

WŁODZIMIERZ KULESZA
RYSZARD RYBSKI

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZNEJ

System pomiarowo-diagnostyczny do badania parametrów przekaźników elektromagnetycznych

Streszczenie

W artykule przedstawiono budowę i możliwości pomiarowe systemu pomiarowo – diagnostycznego dedykowanego do badania podstawowych parametrów elektrycznych i czasowych przekaźników elektromagnetycznych z cewką na prąd stały i liczbą zestyków od 1 do 4 (przełącznych, zwiernych lub rozwiernych). System został wdrożony u producenta przekaźników RELPOL S.A. w Żarach i jest stosowany do badań kontrolnych przekaźników.

Abstract

In the paper, design concept and measurements possibility of diagnostic-measurement system for electromagnetic relays is described. This system is dedicated for relays with DC coil, number of switches from 1 to 4 forms A, B or C. The system is full automatic and allows to make in few seconds basics parameters measurements of relays: operating and no operating voltages, coil resistance, switch resistance, times parameters. System was implemented and is in use in factory RELPOL S.A..

WSTĘP

Pomimo coraz częściej stosowanych półprzewodnikowych elementów przełączających przekaźniki elektromagnetyczne nadal są szeroko stosowane w wielu obszarach techniki i przemysłu. Znane zalety przekaźników elektromechanicznych sprawiają, że w pewnych grupach, nowo opracowywanych wyrobów jak i już produkowanych lub eksploatowanych, ich zastąpienie przez elementy półprzewodnikowe nie jest celowe ze względów technicznych oraz ekonomicznych. Równocześnie utrzymująca się na rynku przekaźników silna konkurencja, w połączeniu z wdrażaniem systemów zapewnienia jakości, wymusza na producentach kontrolę parametrów swoich wyrobów w procesie produkcji jak również pełną kontrolę wszystkich gotowych wyrobów. Zwiększenie przepustowości stanowisk pomiarowo - kontrolnych wykorzystywanych w kolejnych etapach produkcji, a tym samym zmniejszenie kosztów produkcji, wiąże się z całkowitą automatyzacją procesu kontroli parametrów wytwarzanych wyrobów. Przykładem rozwiązania takiego problemu w odniesieniu do procesu produkcji przekaźników elektromagnetycznych w firmie RELPOL S.A. w Żarach jest opracowany, wykonany i

wdrożony przez autorów komputerowy system pomiarowo – diagnostyczny stanowiący przedmiot niniejszego referatu.

PARAMETRY METROLOGICZNE

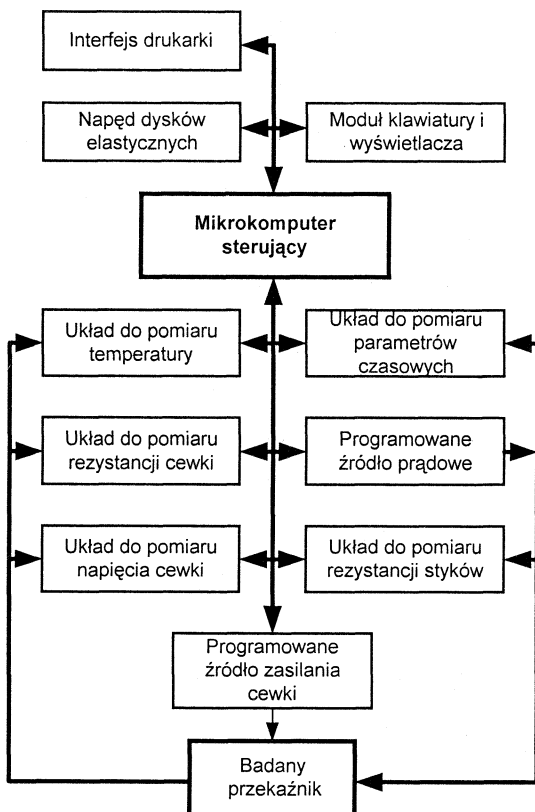
Zakresy pomiarowe, dokładność oraz warunki pomiaru poszczególnych parametrów badanych przekaźników wynikają z odpowiednich norm i zaleceń, które powinien spełniać gotowy wyrób jak i poszczególne jego podzespoły. Poniżej wyszczególniono podstawowe parametry metrologiczne opracowanego systemu o roboczej nazwie RELTEST DC4:

- pomiar rezystancji cewki:
zakres pomiarowy - $10\Omega \div 40000\Omega$,
graniczny błąd pomiaru - $\pm 1\%$ mierzonej wartości;
- pomiar rezystancji przejścia zestyków:
częstotliwość pomiarowa - 2000Hz,
zakresy pomiarowe i graniczny błąd pomiaru:
 $5m\Omega \div 999m\Omega$ (0.1A lub 1A) - $\pm 2.5\%$
 $5m\Omega \div 999m\Omega$ (0.01A) - $\pm 5\%$;
- pomiar spadku napięcia na cewce:
zakres pomiarowy - $5V \div 275V$,
graniczny błąd pomiaru - $\pm 1\%$ mierzonej wartości;
- pomiar czasów załączania i wyłączenia:
zakres pomiarowy - $0ms \div 100ms$,
graniczny błąd pomiaru - $\pm 0.1ms$;
- pomiar liczby odbić:
zakres $0 \div 1000$,
graniczny błąd pomiaru - 0 (przy pominięciu impulsów krótszych niż $10\mu s$);
- pomiar temperatury cewki:
zakres pomiarowy - $10^{\circ}C \div 50^{\circ}C$,
graniczny błąd pomiaru - $\pm 0.2^{\circ}C$;

OPIS KONSTRUKCJI SYSTEMU

Struktura systemu

System pomiarowy RELTEST DC4 posiada konstrukcję modułową, strukturę systemu przedstawia rys. 1. Podstawowym blokiem funkcyjnym pełniącym rolę sterownika oraz jednostki obliczeniowej pełni mikrokomputer typu PC. Sprzętowy interfejs użytkownika składa się z wyświetlacza i klawiatury. Wyświetlacz alfanumeryczny typu LCD o organizacji 2 wiersze po 40 znaków służy do wyświetlania komunikatów sytemu i zmierzonych parametrów. Klawiatura składająca się z części numerycznej i funkcyjnej służy do programowania i sterowania pracą urządzenia. Sterownik posiada wbudowany napęd dysków elastycznych, za pomocą którego można przesyłać dane programujące i wyniki pomiarów między systemem RELTEST DC4 a innym komputerem (np. w celu archiwizacji lub dodatkowej analizy danych pomiarowych). Sterownik posiada także interfejs do podłączenia drukarki, na której można wydrukować raport z przeprowadzonych badań oraz protokół pomiarów. Konstrukcja pozostałych bloków wykonawczych związanych z pomiarami podyktowana została koniecznością zgodności z normami [1] lub zaleceniami użytkownika.



Rys. 1. Schemat strukturalny systemu RELTEST DC4

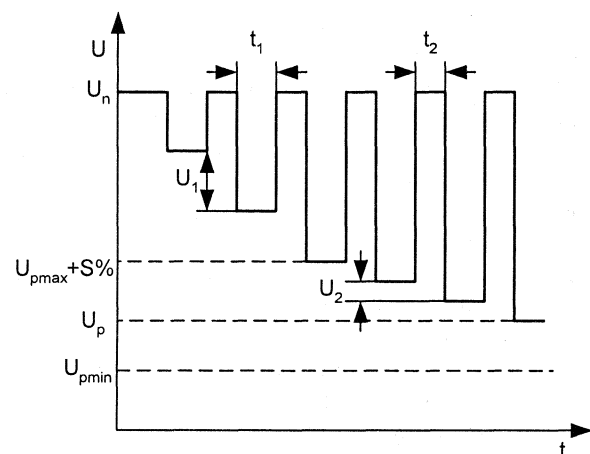
Pomiar rezystancji cewki

Pomiar rezystancji cewki badanego przełącznika jest realizowany jako pierwszy z pomiarów parametrów przełącznika, by nie doprowadzić do nagrzania się cewki

przełącznika. Pomiar jest wykonywany metodą techniczną z wykorzystaniem układu do pomiaru napięcia cewki, stosowanego także do pomiaru napięć zadziałania i powrotu przełącznika. Pomiar prądu płynącego przez cewkę jest realizowany poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze wzorcowym włączonym szeregowo z cewką przełącznika. Układy do pomiaru napięcia i prądu posiadają kilka podzakresów, dzięki czemu pomiar może być zrealizowany z odpowiednią dokładnością. Ponieważ przełączniki w różnych wariantach wykonania mogą zawierać w obwodzie cewki diodę gaszącą lub diodę sygnalizacyjną LED, jest konieczna możliwość dowolnej polaryzacji napięcia cewki, co umożliwia także zbadania sprawności dołączonych elementów diodowych. Rezystancja cewki może być mierzona w temperaturze różnej od temperatury odniesienia (20°C), dlatego jako wynik pomiaru jest podawana wartość rezystancji zmierzona oraz wartość odniesiona do temperatury znamionowej, obliczona na podstawie temperatury cewki i współczynnika temperaturowego miedzi. Pomiar rezystancji cewki odbywa się przy napięciu wielokrotnie niższym niż napięcie zadziałania, by nie powodować w najmniejszym stopniu ruchu zwory przełącznika, co mogłoby wpłynąć na pomiar rezystancji przejścia zestyków.

