

Grzegorz NIESYTO

MIKROPROCESOROWY SYSTEM DO OBRÓBKİ WYNIKÓW SPRAWDZANIA WZORCA GRUPOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono system mikroprocesorowy sprzęgnięty z komparatorem transformatorowym służącym do sprawdzania wzorców grupowych indukcyjności i pojemności. Do budowy systemu wykorzystano modułarny mikrokomputer MISTER Z80 produkcji ZEG Tychy zbudowany w oparciu o mikroprocesor Z80. Zadaniem systemu jest gromadzenie i przetwarzanie danych pomiarowych pochodzących z komparatora transformatorowego oraz sporządzanie protokołów sprawdzania wzorca grupowego.

Istotnym składnikiem systemu jest oprogramowanie wyspecjalizowane na zadania specyficzne dla użytkownika wzorca grupowego. Oprogramowanie to umożliwia m.in.: wyznaczanie wartości grupowej, obliczanie estymatorów wartości elementów składowych wzorca oraz śledzenie zmian poszczególnych parametrów wzorca w kolejnych pomiarach.

1. Wstęp

Jednym z problemów użytkowania wzorców o najwyższych dokładnościach (etalonów) jest niestabilność długoterminowa wartości odtwarzanej. Jeżeli założyć się, że zmiany tej wartości w funkcji czasu mają charakter losowy i podlegają rozkładowi symetrycznemu względem wartości oczekiwanej, to polepszenie odtwarzalności uzyska się przez zastosowanie tzw. wzorca grupowego. Wzorcem grupowym nazywa się grupę wzorców danej wielkości o jednakowej wartości nominalnej, służących wspólnie do odtwarzania wartości wzorcowej. Podstawowym parametrem wzorca grupowego jest wartość grupowa. Jest ona równa średniej arytmetycznej danego parametru wzorców wchodzących w skład wzorca grupowego [2].

Użytkowanie wzorca grupowego wymaga przeprowadzenia okresowych pomiarów w obrębie wzorca, tzw. interkomparacji. Polegają one na pomiarze różnic pomiędzy wartościami wzorców składowych. Pomiarów te umożliwiają wyznaczenie estymatorów wartości wzorców składowych, w oparciu o wartość grupową. Wzorec grupowy jest w tym wypadku wzorcem nadrzędnym o niezmiennych wartości grupowej. Interkomparacje służą do uaktualnienia wartości wzorców składowych. Natomiast samą wartość grupową wzorca grupowego wyznacza się w oparciu o absolutne etalony liczebne.

W artykule omówiono system mikroprocesorowy przeznaczony do współpracy

z komparatorem transformatorowym, służącym do przeprowadzania interkomparacji dla czteroelementowego wzorca grupowego indukcyjności własnej. Przedstawiono procedury obliczeń dla wzorca czteroelementowego oraz scharakteryzowano podstawowe funkcje realizowane przez program.

2. Procedury obróbki wyników

Stosowanie wzorca grupowego wymaga przeprowadzenia czynności pomiarowych, które można podzielić na dwie grupy:

- 1) wyznaczenie początkowej wartości grupowej:
 - a) wzorcowanie jednego z elementów składowych wzorca grupowego w oparciu o etalon zewnętrzny,
 - b) wykonanie interkomparacji,
 - c) wyznaczenie wartości grupowej,
- 2) wyznaczenie wartości wzorców składowych:
 - a) wykonanie interkomparacji,
 - b) wyznaczenie wartości odtwarzanych przez wzorce składowe na podstawie znajomości wartości grupowej.

Wyznaczanie nowej wartości grupowej wykonuje się co kilka lat. Przyjmuje się, że w międzyczasie wartość ta nie ulega zmianie. Natomiast wartości wzorców składowych wyznacza się co kilka miesięcy. Każdy z wzorców składowych może być następnie użytkowany, jako etalon nadrzędny w innych pomiarach.

Procedury obliczania wyników pomiaru wzorca grupowego zostały wyznaczone w oparciu o prace [2]. W niniejszym artykule przedstawiono procedury dla wzorca czteroelementowego.

W dalszych rozważaniach przyjmuje się następujące oznaczenia:

- m - liczba elementów wzorca,
- n - liczba interkomparacji,
- a_k - wartość k-tego elementu,
- \hat{a}_k - estymator wartości k-tego elementu,
- A - wartość grupowa wzorca,
- d - i-ty wynik porównania,
- h - j-ta reszta oznaczona.

