbrocze sygnału z wejścia P1.0, do którego jest podłączony zestyk czynny PB₁ przekaźnika badanego PB, wyznaczający moment wpisu zawartości chwilowej licznika T2 do rejestru jednostki CRC, odblokowuje przerwania, zeruje licznik T2 oraz wzbudza przekaźnik włączający WŁ1. Z chwilą przyciągnięcia kotwicy przez przekaźnik WŁ1 zestyk czynny WŁ1₂ zamknie obwód zasilania uzwojenia wzbudzającego F przekaźnika badanego PB. Mikrokontroler MK, po rozpoznaniu zamknięcia zestyku czynnego WŁ1₁, informującego o rozpoczęciu pomiaru uruchomi licznik T2 zliczający wewnętrzne impulsy zegarowe o znanej i stałej częstotliwości. W wyniku zmiany stanu przekaźnika badanego PB następuje przełączenie jego zestyków PB₁ i PB₂. Zamknięcie zestyku czynnego PB₁ powoduje zmianę stanu sygnału na wejściu P1.0 mikrokontrolera MK i w konsekwencji wpisanie zawartości chwilowej licznika T2 do rejestru CRC skojarzonego z tym wejściem. Funkcja wpisywania jest realizowana po każdorazowym zamknięciu zestyku czynnego PB1. W przypadku przepelnienia licznika T2 inkrementowany jest licznik dodatkowy. Po upływie założonego czasu (ok. 2 s), odmierzanego od chwili ostatniego zamknięcia zestyku czynnego PB₁, mikrokontroler MK blokuje funkcję wpisywania, zatrzymuje licznik T2 i zapamiętuje zawartość rejestru CRC jako wartość czasu wzbudzenia. Wartość ta, po przeliczeniu dziesiętnym, wyświetlana jest na wyświetlaczu WŚ. Po wyświetleniu wyniku pomiaru i odwzbudzeniu przekaźnika włączającego WŁ1, mikrokontroler MK jest gotowy do wykonania kolejnego pomiaru przy tych samych parametrach jak w poprzednim pomiarze lub innych.

Podobnie realizowany jest pomiar czasu zadziałania zestyku PB₁ (PB₂) przy wzbudzeniu przekaźnika. Różnica polega jedynie na zatrzymaniu licznika T2 bezpośrednio po pierwszym zamknięciu (otwarciu) zestyku. Natomiast przy pomiarze czasu trwania drgań zestyku PB₁ (PB₂) przy wzbudzeniu przekaźnika licznik T2 jest uruchamiany w momencie pierwszego zamknięcia (otwarcia) zestyku. Pomiary parametrów czasowych przy odwzbudzeniu przekaźnika realizowane są w podobny sposób jak pomiary analogicznych parametrów przy wzbudzeniu.

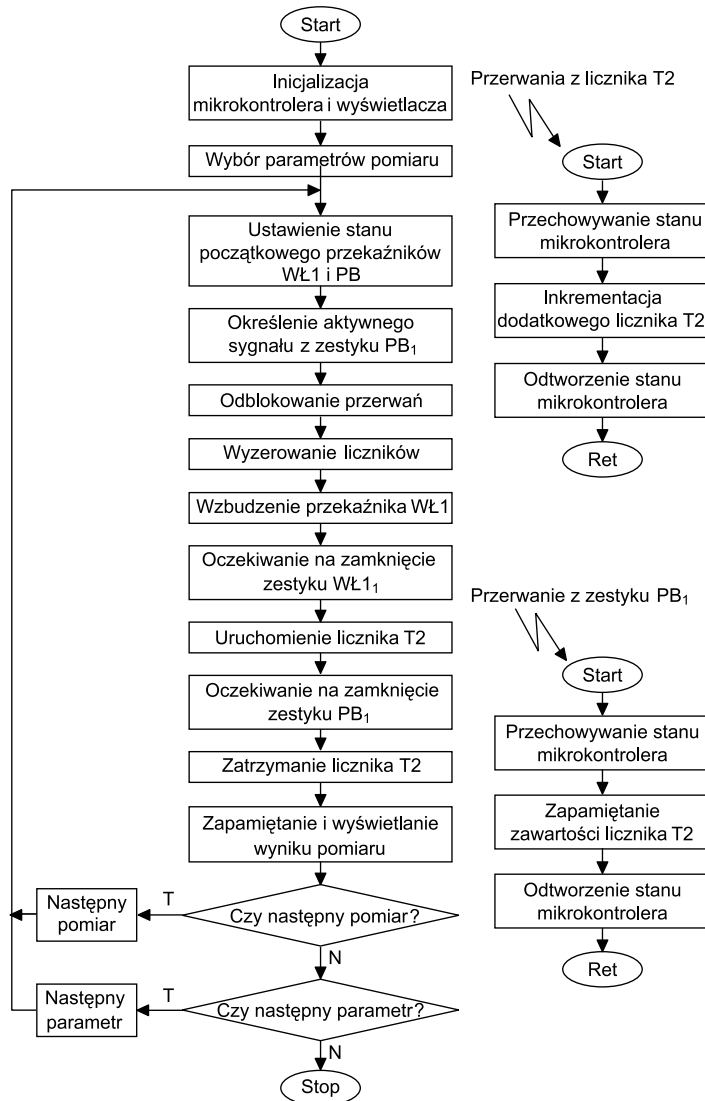
Funkcja WYŚWIETLANIE pozwala wyświetlić parametry i wyniki pomiarów, przy czym wyniki są wyświetlane z dokładnością do 0,1 ms.

