

Robert DĄBROWSKI

UNIwersytet Zielonogórski, INSTYTUT INFORMATYKI I ELEKTRONIKI

Systemy do sprawdzania mierników z kalibratorem kontrolnym i z miernikiem kontrolnym

Dr inż. Robert DĄBROWSKI

W roku 1997 ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Zielonogórskiej. Obecnie pracuje jako adiunkt w Instytucie Informatyki i Elektroniki Uniwersytetu Zielonogórskiego. Jego zainteresowania związane są z automatyzacją systemów pomiarowych oraz obiektowymi technikami programowania.



e-mail: R.Dabrowski@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

Artykuł przedstawia teoretycznie oraz pokazuje przykładowe rozwiązania aplikacyjne komputerowych systemów pomiarowych do sprawdzania, wzorcowania i adjustacji multimetrów. Opisując system z kalibratorem kontrolnym oraz system z miernikiem kontrolnym przedstawia ich możliwości oraz wymagania stawiane przez przepisy krajowe i unijne. Opisuje procedury sprawdzania mierników oraz szereg zadań stawianych zautomatyzowanym systemom pomiarowym. Przedstawia również opracowane przez autora przykładowe aplikacje programowe do wspomagania procedur pomiarowych w opisywanych systemach.

Słowa kluczowe: system pomiarowy, kalibrator, miernik kontrolny.

Meter testing systems with control calibrator and control meter

Abstract

Article presents some theoretical aspects and practical software solutions of computer controlled measurement systems for multimeters testing and adjustment. Describes two kinds of systems, one open loop structure which contains high accuracy calibrator, and second low cost close loop system includes medium accuracy calibrator and high accuracy control meter. Describes meter testing procedures used by both mentioned systems. Shows practical solutions of described systems including software applications done by author.

Keywords: measurement system, calibrator, control meter.

1. Wstęp

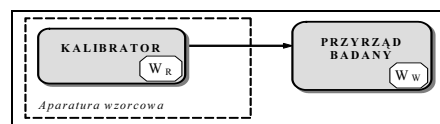
Wszystkie przyrządy pomiarowe napięcia i prądu stałego i przemiennego należy adjustować, wzorcować i sprawdzać w procesie produkcji a następnie okresowo wzorcować i sprawdzać w czasie eksploatacji, co wymaga stosowania wzorcowych narzędzi pomiarowych o odpowiednich parametrach metrologicznych. W czasie adjustacji, wzorcowania i sprawdzania, do zacisków badanego przyrządu pomiarowego, dostarczana jest wielkość mierzona przez badany przyrząd i wytwarzana przez kalibrator.

W większości przypadków stosowana jest metoda kalibratora kontrolnego [1], w której kalibrator, oprócz funkcji źródła, wypełnia dodatkowo funkcje wzorca. Na rys. 1 przedstawiono układ do sprawdzania przyrządów z zastosowaniem metody kalibratora kontrolnego, złożony z przyrządu badanego i kalibratora. Celem sprawdzania przyrządu w układzie przedstawionym na rys. 1 jest ustalenie [2], czy jest spełniony następujący warunek zgodności z wymaganiem:

$$|W_w - W_R| \leq \Delta W_{DOP} \quad (1)$$

gdzie: W_w - wartość wielkości mierzonej wskazana przez przyrząd badany (sprawdzany) – wskazanie przyrządu sprawdzanego, W_R - wartość rzeczywista wielkości mierzonej określona na pod-

stawie wskazań przyrządu kontrolnego (kalibratora) – wartość wielkości odtwarzana przez wzorzec, ΔW_{DOP} – dopuszczalny błąd przyrządu sprawdzanego.