Źródło zasilania cewki

Źródło zasilania cewki przełącznika jest zbudowane w oparciu o stabilizator szeregowy prądu stałego o napięciu wyjściowym programowanym w zakresie od 0 do 275V. Czasy ustalania napięcia wyjściowego są odpowiednio małe, by móc zadawać na cewce napięcie o określonym kształcie, wymaganym przy pomiarach napięć zadziałania lub powrotu. Pomiarzy tych parametrów mogą być wykonywane na sześć różnych sposobów, przykładowy przebieg napięcia cewki przy pomiarze napięcia powrotu U_p przedstawiono na rys. 2. Parametry napięć i czasów trwania impulsów sterujących są programowane przez użytkownika systemu.

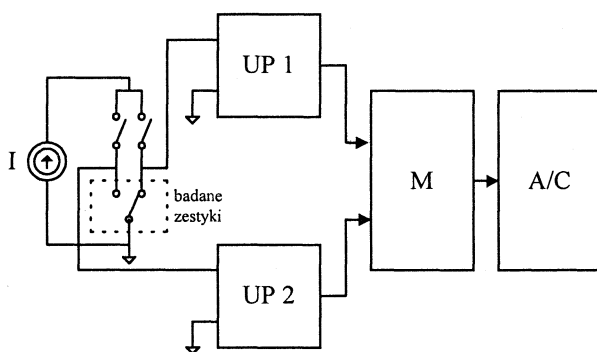


Rys. 2. Wykres napięcia zasilania cewki podczas pomiaru napięcia powrotu. Parametry U_1 , U_2 , t_1 , t_2 , U_p , U_{pmax} , U_{pmin} oraz $S\%$ określają warunki pomiaru (są definiowane przez użytkownika)

Szeregowo w obwód cewki przekaźnika jest włączony klucz elektroniczny do włączania i wyłączania przekaźnika podczas pomiarów rezystancji przejścia zestyków i parametrów czasowych. Siła elektromotoryczna samoindukcji indukowana w czasie rozłączania przekaźnika może osiągać znaczne wartości rzędu kilkuset woltów, które mogą powodować uszkodzenie zasilacza lub elementów sterujących. Zwykle do eliminacji tego niebezpieczeństwa stosuje się tzw. diodę gaszącą dołączoną równolegle do cewki przy spolaryzowaniu w kierunku zaporowym. Niestety, zastosowanie diody gaszącej powoduje zmianę warunków pracy przekaźnika przy rozłączeniu – wzrasta czas powrotu oraz warunki pracy zestyku rozwiernego, dlatego było konieczne wyeliminowanie diody gaszącej i zastosowanie konstrukcji źródła zasilania i kluczowania cewki odpornego na wysokonapięciowe impulsy.

Układ do pomiaru rezystancji przejścia zestyków

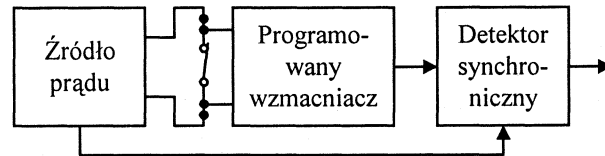
Pomiar rezystancji (dokładniej pomiar modułu impedancji, ale termin *rezystancja* jest stosowany w celu zachowania zgodności z normą [1]) zestyków wykonywany jest metodą techniczną w układzie czterozaciskowym. Układ umożliwia równoczesny pomiar rezystancji przejścia czterech zestyków przełącznych przekaźnika. Pełny układ składa się z czterech identycznych kanałów. Schemat blokowy pojedynczego kanału przedstawiono na rys.3. Prąd płynący przez zestyki wymuszony jest przez źródło prądowe I. W układzie wykorzystywane są, w zależności od przyjętych warunków badań, dwa źródła prądowe o następujących parametrach: wartość skuteczna natężenia prądu 1A lub 0.1A, przy napięciu kompliance 24V oraz 10mA i napięciu kompliance 10mV lub 100mV. Częstotliwość prądu obydwu źródeł wynosi 2000Hz zgodnie z zaleceniami [1].