Funkcja ARCHIWIZACJA umożliwia przesłanie danych pomiarowych do komputera PC. Przed wysłaniem bajtu jest on zamieniany na kod szesnastkowy, co oznacza, że z każdego bajtu są istotne tylko cztery najmniej znaczące bity. Najpierw wysyłany jest kod badanego przekaźnika (1 – neutralny, 2 – z podtrzymaniem), zajmujący w pamięci RAM jeden bajt i liczba pomiarów z zakresu od 1 do 50 (1 bajt), a potem kod mierzonego parametru czasowego, będący liczbą od 1 do 14 (1 bajt) oraz wartości zmierzone i wartość średnia (4 bajty każda). Po wysłaniu wszystkich danych wysyłany jest znak \$ (dolar), informujący komputer PC o zakończeniu transmisji.

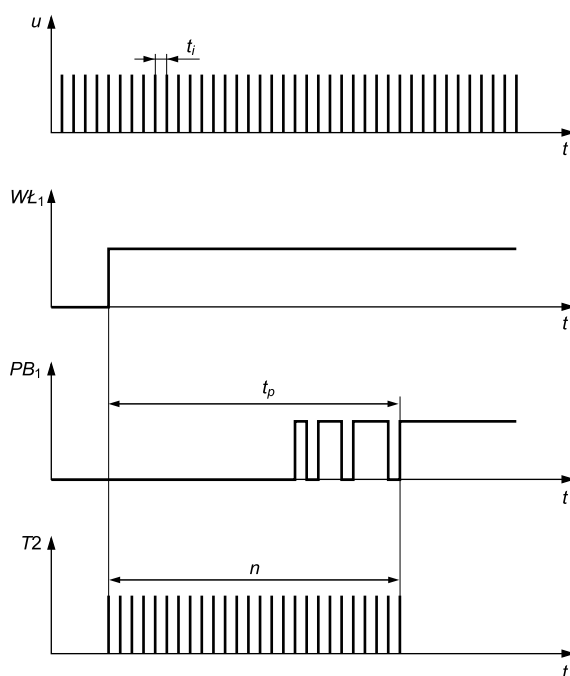
Funkcja TESTOWANIE służy do sprawdzenia prawidłowości działania miernika.