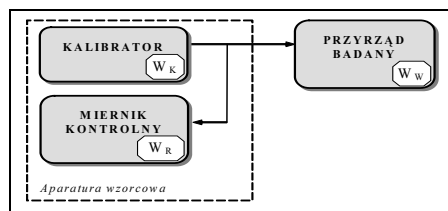


Rys. 1. Układ do sprawdzania przyrządów z zastosowaniem metody kalibratora kontrolnego

Fig. 1. Schema of meter testing system with calibrator

Sprawdzanie przyrządów pomiarowych z zastosowaniem metody kalibratora kontrolnego jest wydajne i wygodne do automatyzacji przy sprawdzaniu przyrządów pomiarowych wszystkich wielkości elektrycznych za wyjątkiem liczników energii elektrycznej.

Jednak w niektórych przypadkach, głównie przy niewystarczającej dokładności kalibratora, zestaw aparatury wzorcowej uzupełniany jest o miernik kontrolny odpowiedniej klasy dokładności. W takiej sytuacji stosowana jest metoda miernika kontrolnego, w której kalibrator pełni funkcję precyzyjnego zasilacza pomiarowego. Na rys. 2 przedstawiono układ do sprawdzania przyrządów z zastosowaniem metody miernika kontrolnego, złożony z przyrządu badanego, kalibratora i miernika kontrolnego. Celem sprawdzania przyrządu w układzie przedstawionym na rys. 2 jest również ustalenie spełnienia warunku zgodności z wymaganiem (1), gdzie W_R - wartość rzeczywista wielkości mierzonej określona na podstawie wskazań przyrządu kontrolnego (miernika) – wartość wielkości odtwarzana przez kalibrator pełniący funkcję zasilacza. Wskazanie kalibratora W_K (nastawa kalibratora) pełni funkcję pomocniczą do ustalania punktu sprawdzania przyrządu i nie występuje w równaniu (1) z uwagi na niewystarczającą dokładność wartości sygnałów wyjściowych kalibratora w stosunku do nastaw W_K .



Rys. 2. Układ do sprawdzania przyrządów z zastosowaniem metody miernika kontrolnego

Fig. 2. Schema of meter testing system with control meter

Sprawdzanie przyrządów pomiarowych z zastosowaniem metody miernika kontrolnego jest, w ogólnym przypadku, bardziej pracochłonne i bardziej trudne do automatyzacji z uwagi na potrzebę obsługi ręcznej czy programowej zamiast jednego urządzenia – kalibratora, dwóch urządzeń – kalibratora i miernika. Wyjątek stanowi zastosowanie metody miernika kontrolnego (metody licznika kontrolnego) do sprawdzania liczników energii elektrycznej – przy sprawdzaniu użytkowych liczników energii metoda ta jest zalecana, a przy sprawdzaniu kontrolnych liczników energii metoda ta jest obligatoryjnie wymagana do stosowania [3]. Metoda licznika kontrolnego jest stosowana w układzie przedstawionym na rys. 2, w którym jako miernik kontrolny jest stosowany licznik kontrolny.

W procesie sprawdzania przyrządu pomiarowego można wyróżnić następujące operacje:

- odtworzenie wartości wielkości mierzonej W_R na podstawie wskazań przyrządu kontrolnego – w większości przypadków czynności te decydują o pracochłonności całego procesu sprawdzania,
- sprawdzenie spełnienia warunku zgodności z wymaganiem (1).

Opisany proces jest charakterystyczny przy sprawdzaniu coraz bardziej rozpowszechnionych cyfrowych multimetrów (DMM) – przyrządów umożliwiających pomiar napięć i prądów stałych i przemiennych – badania publikowane w [4] wskazują, że już prawie 50% klientów urządzeń kontrolno-pomiarowych deklaruje zakup przenośnego lub stacjonarnego DMM. W czasie sprawdzania multimetrów zachodzi potrzeba zadawania dużej liczby nastaw wartości napięć i prądów i porównywania wskazań badanych przyrządów z zadanymi nastawami. Proces ten jest długotrwały, pracochłonny i monotony, a zatem obciążony dużym ryzykiem popełnienia błędu przez operatora. W celu usprawnienia procesu adjustacji, wzorcowania i sprawdzania mierników oferowane są szeroko zakresowe programowane źródła napięć i prądów stałych i przemiennych zwane kalibratorami uniwersalnymi.