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru rezystancji przejścia zestyków

Spadek napięcia na impedancji każdego z zestyków jest odpowiednio przetwarzany (układy UP 1, UP 2) i poprzez multiplexer M oraz przetwornik A/C doprowadzony do komputera sterującego pracą systemu. Szeroki zakres pomiarowy ($5\text{m}\Omega \div 999\text{m}\Omega$) i konieczność prowadzenia pomiarów przy trzech różnych wartościach natężenia prądu (0.01, 0.1 i 1A) powoduje, że spadek napięcia na impedancji zestyku może przyjmować wartości z

przedziału $50\mu\text{V} \div 1\text{V}$. W celu osiągnięcia wymaganej dokładności pomiaru w pełnym zakresie pomiarowym zastosowano w układzie przetwarzającym programowany wzmacniacz pomiarowy oraz zsynchronizowany ze źródłem prądu detektor synchroniczny (rys.4.).



Rys. 4. Uproszczony schemat blokowy układu przetwarzającego spadek napięcia na impedancji zestyku

Przyjęcie przedstawionego rozwiązania pozwoliło osiągnąć w torze przetwarzania napięcia taką wartość stosunku sygnału do szumu, która zapewniła realizację pomiarów rezystancji przejścia zestyków z założoną dokładnością. Bardzo dużą trudność w realizacji pomiaru rezystancji przejścia zestyków sprawiła konstrukcja mechaniczna sondy pomiarowej – małe wymiary podstawki przekaźnika i wymóg łatwej wymienności przekaźnika spowodowały konieczność budowy specjalizowanej podstawki pomiarowej o napędzie pneumatycznym.

Pomiar parametrów czasowych

Układ do pomiaru parametrów czasowych umożliwia wykonanie pomiaru czasu zadziałania i powrotu. Jest zbudowany w oparciu o pamięć statyczną typu RAM, do której wpisywane są próbki napięć ze wszystkich zestyków badanego przekaźnika. Częstotliwość próbkowania wynosi 200 kHz, co umożliwia pomiary czasu z rozdzielczością 5 μs . Pomiary parametrów czasowych wykonywane są na podstawie programowej analizy danych zapisanych w pamięci próbek napięcia na stykach badanego przekaźnika. Taki sposób pomiaru parametrów czasowych umożliwia także stosowanie tego układu do pomiaru czasu trwania i liczby odbić zestyków przy załączaniu i rozłączaniu przekaźnika. Pomiary parametrów czasowych przekaźników wielozestykowych odbywają się jednocześnie dla wszystkich zestyków.

Elementy przełączające

W czasie wykonywania pomiarów zachodzi konieczność odpowiedniego łączenia poszczególnych bloków funkcyjnych systemu pomiarowego. Ponieważ większość przełączanych sygnałów ma charakter prądu zmiennego, w niektórych przypadkach o dużym natężeniu, dlatego nie można było zastosować typowych półprzewodnikowych kluczy analogowych. Innym aspektem jest konieczność bardzo częstego przełączania sygnałów. Ze względu na trwałość urządzenia oraz wymagania dotyczące czasów przełączania nie można było zastosować klasycznych przekaźników elektromagnetycznych lub kontaktronowych. Rozwiązanie problemów związanych z przełączaniem umożliwiły nowoczesne przekaźniki półprzewodnikowe – elementy

OptoMOS[®] firmy Clare. Właściwości elektryczne i czasowe tych elementów pozwoliły na funkcjonalne użycie tych elementów zamiast przekaźników.

Pomiar temperatury

System RELTEST DC 4 umożliwia pomiar temperatury, w jakiej znajduje się badany przekaźnik (układ do pomiaru temperatury – rys. 1). Zmierzona wartość temperatury służy do obliczenia rezystancji cewki badanego przekaźnika odniesionej do temperatury znamionowej 20°C oraz do kontroli temperatury w czasie wykonywania pomiarów. Czujnikiem temperatury jest termorezystancyjny czujnik platynowy typu PT1000. Pomiar rezystancji czujnika jest realizowany w układzie czterozaciskowym. Prąd pomiarowy jest wytwarzany przez źródło prądowe o dużej stabilności. Ponieważ czujnik musi znajdować się blisko badanego przekaźnika, jest on dołączony do systemu za pośrednictwem elastycznego przewodu i złącza wielostykowego.