Dokładność pomiaru

W celu uzyskania informacji dotyczących dokładności miernika mikroprocesorowego przeprowadzono badania porównawcze [3]. Badania te polegały na pomiarze parametrów czasowych wybranych przekaźników elektromagnetycznych na prąd stały i porównaniu ich wartości z wynikami uzyskanymi przy użyciu oscylosko-

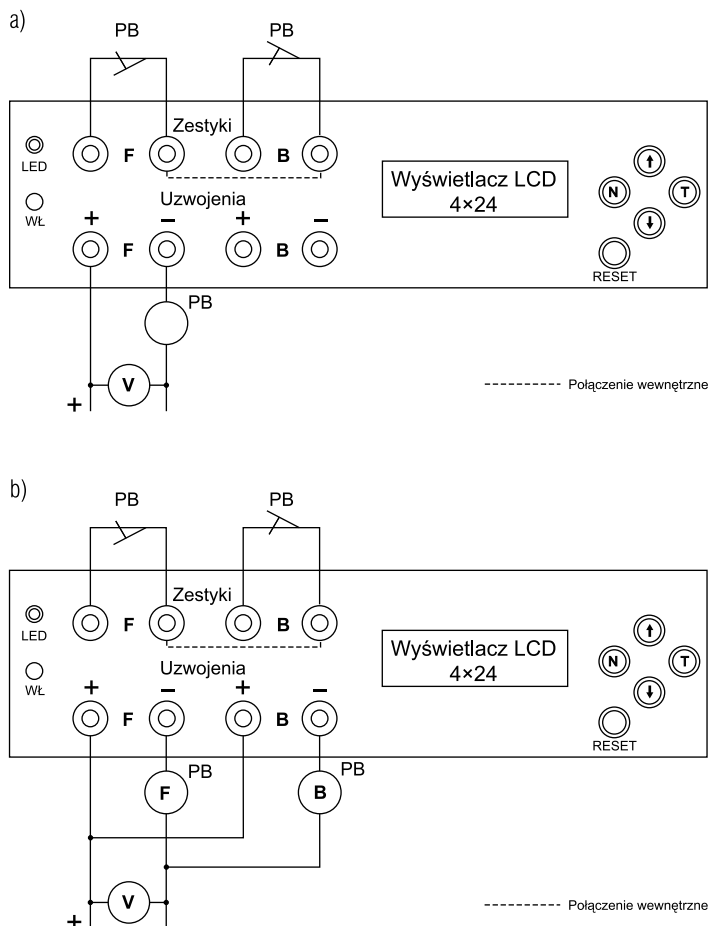


Rys. 6. Ogólna sieć działań programu pomiaru czasu wzbudzenia przekaźnika

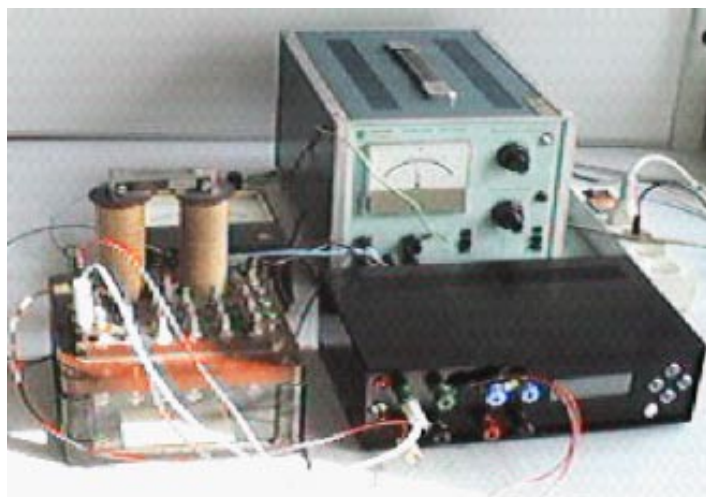


Rys. 7. Przebiegi napięć przy pomiarze czasu wzbudzenia przekaźnika

pu. Pomiary parametrów czasowych przełączników za pomocą miernika wykonano w układach pokazanych na rysunku 8. Wartość napięcia na uzwojeniu badanego przełącznika PB ustawiano za pomocą regulatora zasilacza. W celu kontroli tego napięcia, w układ pomiarowy został włączony woltmierz. Widok ogólny stanowiska do badania dokładności miernika mikroprocesorowego przedstawiono na rysunku 9.

