

ZASTOSOWANIA KALIBRATORÓW WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH

Andrzej Olencki

Instytut Informatyki i Elektroniki, Uniwersytet Zielonogórski
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50

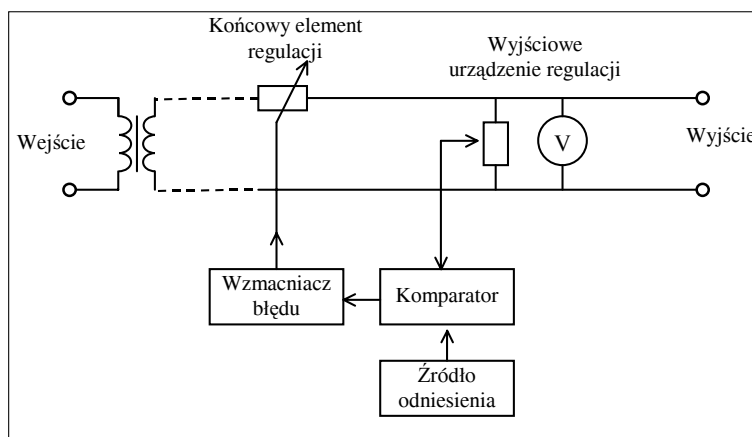
e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl

STRESZCZENIE

Kalibrator wielkości elektrycznych opisano za pomocą "energetycznej" i "informacyjnej" definicji. Przedstawiono miejsce kalibratorów w hierarchii wzorców i w systemach utrzymania jakości, gdzie kalibratory są stosowane jako kontrolne i użytkowe narzędzia pomiarowe.

1. CO TO JEST KALIBRATOR?

W 1970 roku w Waszyngtonie ustalono końcową treść pierwszej i do dziś jedynej normy międzynarodowej, która jest poświęcona kalibratorom napięć i/lub prądów stałych i/lub przemiennych. W tej normie [1], zamiast terminu kalibrator, stosowany jest termin zasilacz stabilizowany dla pomiarów (ang. *stabilized supply apparatus for measurement*), którego schemat jest przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny zasilacza ze stabilizowanym napięciem w zamkniętej pętli stabilizacji (schemat kalibratora napięcia)

Schemat ten wyjaśnia budowę i "energetyczną" definicję kalibratora - kalibrator jest urządzeniem, które ze źródła zasilania pobiera energię elektryczną i w zmodyfikowanej formie dostarcza ją do obciążeń podłączonych do wyjścia kalibratora. Wejście kalibratora jest podłączane do jednofazowej sieci energetycznej (czasami do akumulatora napięcia stałego).

Na wyjściu kalibratora jest stabilizowana jedna lub więcej wielkości wyjściowych – najczęściej są to napięcie i/lub prąd stały oraz napięcie i/lub prąd przemienny. W schemacie zasilacza pomiarowego (kalibratora) są stosowane następujące elementy:

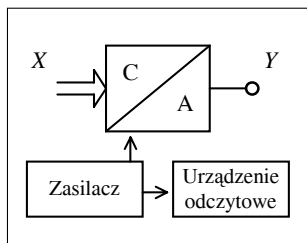
- wyjściowe urządzenie regulacji, za pomocą którego nastawia się wartość wielkości wyjściowej,
- źródło odniesienia – źródło wielkości elektrycznej do porównywania z wielkością stabilizowaną,
- komparator, który porównuje wartość wielkości wyjściowej z wartością odniesienia i wytwarza sygnał błędu,
- wzmacniacz błędu, który wzmacnia różnicę sygnałów komparatora (sygnał błędu),
- końcowy element regulacji – ostatni element, który reguluje wartość wielkości wyjściowej.