2. Systemy z kalibratorem kontrolnym i systemy z miernikiem kontrolnym

Termin „kalibrator napięć i prądów” ugruntował się w kraju od kilkunastu lat [5]. Kalibratory napięcia (prądu) są to elektroniczne sterowane źródła napięcia (prądu) stałego lub przemiennego, umożliwiające otrzymywanie żądanej wartości napięcia (prądu) z określoną dokładnością bez konieczności mierzenia i ręcznego korygowania nastawień. Sterowanie kalibratorów może odbywać się przez operatora (sterowanie ręczne) lub z zastosowaniem komputera. Przy sterowaniu ręcznym, do dyspozycji operatora, kalibratory wyposażane są w dodatkowe funkcje programowe, usprawniające obsługę kalibratora. Kalibratory wyposażane są również w interfejsy [6, 7] umożliwiające budowę systemów pomiarowych do zautomatyzowanego testowania (sprawdzania) mierników [8]. Niezależnie od sposobu sterowania i stopnia automatyzacji pomiarów, kalibratory stosowane są jako wzorce i w układzie sprawdzeń zatwierdzonym w [9] służą do odtwarzania napięć i prądów jako wzorce kontrolne lub użytkowe stanowiąc podstawę piramidy hierarchicznej wzorców [10].

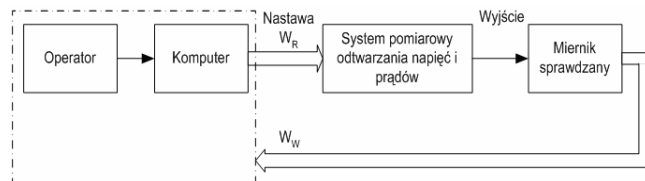
Na rys. 3 przedstawiono strukturę systemu do zautomatyzowanego sprawdzania mierników z zastosowaniem metody kalibratora kontrolnego. System składa się z operatora, komputera, systemu pomiarowego odtwarzania napięć i prądów oraz sprawdzanego miernika. Podział zadań między operatorem i komputerem jest zależny od stopnia automatyzacji systemu. W ogólnym przypadku operator i komputer:

- zadają nastawy W_R do systemu odtwarzania napięć i prądów,
- odczytują wskazania W_W sprawdzanego miernika,
- sprawdzają spełnienie warunku zgodności z wymaganiem (1).

System pomiarowy odtwarzania napięć i prądów pełni funkcję kalibratora kontrolnego i przetwarza sterownia podawane przez operatora i/lub komputer na napięcia i prądy o wymaganych parametrach metrologicznych – sygnały wyjściowe systemu są podawane na sprawdzany miernik. Wskazania W_W miernika są odczytywane przez operatora lub przez komputer. Odczyt wskazań sprawdzanego miernika przez komputer znacznie automatyzuje pracę systemu i jest możliwy przez:

- wykorzystanie wyjścia cyfrowego miernika i interfejsu między miernikiem i komputerem do transmisji wyników pomiarów – możliwości te występują przy sprawdzaniu mierników z wyjściem cyfrowym,
- budowę systemów optycznych rozpoznawania obrazów do identyfikacji wskazań mierników – rozwiązania te są preferowane do zastosowań głównie przy sprawdzaniu mierników analogowych.

Na podstawie odczytu wskazań miernika jest sprawdzany warunek (1) i jest podejmowana przez operatora decyzja o przydatności miernika.