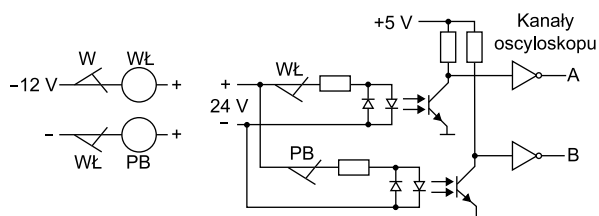


Rys. 8. Sposób podłączenia przełącznika badanego do miernika mikroprocesorowego
a - przełącznik neutralny, b - przełącznik remanencyjny



Rys. 9. Stanowisko do pomiaru parametrów czasowych przełączników przy użyciu miernika mikroprocesorowego

Pomiary oscyloskopowe wykonano w układzie przedstawionym na rysunku 10. Przełącznik badany PB jest sterowany za pośrednictwem zestyku przełącznika włączającego WL, do obwodu którego włączony jest zestyk włącznika W. Inny zestyk tego przełącznika jak i właściwy zestyk przełącznika badanego są dołączone do dwóch oddzielnych kanałów oscyloskopu. W celu galvanicznego rozdzielenia obu części układu zastosowano transoptory. Dla zapewnienia dużej stromości zboczy sygnałów wyjścia transoptorów połączono z wejściami oscyloskopu poprzez bramki Schmitta. Do przeprowadzenia pomiarów użyto oscyloskopu cyfrowego firmy Tektronix typ TDS 3012.



Rys. 10. Schemat układu do pomiaru parametrów czasowych przełącznika metodą oscyloskopową

Pomiary przeprowadzono na następujących przełącznikach: JRB11129, JRC15103, JRK10410, RK10 814, JRF51104, JRF51105, JRF32002, JRF32004, VS oraz R15. Poszczególne parametry czasowe zmierzono 10-krotnie. Wszystkie pomiary wykonano przy napięciach nominalnych. Wyniki pomiarów parametrów czasowych przełączników JRB11129, RK10814 JRF51105 i JRF32002 zamieszczono w tabelach 1 do 4. Dla porównania na rysunku 11 pokazano oscylogramy pomiaru czasu wzbudzenia i czasu trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzaniu przełącznika JRF51105, a na rysunku 12 – oscylogramy pomiaru jego czasu odwzbudzenia i czasu trwania drgań zestyku rozwiernego przy odwzbudzaniu. Wyniki pomiarów czasu wzbudzenia przełącznika JRF51105, uzyskane za pomocą miernika i oscyloskopu przedstawiono dodatkowo na wykresach na rysunku 13.

W celu określenia dokładności pomiarów dokonano oceny przedziałowej błędu standardowego s na poziomie ufności $P = 0,99$ z wykorzystaniem właściwości rozkładu t-Studenta, który reprezentuje właściwości statystyczne próby o skończonej liczebności i liczbie stopni swobody [6, 7]. Z uwagi na małą liczbę pomiarów $n = 10$, przy ocenie ufności zastosowano ocenę asymetryczną, która ma następującą postać ogólną:

$$Z_1 s < \sigma < Z_2 s$$

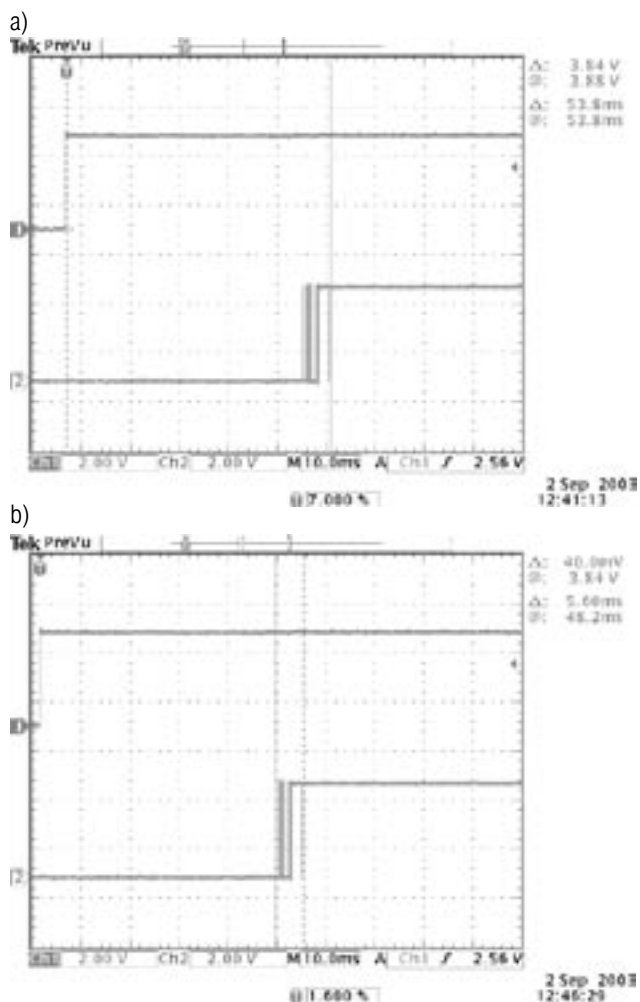
Wartość estymatora s błędu standardowego obliczono z zależności

