

## Roman TABISZ

POLITECHNIKA RZESZOWSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI  
ZAKŁAD METROLOGII I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

# Komputerowy system diagnostyki podręcznych multimetrów „KALIBR”

Dr inż. Roman TABISZ

Adiunkt w Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Kierownik Laboratorium Badań i Kalibracji „LABBiKAL”. W działalności naukowej i dydaktycznej zajmuje się dziedziną przemysłowych systemów pomiarowo-diagnostycznych. W szczególności diagnostyką metod i systemów pomiarowych.



### Streszczenie

Przedstawiono aktualny stan i właściwości metrologiczne Komputerowego Systemu Diagnostyki Podręcznych Multimetrów (KSDPM), opracowanego i uruchomionego w Laboratorium Badań i Kalibracji „LABBiKAL”. Zwrócono uwagę na korzyści wynikające z otwartej struktury systemu ułatwiającej jego rozbudowę i modyfikację oprogramowania. Zaprezentowano w czytelnej formie graficznej przykładowe wyniki sprawdzenia poprawności wskazań podręcznego multimetru na jednym z wybranych zakresów pomiarowych, oraz statystyczną ocenę ich niepewności.

### Abstract

The present state and metrological properties of the Computer Aided Calibration System for Hand-held Multimeters Diagnostics has been presented. This system has been designed and developed in „LABBiKAL” – Testing and Calibration Laboratory. Special attention has been given to the benefits from the open structure of the system which facilitates its developing and altering the software. Exemplary results of checking the accuracy of hand-held multimeter indications on selected measurement range and statistical estimation of their uncertainty has been presented in legible graphic form.

## 1. Wprowadzenie

**Podręczne Multimetry Cyfrowe** systematycznie doskonalone od wielu lat, stają się coraz bardziej liczną grupą przyrządów pomiarowych stosowanych w przemyśle do oceny stanu urządzeń technologicznych, jakości wytwarzanych wyrobów a także do prac remontowych i serwisowych. Stanowią więc istotną część wyposażenia pomiarowego mającą wpływ na skuteczność systemów pomiarowo-diagnostycznych stosowanych w procesach sterowania jakością wyrobów przemysłowych. [1].

Wyniki pomiarów uzyskiwane za pomocą tych przyrządów są często podstawą ważnych decyzji dotyczących korekty stanu procesów technologicznych i jakości wytwarzanych w tych procesach wyrobów. Trafność tego rodzaju decyzji zależy w dużym stopniu od poprawnego wykonania dwóch ważnych operacji: okresowej **kalibracji** multimetru i stosowanej metody **porównania** uzyskiwanych za jego pomocą wyników pomiarów z odpowiednim kryterium oceny zgodności procesu lub wyrobu [2].

Metrologiczne właściwości multimetrów podobnie jak innych przyrządów pomiarowych ulegają zmianom podczas eksploatacji w wyniku działania naturalnych procesów starzeniowych zachodzących w elementach i podzespołach elektronicznych z których dany multimetr jest zbudowany. Konieczne jest więc okresowe sprawdzanie poprawności wskazań tych przyrządów w celu ustalenia tego czy wskazania te nie przekraczają granic dopuszczalnych określonych w deklaracjach producentów. Deklarowana przez producentów tzw. ogólna dokładność [ang: Total Accuracy – TA] [3], jest pierwszym i podstawowym kryterium wyboru danego multimetru do realizacji określonego zadania pomiarowo-diagnostycznego. Kryterium to powinno więc być spełnione nie tylko w momencie zakupu multimetru, ale także podczas całego okresu jego eksploatacji.

W celu sprawdzania poprawności wskazań podręcznych multimetrów w warunkach spójności pomiarowej [ang. – Traceability] najlepiej stosować uniwersalne kalibratory wyposażone w odpowiednie oprogramowanie i okresowo sprawdzane w Narodowych Instytutach Metrologicznych [4] lub odpowiednich akredytowanych laboratoriach pomiarowych. Kalibratory te produkowane są przez nieliczne renomowane firmy [5], wyspecjalizowane w tego rodzaju wyrobach. Ceny rynkowe uniwersalnych kalibratorów są bardzo wysokie i dlatego urządzenia te nie są dostępne dla wielu laboratoriów metrologicznych. Istnieje więc zapotrzebowanie szczególnie w krajach mniej zamożnych, takich jak Polska, na rozwiązania tańsze, ale spełniające wymagania metrologiczne niezbędne do sprawdzania poprawności wskazań najliczniejszej grupy multimetrów podręcznych o ogólnej dokładności nie lepszej od 0,05% i rozdzielczości nie przekraczającej obecnie 4 5/6 cyfry.

W Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej prowadzone są prace [6] mające na celu uruchomienie i wdrożenie do stosowania Komputerowego Systemu Diagnostyki Podręcznych Multimetrów wykorzystującego dostępne źródła wartości odniesienia napięć i prądów (stałych i zmiennych), częstotliwości, oraz rezystancji – R uzupełnione o dobrej klasy multimetr kontrolny o rozdzielczości 6 1/2 cyfry.

Aktualny stan tego systemu pozwala na wykonywanie diagnostyki podręcznych multimetrów w zakresie:

- sprawdzania poprawności wskazań na poszczególnych zakresach pomiarowych,
- wyznaczania funkcji kalibracji,
- statystycznej weryfikacji stosowanych procedur.

Diagnostyka ta odbywa się w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności monitorowanych odrębnym systemem współpracującym z komputerem typu PC [7].

## 2. Kreowanie strategii diagnozowania podręcznych multimetrów

Podręczne multimetry cyfrowe doskonalone są w miarę rozwoju technologii elementów elektronicznych i układów scalonych, pozwalających na uzyskiwanie coraz lepszych właściwości użytkowych i metrologicznych [8], [9], [10].

Producenci multimetrów deklarują w swoich specyfikacjach technicznych zakresy liczbowych wartości poszczególnych właściwości metrologicznych oraz użytkowych, które powinien spełniać ich produkt. Deklaracje te bardzo istotne w momencie podejmowania decyzji zakupowych muszą być jednak okresowo weryfikowane, w szczególności te dotyczące właściwości metrologicznych. Dotyczy to także tych multimetrów które nabywane są razem ze

świadectwem kalibracji. Świadectwo to bowiem traci swoją ważność po określonym okresie czasu.

Pełna diagnostyka (ocena) wszystkich właściwości metrologicznych i użytkowych podręcznych multimetrów w szerokim zakresie zmian warunków termoklimatycznych jest niezwykle czasochłonna ze względu na ich wielozakresowość, coraz liczniejsze dodatkowe funkcje użytkowe, oraz zależność właściwości metrologicznych od zmian temperatury, wilgotności i innych czynników środowiskowych. Konieczne jest więc staranne dostosowywanie strategii diagnozowania do celów jakie mają być osiągnięte w rezultacie uzyskanych wyników. Pozwala to oszczędzić wiele czasu i koniecznych do użycia środków technicznych.

Cele te mogą być różne. Najczęściej jest to najprostsza ocena właściwości metrologicznych:

– **sprawdzenie poprawności wskazań,**

to znaczy ustalenie tego czy mieszczą się one w granicach dopuszczalnych wskazań określonych w deklaracji producenta. Deklaracja ta zawarta jest między innymi w instrukcji obsługi badanego multimetru. Okresowe wykonywanie tego rodzaju czynności wymagane jest w przemyśle, wszędzie tam gdzie w ramach systemów zarządzania jakością zgodnych z międzynarodowymi normami ISO 9000-2000 prowadzony jest stały nadzór metrologiczny nad wyposażeniem pomiarowym [11].