Zakłada się ponadto, że wagi poszczególnych elementów są równe i wynoszą $\frac{1}{m}$

Pomiary w obrębie wzorca grupowego polegają na przeprowadzaniu interkomparacji, czyli pomiarze różnic wartości wielkości odtwarzanej pomiędzy poszczególnymi wzorcami składowymi (na zasadzie każdy z każdym). Dla wzorca składającego się z $m=4$ elementów można wykonać $n=6$ interkomparacji:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= a_1 - a_2, \\
 d_2 &= a_1 - a_3, \\
 d_3 &= a_1 - a_4, \\
 d_4 &= a_2 - a_3, \\
 d_5 &= a_2 - a_4, \\
 d_6 &= a_3 - a_4.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Wartości d_1, \dots, d_6 są obarczone błędami, w związku z tym celowe jest użycie wszystkich równań (1) celem wyznaczenia estymatorów wartości elementów składowych wzorca grupowego oznaczonych przez $\hat{a}_1, \dots, \hat{a}_4$. Estymatory te podstawione do równań (1) dają wartości różniące się od rzeczywistych wyników porównań, co można wyrazić w postaci układu równań:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= d_1 - (\hat{a}_1 - \hat{a}_2), \\
 h_2 &= d_2 - (\hat{a}_1 - \hat{a}_3), \\
 h_3 &= d_3 - (\hat{a}_1 - \hat{a}_4), \\
 h_4 &= d_4 - (\hat{a}_2 - \hat{a}_3), \\
 h_5 &= d_5 - (\hat{a}_2 - \hat{a}_4), \\
 h_6 &= d_6 - (\hat{a}_3 - \hat{a}_4).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Ponadto dla wartości grupowej zachodzi:

$$h_7 = 4A - (\hat{a}_1 + \hat{a}_2 + \hat{a}_3 + \hat{a}_4).
 \tag{3}$$

Estymatory \hat{a}_k są tak wyznaczone, aby suma kwadratów reszt h_1, \dots, h_7 była jak najmniejsza, tzn. zachodzi:

$$\sum_{i=1}^{n+1} h_i^2 = \min,
 \tag{4}$$

co oznacza, że pochodne cząstkowe względem wartości kolejnych elementów powinny być równe zero:

$$\frac{\partial \left[\sum_{i=1}^{n+1} h_i^2 \right]}{\partial \hat{a}_k} = 0, \quad \text{dla } i=1, \dots, n+1.
 \tag{5}$$

Stąd otrzymuje się:

$$\hat{a}_1 = A + \frac{1}{4} (d_1 + d_2 + d_3) ,$$

$$\hat{a}_2 = A + \frac{1}{4} (-d_1 + d_4 + d_5) ,$$

$$\hat{d}_3 = A + \frac{1}{4} (-d_2 - d_4 + d_6) ,$$

$$\hat{a}_4 = A + \frac{1}{4} (-d_3 - d_5 - d_6) .$$

(6)

Wartość grupową można wyznaczyć, gdy wartość jednego z elementów (zwykle a_1) zostaje określona poprzez porównanie z zewnętrznym etalonem odniesienia. Otrzymuje się wówczas:

$$A = a_1 - \frac{1}{4} (d_1 + d_2 + d_3) .$$

(7)

3. System mikroprocesorowy

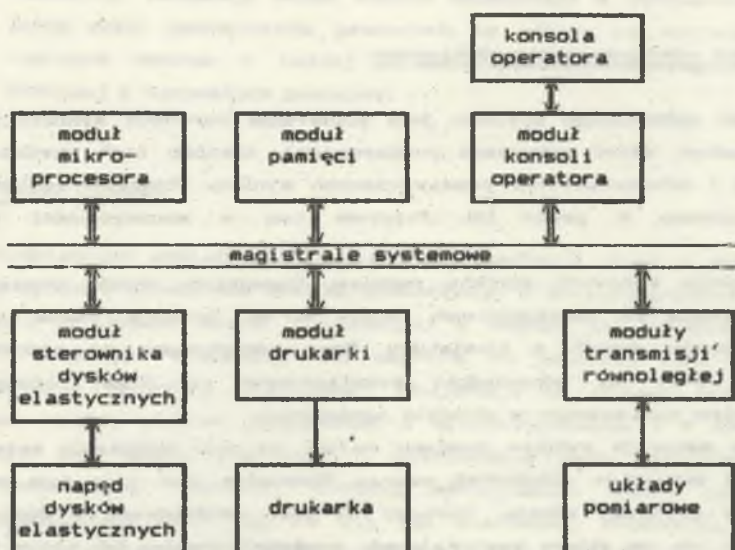
Opracowany system mikroprocesorowy ma na celu uproszczenie użytkowania wzorca grupowego przez wyeliminowanie czynności związanych z gromadzeniem i obróbką surowych wyników pomiaru. Zmniejsza to prawdopodobieństwo pomyłki, co przy pomiarach o najwyższych dokładnościach ma duże znaczenie. Należy zaznaczyć, że omawiany system mikroprocesorowy służy jedynie do wprowadzania i obróbki wyników pomiaru, natomiast sam pomiar jest wykonywany ręcznie (bez udziału systemu).