Termin kalibrator napięcia wprowadzony został do oficjalnej krajowej terminologii na przełomie lat 1970/80 zarządzeniami Prezesa PKNMiJ, oddzielnie dla kalibratorów napięcia stałego [2] i kalibratorów napięcia przemiennego [3]. W zamieszczonych tam definicjach, **kalibratory napięcia są to elektroniczne sterowane źródła napięcia stałego lub przemiennego, umożliwiające otrzymywanie żądanej wartości napięcia z określoną dokładnością bez konieczności mierzenia i ręcznego korygowania nastawień.**

Powyższa, "informacyjna" definicja kalibratora jest aktualna do dziś i może być rozszerzona dla kalibratorów takich wielkości elektrycznych, jak: prąd stały i przemienny, częstotliwość, kąt fazowy, moc, energia, a nawet rezystancja, pojemność i indukcyjność. W 1996 r. zarządzeniem Prezesa GUM [7] wprowadzono terminy kalibratorów napięcia, prądu, mocy i oporu, umożliwiających otrzymywanie żądanej wartości wielkości wyjściowej wskazywanej w postaci cyfrowej, bez konieczności jej pomiaru i korygowania.

Najprostszy schemat funkcjonalny kalibratora może być przedstawiony w postaci przetwornika cyfrowo-analogowego C/A (rys. 2), w którym cyfrowa wielkość wejściowa X jest przetwarzana na analogową wielkość wyjściową Y . Dodatkowo, oprócz przetwornika A/C, kalibrator zawiera:

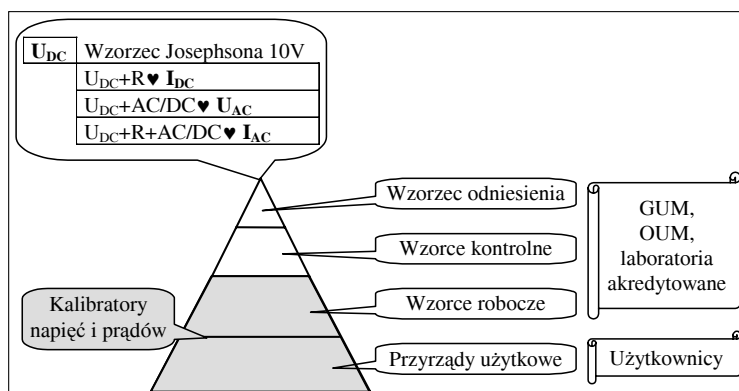
- urządzenie odczytowe, z którego odczytywana jest wartość wielkości wejściowej X lub wartość wielkości wyjściowej Y ,
- zasilacz, który zgodnie z energetyczną definicją kalibratora pobiera energię elektryczną ze źródła zasilania i dostarcza ją do przetwornika C/A i urządzenia odczytowego.



Rys. 2. Schemat funkcjonalny kalibratora przedstawionego jako przetwornik A/C

2. MIEJSCE KALIBRATORA W HIERARCHII WZORCÓW

Odtwarzanie jednostek wielkości elektrycznych bazuje na hierarchicznym układzie wzorców w postaci piramidy przedstawionej na rys. 3. Na wierzchołku piramidy znajduje się wzorzec odniesienia, przechowywany w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie (GUM), w postaci wzorca Josephsona [4] napięcia stałego U_{DC} o wartości odtwarzania 10V i niepewności dopuszczalnej odtwarzania 10nV [5]. Wzorzec napięcia stałego U_{DC} i rezystancji R pozwalają odtwarzać prąd stały I_{DC} . Wzorzec napięcia stałego U_{DC} i system transferu AC/DC (przebiegienny/stały) z zastosowaniem wzorcowych przetworników termoelektrycznych pozwalają odtwarzać napięcie przemiennego U_{AC} . Prąd przemienny I_{AC} odtwarzany jest z zastosowaniem wzorców napięcia stałego U_{DC} , rezystancji R i transferu AC/DC. Operacje te wykonywane są w zakresie wzorca odniesienia i wzorców kontrolnych w GUM, w Okręgowych i Obwodowych Urzędach Miar (OUM) oraz w laboratoriach akredytowanych.



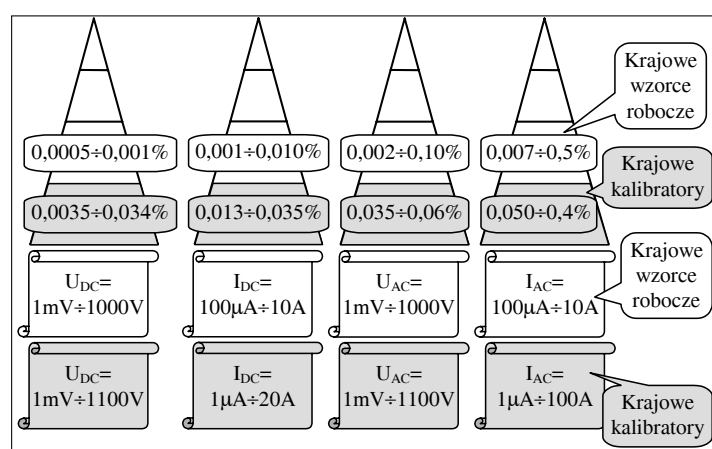
Rys. 3. Hierarchiczna struktura wzorców napięcia i prądu