Rys. 3. Komputerowy system do sprawdzania mierników z zastosowaniem metody kalibratora kontrolnego

Fig. 3. Computer controlled meter testing system with calibrator

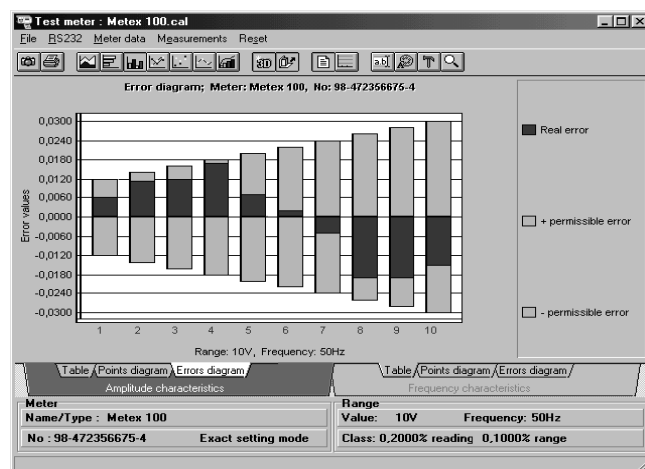
Automatyzacja sprawdzania mierników w systemach z kalibratorem kontrolnym odbywa się również przez stosowanie specjalistycznego oprogramowania do sterowania pracą kalibratora i wspomagania procedur pomiarowych – przykładem może być opracowany przez autora program komputerowy *Calpro 101* [11] przeznaczony do sterowania krajowym kalibratorem uniwersalnym napięć i prądów stałych i przemiennych typu *C101* [12]. Program *Calpro 101* umożliwia:

- sterowanie funkcjami kalibratora *C101* za pomocą komputera – komputerowa symulacja funkcji pulpitu kalibratora na ekranie monitora za pomocą klawiatury i/lub myszki,
- wspomaganie badania przyrządów analogowych i cyfrowych – procedury pomiarowe, redakcja tablic wyników badań (zapiski) z automatycznym obliczaniem błędów badanych przyrządów, tworzenie bazy danych,
- graficzną wizualizację wyników pomiarów w postaci tablic i różnorodnych wykresów.

Range	Calibrator frequency setting	Meter class	Meter readout	Calibrator amplitude setting	Meter error	Calibrator error	unit	ON/OFF
		% reading % range			real permissible			
10V	50Hz	0.2000 0.1000	1.006000	1.000000	0.006000 0.012012	0.006000	V	✓
			2.011000	2.000000	0.011000 0.014022	0.011000	V	✓
			3.012000	3.000000	0.012000 0.01602	0.012000	V	✓
			4.017000	4.000000	0.017000 0.01803	0.017000	V	✓
			5.007000	5.000000	0.007000 0.022001	0.007000	V	✓
			6.002000	6.000000	0.002000 0.02200	0.002000	V	✓
			6.995000	7.000000	-0.005000 0.02399	0.004005	V	✓
			7.981000	8.000000	-0.019000 0.02596	0.00455	V	✓
			8.981000	9.000000	-0.019000 0.02796	0.005005	V	✓
			9.985000	10.000000	-0.015000 0.02997	0.00555	V	✓

Rys. 4. Widok okna redakcji tablicy pomiarowej programu Calpro 101[11]

Fig. 4. Measurement table edit window of Calpro 101 software [11]



Rys. 5. Widok okna prezentacji wyników pomiarów programu Calpro 101[11]

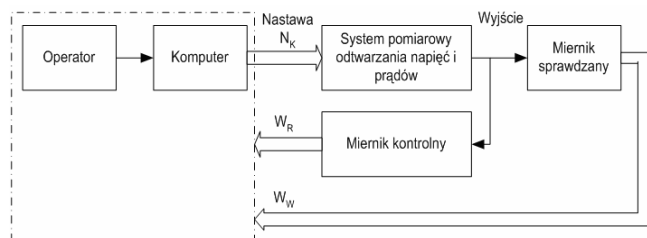
Fig. 5. Measurement presentation window of Calpro 101 software [11]

Na rys. 4 i 5 przedstawiono widoki przykładowych okien opracowanego programu, przeznaczonych do redakcji tablic pomiarowych ze zautomatyzowanym obliczaniem dopuszczalnego błędu sprawdzanego miernika i niepewności pomiaru (*błąd kalibratora*) oraz do graficznej prezentacji wyników pomiarów.