Do zadań systemu należą:

- a) gromadzenie wyników interkomparacji,
- b) obliczanie:
 - estymatora nowej wartości grupowej,
 - estymatorów wartości elementów składowych wzorca,
- c) zapamiętywanie na dysku wyników pomiaru,
- d) wydruk protokołu sprawdzania wzorca grupowego,
- e) określenie tendencji zmian poszczególnych parametrów wzorca.

Schemat blokowy systemu przedstawiono na rys.1. Jest to mikrokomputer wyposażony w napęd dysków elastycznych oraz drukarkę. Zastosowanie dysków elastycznych umożliwia łatwe gromadzenie danych pomiarowych. Na podstawie zgromadzonych danych możliwe jest przesledzenie zmian parametrów wzorców składowych w kolejnych pomiarach. Niezbędne jest również przechowywanie wartości grupowej, która jest wymagana do obliczeń po każdej interkomparacji. Drukarka służy do drukowania protokołów pomiaru. Do komunikacji mikrokomputera z układami pomiarowymi (komparatorem transformatorowym i mos-

tkiem L-C) zastosowano odpowiednie układy we-wy. Są to moduły transmisji równoległej. Za pośrednictwem tych modułów system odczytuje stan nastaw poszczególnych dekad układów pomiarowych.



Rys.1. Schemat blokowy systemu mikroprocesorowego
Fig.1. Block - diagram of the microprocessor based measurement system

Omawiany system jest zastosowany do współpracy z dwoma układami pomiarowymi - komparatorem transformatorowym i mostkiem do pomiaru pojemności. Ze względu na fakt, że oba te układy mają odmiennie zorganizowane kodowanie nastaw przełączników, okazało się konieczne zaprojektowanie dwóch modułów transmisji równoległej [3]. Mostek do pomiaru pojemności ma wyprowadzone dane w ten sposób, że stan każdej dekad jest reprezentowany przez 4 bity danych (w kodzie BCD). Ponieważ mostek posiada 19 przełączników, odpowiedni układ we-wy jest czterokrotnym multiplekserem o 19 wejściach i jednym wyjściu. Mostek transformatorowy posiada wydzielone przełączniki do odczytu nastaw. Wszystkie odczepy o jednakowych numerach poszczególnych przełączników są zwarte i wyprowadzone na złącze układu we-wy. Ślizgacze przełączników są również wyprowadzone na to złącze. W układzie we-wy odczepy przełączników są poprzez rezystory podłączone do zasilania. Stan tych odczepów jest odczytywany przez bufor układu we-wy, natomiast stan ślizgaczy jest wymuszany przez rejestr wyjściowy tego układu. Wybór przełącznika, który jest aktualnie odczytywany następuje przez podanie na jego ślizgacz stanu niskiego (na pozostałych ślizgaczach

musi występować stan wysoki). Jest to tzw. przeszukiwanie stanu dekad. Szczegółowe informacje na temat omawianych układów we-wy można znaleźć w pracy [3].

4. Własności oprogramowania użytkowego

Zadaniem opisywanego systemu jest pobieranie surowych wyników pomiarów (odczyt nastaw dekad przyrządu pomiarowego), obróbka tych wyników, zapamiętywanie i dokumentowanie przetworzonych wyników. Program realizujący te zadania opisano w pracy [3]. Program ten w szczególności realizuje zadania:

1. Gromadzenie surowych wyników pomiaru. Zasadniczo wyniki pomiarowe są przekazywane za pośrednictwem układu we-wy, istnieje jednak możliwość wprowadzania danych z klawiatury. Dane odczytywane za pośrednictwem układu we-wy są odpowiednio przetwarzane na liczby odpowiadające wartościom nastawionym w układzie pomiarowym.
2. Obróbka surowych wyników pomiaru mająca na celu obliczenia estymatorów wartości elementów składowych wzorca. Niezbędna jest przy tym znajomość wartości grupowej wzorca. Wartość ta jest odczytywana z dysku, jeżeli na dysku nie ma zbioru zawierającego wartość grupową lub zbiór ten jest pusty, to system żąda dokładnej wartości wzorca nr 1. Wartość ta musi być określona przez porównanie z etalonem zewnętrznym i służy do wyznaczenia wartości grupowej wg zależności (7), a następnie jest zapisywana na dysk. Obliczenie estymatorów wartości elementów składowych wzorca zgodnie z wyrażeniem (6) następuje na podstawie wartości grupowej obliczonej lub odczytanej z dysku.
3. Zapamiętywanie wyników pomiaru na dysku. Wyniki pomiarów są zapamiętywane na dysku w formie rekordów, gdzie każdy rekord reprezentuje pojedynczą serię pomiarową. W skład rekordu wchodzi:
 - data,
 - temperatura,
 - estymatory wartości odtwarzanej elementów składowych wzorca,
 - estymator wartości grupowej wielkości odtwarzanej wzorca.
4. Wydruk protokołu pomiaru. W protokole pomiaru są drukowane następujące dane:
 - data,
 - temperatura,
 - surowe wyniki pomiaru,
 - estymatory wartości odtwarzanej elementów składowych wzorca,
 - estymator wartości grupowej wielkości odtwarzanej wzorca.
5. Określenie tendencji zmian parametrów wzorca. Funkcja ta umożliwia przesledzenie zmian poszczególnych parametrów wzorca grupowego w

kolejnych pomiarach. Istnieją tu dwie opcje:

- określenie różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi w pewnej serii pomiarowej a wynikami serii bezpośrednio ją poprzedzającej,
- określenie tendencji zmian wzorca składowego z uwzględnieniem wszystkich serii pomiarowych, procedura ta polega na wyznaczeniu różnic wartości wzorca w każdej z serii pomiarowych względem wartości średniej z wszystkich pomiarów.

5. Uwagi końcowe

Przedstawiony system mikroprocesorowy realizuje jedno z możliwych rozwiązań sposobu sprzężenia mostka pomiarowego z mikrokomputerem. Ze względu na fakt, że liczba danych przesłanych z mostka do mikrokomputera jest mała, a szybkość transmisji nie odgrywa tu istotnej roli, możliwe jest zastosowanie transmisji szeregowej. Transmisja ta wymaga mniejszej liczby połączeń między układem pomiarowym a mikrokomputerem i w związku z tym mniejsza jest liczba przewodów i sterowników linii. Zastosowanie transmisji szeregowej umożliwia ponadto sprzęgnięcie układu pomiarowego z mikrokomputerami klasy IBM PC bez ich dodatkowej rozbudowy, ponieważ są one z reguły wyposażone w układ transmisji szeregowej.

Z zastosowaniem transmisji wiąże się konieczność wyposażenia układu pomiarowego w odpowiedni moduł, którego zadaniem jest odczyt nastaw poszczególnych przełączników i organizacja transmisji danych w postaci szeregowej.

LITERATURA

- [1] Dudziewicz J. (red): Etalony i pomiary wzorcowe wielkości elektrycznych. WKiŁ, Warszawa 1983.
- [2] Klarnier-Sniadowska M.: Metoda pomiarów etalonów grupowych zastosowana do odtwarzania jednostki indukcyjności. Materiały konferencyjne, PKNMiJ, Warszawa.
- [3] Niesyto G.: System mikroprocesorowy do obróbki wyników sprawdzania wzorca grupowego indukcyjności własnej. Praca dyplomowa. Politechnika Śląska, Instytut Metrologii i Automatyki Elektrotechnicznej, Gliwice 1988.

Recenzent: doc dr hab. inż. Michał Szyper

Wpłynęło do redakcji dnia 15 marca 1990 r.

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ПРОВЕРКИ
ГРУППОВОГО ЭТАЛОНА

Резюме

В статье представлена микропроцессорная система, связанная с трансформаторным компаратором, который используется для проверки групповых эталонов индуктивности и емкости. Система построена на основе микро-ЭВМ MISTER Z-80, использующей микропроцессор Z-80. Задачей системы является сбор и обработка измерительных данных, происходящих от трансформаторного компаратора, а также создание протоколов проверки группового эталона. Главной частью системы является специальная программа для вычисления группового значения, а также для наблюдения изменений отдельных параметров группового эталона в последующих измерениях.

MICROPROCESSOR BASED SYSTEM FOR COMPUTING OF COLLECTIVE STANDARDS
RESULT VERIFICATION

Summary

This paper deals with the microprocessor based system coupled with the transformer comparator of collective standard testing of inductance or capacitance. This system is based on the modular microcomputer MISTER Z80 with Z80-microprocessor. This system collects and processes measurement data from transformer comparator and then makes reports of collective standard verification.

The main part of this system is a special software, for computing of group value, estimators of particular elements of collective standard as well as the watching individual standard parameters vs. subsequent number of comparison.