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

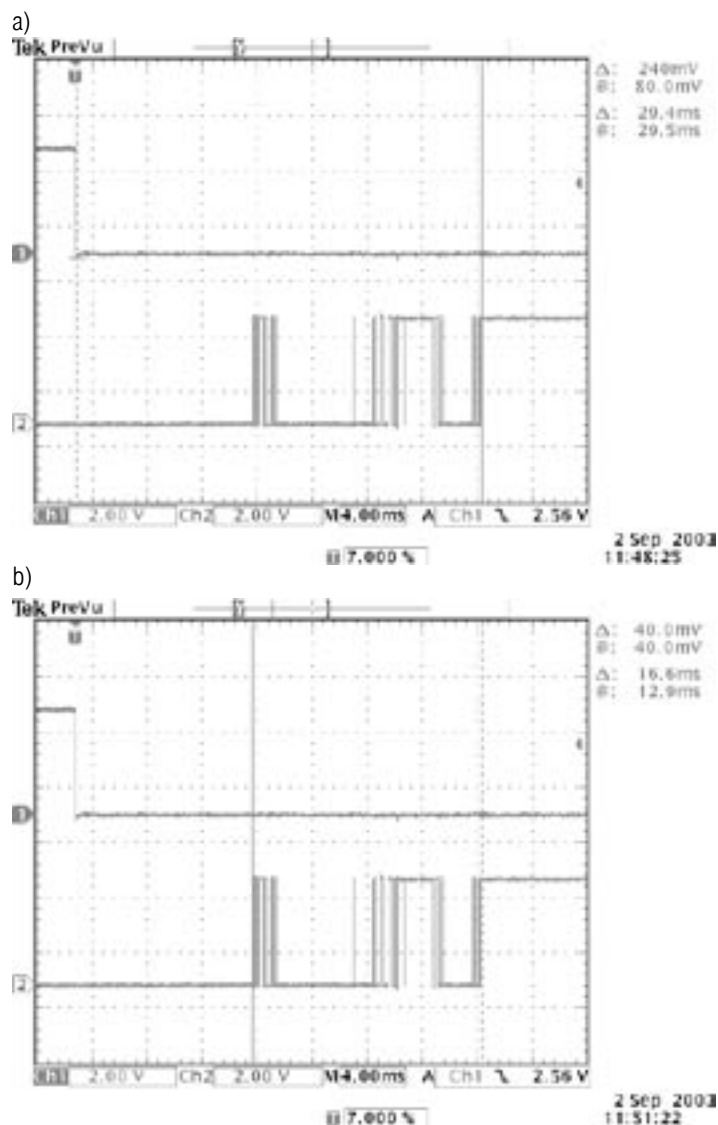
gdzie:

- s – estymator błędu standardowego,
- x_i – zmierzona wartość parametru czasowego,
- \bar{x} – średnia wartość parametru czasowego,
- i – numer pomiaru,
- n – liczba pomiarów.