W środkowej i dolnej części piramidy, obejmującej wzorce robocze i przyrządy użytkowe, do przekazywania jednostki miary stosowane są głównie multimetry i kalibratory napięć i prądów [5].

Na rys. 4 przedstawiono piramidy odtwarzania napięcia stałego U_{DC} , prądu stałego I_{DC} , napięcia przemiennego U_{AC} i prądu przemiennego I_{AC} . Środkową część piramid zajmują

krajowe wzorce robocze w postaci kalibratorów i multimetrów kontrolnych, natomiast podstawę piramid tworzą krajowe kalibratory uniwersalne.

Krajowe kalibratory uniwersalne w pełni pokrywają zakres, odtwarzanych przez wzorce robocze, napięć i prądów, jednak z uwagi na niższą dokładność, stosowane są głównie jako przyrządy użytkowe (rys. 3). Krajowe wzorce robocze napięć i prądów stałych realizowane są głównie z zastosowaniem kalibratorów zagranicznych, natomiast wzorce robocze napięć i prądów przemiennych, szczególnie w zakresie niskich częstotliwości (częstotliwości energetycznych), mogą być realizowane z zastosowaniem zagranicznych i krajowych kalibratorów [6].



Rys. 4. Zakresy pomiarowe i niepewności odtwarzania krajowych wzorców roboczych i krajowych kalibratorów napięć i prądów stałych i przemiennych

3. MIEJSCE KALIBRATORA W SYSTEMIE JAKOŚCI

Konieczność systematycznej weryfikacji narzędzi pomiarowych wynika z założenia, że tylko sprawne narzędzia pracy umożliwiają produkcję wyrobów wysokiej jakości. Dlatego spełnienie wymagań systemu jakości ISO 9000 zobowiązuje producenta do systematycznej kontroli poprawności działania narzędzi stosowanych w produkcji [8].

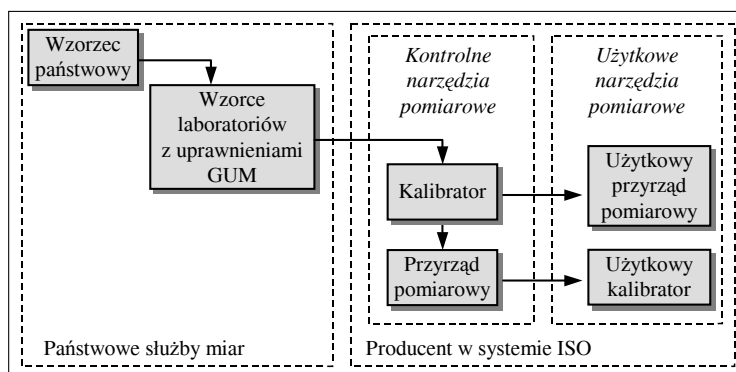
Miejsce kalibratora w systemie jakości ISO 9000 ilustruje rys. 5. Państwowe służby miar dbają o możliwie wysokie parametry metrologiczne wzorca państwowego oraz wystarczająco rozwiniętą sieć laboratoriów z uprawnieniami GUM. Szczególną rolę spełnia Laboratorium Pracowni Pomiarów Elektrycznych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej Metrol (dawniej Lumel) w Zielonej Górze [9], w którym jest sprawdzana i uwierzytelniana większość kalibratorów napięć i prądów.

Użytkowe narzędzia pomiarowe to narzędzia, które biorą bezpośredni udział w procesach produkcyjnych – są to użytkowe przyrządy pomiarowe i coraz częściej stosowane użytkowe

kalibratory. Te ostatnie pełnią funkcję wygodnego narzędzia pracy z uwagi na wzrastające rozpowszechnienie kalibratorów, ponieważ dzięki stosowaniu kalibratorów jest uzyskiwana ogromna oszczędność czasu i zmniejszenie pomyłki przy produkcji aparatury pomiarowej, pracy w laboratoriach pomiarowych i serwisowych, pracy brygad remontowych na obiektach przemysłowych.