Na rys. 6 przedstawiono strukturę systemu do zautomatyzowanego sprawdzania mierników z zastosowaniem metody miernika kontrolnego. System składa się z operatora, komputera, systemu pomiarowego odtwarzania napięć i prądów, miernika kontrolnego oraz sprawdzanego miernika. Podział zadań między operatorem i komputerem również jest zależny od stopnia automatyzacji systemu. W ogólnym przypadku operator i komputer:

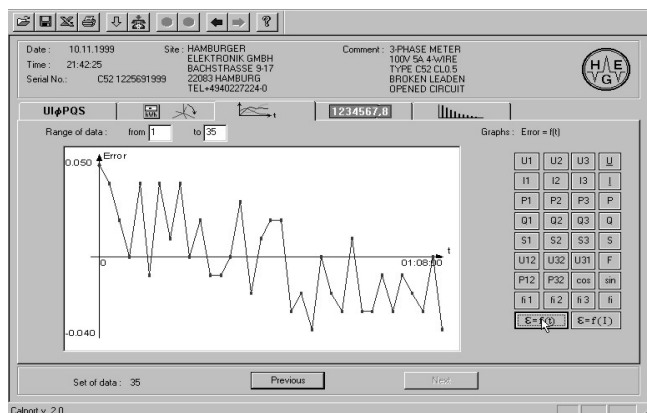
- zadają nastawy N_K do systemu odtwarzania napięć i prądów,
- odczytują wskazania W_W sprawdzanego miernika,
- odczytują wskazania W_R miernika kontrolnego – jest to dodatkowa operacja w stosunku do pracy w systemie z kalibratorem kontrolnym (rys. 3),
- sprawdzają spełnienie warunku zgodności z wymaganiem (1).

System pomiarowy odtwarzania napięć i prądów pełni funkcję zasilacza pomiarowego i przetwarza sterownia podawane przez operatora i/lub komputer na napięcia i prądy o wymaganych parametrach metrologicznych, ale z niekoniecznie wysoką klasą dokładności – sygnały wyjściowe systemu są podawane na sprawdzany miernik. Wskazania W_W miernika są odczytywane przez operatora lub przez komputer.



Rys. 6. System do sprawdzania mierników z zastosowaniem metody miernika kontrolnego

Fig. 6. Computer controlled meter testing system with control meter



Rys. 7. Widok okna z wykresem błędów sprawdzanego licznika w funkcji czasu programu Calsoft 100 [13]

Fig. 7. Error graph of measured device displayed in Calsoft 100 software [13]

Automatyzacja sprawdzania mierników w systemach z miernikiem kontrolnym odbywa się przez stosowanie komputerowego odczytu wskazań W_W sprawdzanego miernika i wskazań W_R miernika kontrolnego oraz przez stosowanie specjalistycznego oprogramowania do sterowania pracą kalibratora i wspomagania procedur pomiarowych – przykładem może być opisana przez autora koncepcja systemu do sprawdzania liczników energii lub opracowany program komputerowy *Calsoft 100* [13] przeznaczony do automatyzacji sprawdzania liczników z zastosowaniem analizatora parametrów sieci i testera liczników typu Calport 100 jako licznika kontrolnego. Program *Calsoft 100* umożliwia:

- odczyt bieżących wyników pomiarów z analizatora Calport 100 i ich wizualizację na ekranie komputera. Odczyty mogą być wykonywane automatycznie w odcinkach czasu zadanych przez użytkownika,
- odczyt wcześniej zapamiętanych w pamięci analizatora danych i ich wizualizacja na ekranie komputera,
- wizualizacja trójfazowego wskazania wektorowego,
- przeniesienie danych do programu Microsoft Excel celem ich dalszej obróbki wg wymagań użytkownika,
- drukowanie danych i wykresów na drukarce,
- zapis i odczyt danych na plik w celu archiwizacji.