Estymatorem średniej wartości parametru czasowego jest średnia arytmetyczna z wyników pomiarów określona jako:



Rys. 11. Oscylogramy pomiaru czasu wzbudzenia (a) i czasu trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzeniu (b) dla przekaźnika JRF51105



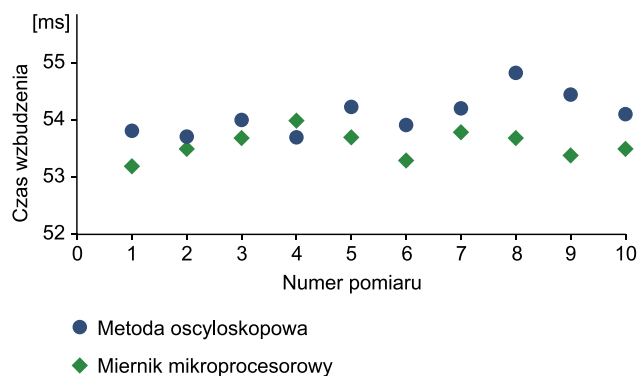
Rys. 12. Oscylogramy pomiaru czasu odwzbudzenia (a) i czasu trwania drgań zestyku rozwiernego przy odwzbudzeniu (b) dla przekaźnika JRF51105

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Wartości współczynników z_1 i z_2 wyznaczono na podstawie tablic rozkładu asymetrycznego, podanych w [5]. Dla prawdopodobieństwa $P = 0,99$ i liczby stopni swobody $k = n - 1 = 9$ współczynniki te wynoszą $z_1 = z_1(P; k) = z_1(0,99; 9) = 0,618$, $z_2 = z_2(0,99; 9) = 2,277$.

Wyniki uzyskane za pomocą miernika mikroprocesorowego są porównywalne z wynikami otrzymanymi przy użyciu oscyloskopu. Parametry czasowe nie są stałe, lecz podlegają pewnemu rozrzutowi. Dla wolnodziałającego przekaźnika JRB11129 wartości czasu wzbudzenia wynoszą od 785,0 do 795,5 ms przy pomiarze miernikiem oraz od 782 do 794,0 ms przy pomiarze za pomocą oscyloskopu. Wartości czasu trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzeniu zmieniają się – odpowiednio – od 54,2 do 63,0 ms i od 49,8 do 67,2 ms. Wartości czasu odwzbudzenia wynoszą 80,0 ÷ 85,4 ms i 74,0 ÷ 76,7 ms. Natomiast czasy trwania drgań zestyku rozwiernego przy odwzbudzeniu są rzędu 30,9 ÷ 34,9 ms i 25,4 ÷ 27,5 ms.

Dla szybko działającego przekaźnika JRF51105 wartości czasu wzbudzenia zawierają się w przedziałach od 53,2 do 54,0 ms i od 53,7 do 54,8 ms. Wartości czasu trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzeniu wynoszą 5,6 ÷ 6,9 ms i 5,9 ÷ 7,3 ms, warto-



Rys. 13. Wykresy czasu wzbudzenia przekaźnika JRF51105

ści czasu odwzbudzenia – 28,1 ÷ 28,9 i 29,5 ÷ 30,1 ms, a czasy trwania drgań zestyku rozwiernego przy odwzbudzeniu – 16,6 ÷ 17,6 ms i 17,8 ÷ 19,6 ms.

Na podstawie oceny przedziałowej błędów standardowych można stwierdzić, że przedziały ufności są w przybliżeniu jednokowe. Przedziały te są tak szerokie, gdyż liczba pomiarów jest bardzo mała.

Wyniki pomiarów parametrów czasowych przekaźnika JRB11129

Mierzony parametr czasowy	Czas wzbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzeniu [ms]		Czas odzwzudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku rozwiernego przy odzwzudzeniu [ms]	
	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC
Metoda pomiaru								
Nr pom.								
1.	785,0	785,0	54,8	59,6	80,0	76,2	34,9	27,5
2.	790,2	787,0	58,2	61,6	81,7	75,7	31,5	26,3
3.	795,5	790,0	61,6	63,6	85,6	75,7	31,3	26,7
4.	790,6	790,0	57,0	49,8	82,1	74,3	32,4	25,4
5.	789,0	786,0	63,0	64,2	82,1	76,7	31,0	27,1
6.	788,2	787,0	57,7	64,6	82,3	74,8	31,2	26,3
7.	791,7	794,0	54,4	67,2	85,5	74,1	31,1	25,6
8.	786,6	782,0	54,2	55,0	82,0	74,0	31,9	25,5
9.	790,9	783,0	55,9	56,2	85,4	75,8	30,9	27,3
10.	787,1	787,0	54,4	60,0	80,3	74,1	31,3	25,6
\bar{x}	789,5	787,3	57,3	60,2	82,7	75,1	31,8	26,3
s	3,00	3,54	3,10	5,26	2,08	0,99	1,19	0,79
σ	(1,85; 6,83)	(2,19; 8,06)	(1,92; 7,06)	(3,25; 11,98)	(1,24; 4,55)	(0,61; 2,25)	(0,74; 2,50)	(0,49; 1,80)

MM - miernik mikroprocesorowy, OSC – metoda oscyloskopowa

Tablica 2.