Użytkowe narzędzia pomiarowe wymagają okresowego porównania z kontrolnymi narzędziami pomiarowymi, które są używane tylko do sprawdzania narzędzi użytkowych. Producent, który posiada kontrolne narzędzia pomiarowe – kontrolny kalibrator i/lub kontrolny przyrząd pomiarowy, samodzielnie dokonuje systematycznej weryfikacji swoich narzędzi pracy.

Aby kontrolny kalibrator mógł pełnić opisaną funkcję, powinien być okresowo, co 12 miesięcy, sprawdzany lub uwierzytelniany w upoważnionym laboratorium.



Rys. 5. Miejsce kalibratora w systemie jakości ISO 9000

4. ZAKOŃCZENIE

Termin kalibratory wylansowany został przez producentów kalibratorów i jest powszechnie stosowany przez użytkowników tych urządzeń. Według światowych dokumentów normalizacyjnych, urządzenia te należałoby nazywać długą nazwą "zasilacz stabilizowany dla pomiarów". W Polsce dość wcześnie, bo na przełomie lat 1970/80, termin kalibrator wprowadzono do oficjalnej terminologii.

Kalibratory wielkości elektrycznych stanowią podstawę hierarchicznej struktury wzorców napięcia i prądu, są stosowane jako wzorce robocze i użytkowe i z tego powodu są najczęściej stosowanymi wzorcami. Krajowe kalibratory napięć i prądów stałych i przemiennych są projektowane i produkowane w Zielonej Górze i w pełni pokrywają zakres, odtwarzanych przez wzorce, napięć i prądów. Krajowe kalibratory, z uwagi na średnie dokładności odtwarzanych napięć i prądów, są stosowane głównie jako przyrządy użytkowe, a w przypadku sygnałów przemiennych niskich częstotliwości, również jako wzorce robocze.

LITERATURA

- [1] *Stabilized supply apparatus for measurement*. Publication 443 first edition. Geneva, 1974
- [2] Zarządzenie Nr 13 Prezesa PKNMiJ z dnia 9 lutego 1978r. w sprawie ustalania przepisów o sterowanych źródłach odniesienia (kalibratorach) napięcia stałego. Dziennik Normalizacji i Miar Nr 4, Warszawa, 1978
- [3] Zarządzenie Nr 55 Prezesa PKNMiJ z dnia 3 grudnia 1984 r. w sprawie ustalania przepisów o kontrolnych źródłach odniesienia wartości skutecznej napięcia sinusoidalnego w paśmie częstotliwości od 10Hz do 100kHz. Przepisy o legalizacji i sprawdzaniu narzędzi pomiarowych. Załącznik do Dziennika Normalizacji i Miar nr16, Warszawa, 1984
- [4] A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki: *Metrologia elektryczna*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 2000
- [5] W. Stanioch, A. Tarłowski: *Odtwarzanie i przekazywanie jednostek wielkości elektrycznych prądu stałego i przemiennego małej częstotliwości*. V Sympozjum Klubu Polskie Forum ISO 9000 "Metrologia w systemach jakości". Tom 2. Mikołajki, 1997. E/1-13
- [6] A. Olencki: *Praktičeskaja realizacija iererhiceskoj struktury mier napraženija i toka w Polsce*. Zbirk naukowich prac Wipusk N5. Żurnal WOTTP. Kijów, 1999. 84-87
- [7] Zarządzenie Nr 156 Prezesa GUM z dnia 9 października 1996 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o kalibratorach napięcia, prądu, mocy i oporu, miernikach napięcia, prądu i mocy – cyfrowych, multimetrach cyfrowych oraz mostkach RLC. Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa Nr 26, Warszawa, 1996
- [8] ISO 9001 and ISO 9002 requirements for Calibration
<http://www.beamex.com/calibrat/calibrat.htm>
- [9] Z. Tarnowski: *Historia Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej Lumel w Zielonej Górze*, OBRME Lumel. Zielona Góra, 1997