Na rys. 7 przedstawiono widok przykładowego okna z wykresem błędów sprawdzanego licznika energii w funkcji czasu i z możliwością wizualizacji wykresów czasowych parametrów zasilania licznika: napięć, prądów, mocy, kątów i częstotliwości.

3. Podsumowanie

Przedstawione dwa alternatywne modele systemów pomiarowych mogą być równorzędne pod względem dokładności. Używanie wysokiej dokładności w systemie z miernikiem kontrolnym zapewnić może odpowiednie oprogramowanie komputera sterującego, w którym szczególną uwagę należy zwrócić na algorytm pracy podsystemu odtwarzania napięć i prądów. Autor w swojej rozprawie doktorskiej podejmuje problemy określenia optymalnych parametrów algorytmów pracy tych systemów oraz wizualizacji wyników pomiarów [1]. Wykazuje również, że zastosowanie dokładnego miernika kontrolnego oraz addytywnej korekcji błędów i astatycznej charakterystyki procesu regulacji może prowadzić do uzyskania dokładności systemu wyższej od dokładności zastosowanego kalibratora.

4. Literatura

- [1] Dąbrowski R.: Opracowanie i analiza komputerowego systemu odtwarzania napięć i prądów. Rozprawa doktorska. Zielona Góra, 2006.
- [2] Prawo o miarach. Ustawa z dnia 27 maja 2004. Dz. U. z 2004 r. Nr 141, poz.1493. (www.ks.sejm.gov.pl)
- [3] Zarządzenie Nr 5 Prezesa GUM z dnia 6 lutego 1995 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania użytkowych i kontrolnych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa Nr 2, Warszawa, 1995
- [4] Test and measurement in Europe: EPN Survey Results. EPN Nr9, Sept.2001
- [5] Zarządzenie Nr13 Prezesa PKNMiJ z dnia 9 lutego 1978r. w sprawie ustalania przepisów o sterowanych źródłach odniesienia (kalibratorach) napięcia stałego. Dziennik Normalizacji i Miar Nr4, 1978, Warszawa.
- [6] Bolikowski J., Kaczmarek J., Kulesza W., Pawłowski J., Pietrzak A.: Uniwersalny przenośny kalibrator SQ8000. IV Szkoła-Konferencja "Metrologia Wspomagana Komputerowo", MWK'99, Rynia k. Warszawy 1999, t.3, str.117-122.
- [7] Szmytkiewicz J.: Mikroprocesorowy układ sterowania kalibratora SQ10. V Krajowa Konferencja „Zastosowanie Mikroprocesorów w Automatyce i Pomiarach”. Warszawa, 1986.
- [8] Total Solutions in Precision Measurement. Fluke, 1267473 C-ENG Rev B, USA, 2001.
- [9] Postępowanie przy czynnościach metrologicznych. Układ sprawdzań narzędzi do pomiarów napięcia elektrycznego. 5,03/1 arkusz 19. Załącznik nr1 do Dziennika Normalizacji i Miar nr6 z dnia 13 czerwca 1983r., poz.10.
- [10] Pogliano U., Bosco G.C.: Automatic calibration of precision and programmable AC measuring instruments at IEN. IEE Proc. -Sci. Meas. Technol., Vol.143, No4, July 1996, pp.259...262.
- [11] Dąbrowski R., Dobrzyński R.: Software for C-101 Calibrator control and for direct and alternating voltage and current meter testing Calpro-101. User's manual, Calmet, 2002.
- [12] Kalibrator napięć i prądów stałych i przemiennych typu C101F. Instrukcja obsługi. Calmet, 2004.
- [13] Dąbrowski R.: Portable calibration meter model Calport 100. Calsoft 100 Software User's Manual. HEG, 1999, pp.28-36.