Wyniki pomiarów parametrów czasowych przekaźnika RK10814

Mierzony parametr czasowy	Czas wzbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku zwiernego przy wzbudzeniu [ms]		Czas odzwzudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku rozwiernego przy odzwzudzeniu [ms]	
	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC
Metoda pomiaru								
Nr pom.								
1.	189,9	188,0	10,6	10,4	65,0	68,2	30,1	35,4
2.	188,9	189,0	10,3	10,8	72,9	67,0	38,7	34,0
3.	187,1	191,0	13,0	7,6	82,5	62,8	43,1	30,2
4.	186,2	187,0	9,6	9,6	74,4	65,8	32,9	33,2
5.	185,5	187,0	11,7	10,8	65,3	60,0	41,0	27,4
6.	185,5	187,0	10,4	9,8	77,0	61,6	32,0	29,0
7.	185,7	186,0	12,4	10,8	70,9	75,0	36,1	41,8
8.	188,1	193,0	10,2	10,4	75,5	68,6	39,8	36,0
9.	187,2	193,0	9,2	11,0	70,0	70,8	29,4	37,6
10.	186,3	190,0	13,1	6,8	62,2	80,8	43,6	47,8
\bar{x}	187,04	189,1	11,05	9,8	71,57	68,06	36,67	35,24
s	1,51	2,56	1,40	1,45	6,21	6,31	5,32	6,13
σ	0,93; 3,44	1,58; 5,83	0,87; 3,19	0,90; 3,30	3,84; 14,14	3,90; 14,37	0,20; 12,11	3,80; 13,96

Podsumowanie

Budowa mikroprocesorowego miernika parametrów czasowych przekaźników jest oparta na mikrokontrolerze rodziny 51. Metoda pomiaru polega na zliczaniu wewnętrznych impulsów zegarowych doprowadzanych do wejścia licznika mikrokontrolera w czasie określonym sygnałami z zestyków badanego przekaźnika. Dzięki sprzętowemu odczytowi zawartości chwilowej licznika miernik ten odznacza się dużą dokładnością pomiaru. Zaletami miernika są programowanie i automatyzacja procesu pomiarowego oraz duży zakres pomiarowy, a także rejestracja wyników pomiarów i możliwość przesłania ich do komputera PC w celu dalszej obróbki statystycznej.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że wyniki pomiarów uzyskane za pomocą miernika i oscyloskopu są zbliżone,

a dokładność pomiaru za pomocą miernika jest nie gorsza niż dokładność pomiaru metodą oscyloskopową.

Miernik może być wykorzystany do kontroli jakości produkowanych przekaźników, badań sprawdzających i innych stosowanych w technice laboratoryjnej.



Literatura

- [1] Bartczak M., Nowak A.: *Urządzenie cyfrowe do pomiaru czasu zadziałania przekaźników*. Zgłoszenie patentowe P 352784, Politechnika Radomska 2002.
- [2] Bartczak M., Nowak A.: *Mikroprocesorowy miernik parametrów czasowych przekaźników*. II Krajowa Konferencja Elektroniki, Politechnika Koszalińska 2003.

Tabela 3.