Testowanie systemu

Ważnym aspektem konstrukcji złożonego systemu pomiarowego jest zapewnienie wiarygodności poprawnego działania systemu. Jako uzupełnienie systemu skonstruowano przystawkę, która po podłączeniu do systemu w miejscu badanego przekaźnika umożliwia wykonanie autodiagnostyki urządzenia. Po uruchomieniu specjalnej procedury istnieje możliwość sprawdzenia wartości generowanych napięć, oceny błędu pomiaru napięć, oceny błędu pomiaru rezystancji cewki, oceny błędu pomiaru rezystancji przejścia zestyków, oceny błędu pomiaru temperatury (w oparciu o pomiar rezystora kontrolnego). Pomiar sprawdzający urządzenia wykazały znacznie lepsze właściwości metrologiczne niż wynikające z oszacowania niepewności pomiarów.

Wykonywanie pomiarów

Pomiary parametrów przekaźników mogą być realizowane w cyklu automatycznym lub ręcznym. Poprzez odpowiednie zaprogramowanie urządzenia można ustalać rodzaj wykonywanych pomiarów i liczbę powtórzeń. Programowanie odbywa się przy wykorzystaniu klawiatury i wyświetlacza urządzenia lub wczytując z dyskietki plik konfiguracyjny przygotowany w środowisku okienkowym w bardzo przyjazny dla użytkownika sposób. System umożliwia także wykonywanie pomiarów skróconych, których wynikiem jest szybka ocena jakościowa parametrów typu „dobry – zły”. Parametry charakterystyczne wszystkich badanych typów przekaźników są przechowywane w pamięci systemu i można je szybko przywołać przy rozpoczęciu badań. System jest przygotowany do sprawdzania przekaźników o czterech zestykach przełącznych, ale poprzez bardzo elastyczne skonfigurowanie systemu umożliwia pomiary

przekaźników z mniejszą liczbą zestyków, jak również typu zwiernego lub rozwiernego. Użytkownik może zaprogramować dowolną liczbę powtórzeń pomiarów poszczególnych parametrów, cykl pomiarów może obejmować wszystkie mierzone lub tylko wybrane parametry.

Analiza statystyczna

Pomiary są wykonywane dla próbek przekaźników pobranych z badanej partii produkcyjnej zgodnie z normami [2]. Na podstawie liczby przekaźników w partii system ustala liczbę próbek przekaźników dla założonego poziomu ufności. Po wykonanej serii pomiarów system pomiarowo-diagnostyczny tworzy raport z badań, zawierający informacje o typie badanego przekaźnika, jego parametrach znamionowych i granicznych, wyniki kolejnych pomiarów, wartości średnie i odchylenie standardowe. Raport zawiera także ocenę, czy liczba parametrów odbiegających wartością od wartości granicznych nie przekracza dopuszczalnej dla badanej partii. Raport może być wydrukowany na dołączonej do systemu drukarce lub zapisany w pliku dyskowym w formacie tekstowym, umożliwiającym dalszą obróbkę danych.

PODSUMOWANIE

Opracowany system pomiarowo – diagnostyczny jest przykładem złożonego urządzenia przeznaczonego do badania pozornie prostego obiektu, jakim jest przekaźnik elektromagnetyczny. Liczba różnych parametrów elektrycznych i nieelektrycznych koniecznych dla określenia właściwości przekaźnika w różnych warunkach wynosi kilkadziesiąt. Automatyzacja i możliwość programowania pomiarów umożliwiają kompletne wykonanie pomiarów przekaźnika w czasie kilkunastu sekund, jeśli sprawdzana jest poprawność działania przekaźnika, lub kilkudziesięciu sekund w przypadku pomiarów większości najważniejszych parametrów. Urządzenie od kilku lat jest stosowane do pomiarów sprawdzających przez producenta przekaźników firmę RELPOL S.A. w Żarach.

LITERATURA

1. Polska Norma PN-93/E-88612: *Przekaźniki energoelektryczne. Procedury badań i pomiarów elektromechanicznych przekaźników pomocniczych.*
2. Polska Norma PN-EN 60255-23: *Przekaźniki energoelektryczne. Działanie zestyków.*

Artykuł recenzowany.