Wyniki pomiarów parametrów czasowych przełącznika JRF51105

Mierzony parametr czasowy	Czas wzbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku zwrotnego przy wzbudzeniu [ms]		Czas odzwbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku rozwiernego przy odzwbudzeniu [ms]	
	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC
Metoda pomiaru								
Nr pom.								
1.	53,2	53,8	6,4	6,6	28,4	30,0	17,2	19,6
2.	53,5	53,7	6,7	6,9	28,1	30,0	17,1	19,2
3.	53,7	54,0	6,1	6,1	28,4	29,7	16,8	19,3
4.	54,0	53,7	6,8	5,9	28,6	30,1	16,6	18,9
5.	53,7	54,2	6,7	6,7	28,9	29,8	17,6	17,8
6.	53,3	53,9	5,6	6,1	28,5	30,0	17,6	19,4
7.	53,8	54,2	6,5	7,2	28,9	30,0	16,7	19,4
8.	53,7	54,8	6,9	7,3	28,4	29,6	17,2	18,2
9.	53,4	54,4	6,7	7,0	28,5	30,0	17,4	19,4
10.	53,5	54,1	6,7	6,7	28,6	29,5	17,5	18,3
\bar{x}	53,6	54,1	6,5	6,7	28,5	29,9	17,2	19,0
s	0,24	0,34	0,39	0,48	0,24	0,20	0,37	0,63
σ	(0,15; 0,55)	(0,21; 0,77)	(0,24 0,89)	(0,30; 1,09)	(0,15; 0,55)	(0,12; 0,23)	(0,23; 0,84)	(0,39; 1,43)

Tablica 4

Wyniki pomiarów parametrów czasowych przełącznika JRF32002

Mierzony parametr czasowy	Czas wzbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku zwrotnego przy wzbudzeniu [ms]		Czas odzwbudzenia [ms]		Czas trwania drgań zestyku rozwiernego przy odzwbudzeniu [ms]	
	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC	MM	OSC
Metoda pomiaru								
Nr pom.								
1.	18,2	18,0	4,3	4,6	41,0	45,4	31,3	31,6
2.	17,6	18,8	3,9	4,9	40,3	45,2	31,1	31,6
3.	18,1	17,3	4,0	4,1	40,8	44,8	30,7	32,0
4.	18,1	18,5	4,2	4,1	40,5	44,4	30,5	31,2
5.	18,0	18,0	4,4	4,0	40,5	44,8	29,7	31,0
6.	17,9	16,1	4,7	2,7	40,7	45,6	30,5	32,0
7.	17,7	17,4	4,0	4,0	40,7	44,2	30,7	31,8
8.	17,6	16,9	4,6	3,0	40,0	44,8	30,7	31,6
9.	17,8	18,2	4,6	4,1	40,5	45,0	31,1	30,8
10.	17,5	17,5	4,1	3,6	40,0	43,2	31,0	30,8
\bar{x}	17,85	17,67	4,28	3,91	40,5	44,74	30,73	31,44
s	0,246	0,800	0,286	0,664	0,327	0,687	0,452	0,460
σ	0,15; 0,56	0,49; 1,82	0,18; 0,65	0,41; 1,51	0,20; 0,75	0,43; 1,56	0,28; 1,03	0,28; 1,05

- [3] Bartczak M., Nowak A.: *Ocena dokładności mikroprocesorowego miernika parametrów czasowych przełączników*. VII Krajowa Konferencja Komputerowe Systemy Wspomagania Nauki, Przemysłu i Transportu TRANSCOMP; Transport 1(17) 2003, Politechnika Radomska 2003.
- [4] Jakubiak M., Lesiak P.: *Uniwersalny cyfrowy miernik parametrów czasowych przełączników kolejowych*. Automatyka Kolejowa 6/1983, s. 108-109.
- [5] Rumszyski L.: *Matematyczne opracowanie wyników eksperymentu*. Seria „Problemy i metody techniki”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.
- [6] Smirnow N. W., Dunin-Barkowski I. W.: *Krótki kurs statystyki matematycznej dla zastosowań technicznych*. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1966.
- [7] Sobczak W.: *Metody statystyczne w elektronice*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1971.
- [8] PN-93 E-88612 *Przełączniki energoelektryczne. Procedury badań i pomiarów elektromechanicznych przełączników pomocniczych*.

Autor

dr inż. Marek Bartczak – adiunkt Instytutu Automatyki i Telematyki Transportu Politechniki Radomskiej, zajmuje się problemami elektryfikacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym oraz informatyką stosowaną; szczególnie interesują go badania cech bezpieczeństwa i ocena bezpieczeństwa tych urządzeń
e-mail: marbart@poczta.onet.pl