Sprawdzanie poprawności wskazań multimetru na poszczególnych zakresach, może być wykonane w różnych punktach sprawdzeń. Dobór tych punktów powinien jednak uwzględniać rzeczywistą strukturę badanego multimetru [12], dzięki temu niezbędne informacje potrzebne do oceny poprawności wskazań można uzyskać przy optymalnej (minimalnej) ilości punktów sprawdzeń. Opisany wyżej cel: sprawdzania poprawności wskazań może zostać rozszerzony. Laboratorium metrologiczne może bowiem oferować zakres usług istotny w przypadku gdy wynik sprawdzenia poprawności wskazań jest negatywny. Może więc w takiej sytuacji oferować:

- **sprawdzenie poprawności wskazań,**
- **korektę stanu układów pomiarowych badanego multimetru,**
- **ponowne sprawdzenie poprawności wskazań.**

Ten rozszerzony zakres diagnostyki wymaga jednak dodatkowych kwalifikacji personelu laboratorium, oraz zastosowania odpowiednich środków technicznych pozwalających na wykonanie operacji korekty stanu układów pomiarowych sprawdzanego multimetru. Potrzebna jest także specjalistyczna wiedza o budowie tego przyrządu. Producenci najczęściej zabezpieczają swoje multimetry przed możliwością bezpośredniej ingerencji w układy pomiarowe. Niektórzy jednak [13] mając na uwadze rzeczywiste potrzeby użytkowników wyposażają swoje produkty w możliwość bezpiecznej, „miękkiej”, programowej korekty stanu układów pomiarowych multimetru. Korekta ta przeprowadzana jest za pomocą odpowiedniego oprogramowania przygotowanego przez producenta multimetru uruchomionego na komputerze typu PC połączonym z korygowanym multimetrem interfejsem szeregowym RS-232.

Innym celem diagnostyki podręcznego multimetru może być:

- **wyznaczenie funkcji kalibracji** (na jednym lub kilku zakresach pomiarowych),
- a więc zależności matematycznej pomiędzy wartościami odniesienia mierzonymi przez badany multimetr a jego wskazaniami [14]. Znajomość takiej funkcji ma szczególne znaczenie w takich przypadkach, gdy istnieje potrzeba dokładnego wyznaczenia granic testowania w procesach oceny jakości wytwarzanych produktów. Niewłaściwe wyznaczenie granic testowania, może powodować powstawanie niezamierzonych błędów kwalifikacji. Oczywiście zakres diagnostyki multimetru może podobnie jak w przypadku sprawdzania poprawności wskazań obejmować:

- **wyznaczenie funkcji kalibracji,**
- **korektę układów pomiarowych multimetru,**
- **ponowne wyznaczenie funkcji kalibracji.**

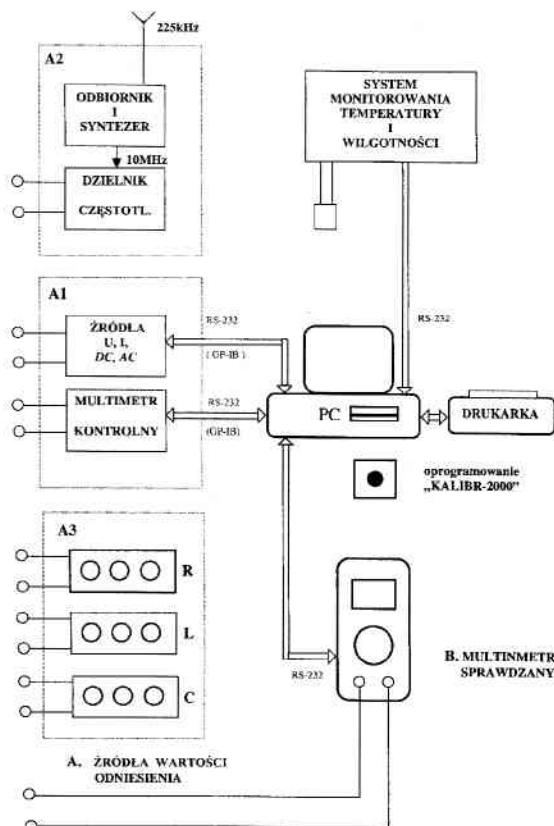
Opisane wyżej zadania diagnozowania metrologicznych właściwości podręcznych multimetrów mogą być realizowane zgodnie lub niezgodnie z zaleceniami międzynarodowych organizacji koordynujących pracę Laboratoriów Akredytowanych od których wymagana jest zgodność uzyskiwanych wyników z wynikami uzyskiwanymi w innych laboratoriach. Osiąganie takiej zgodności wymaga stosowania ujednoczonych procedur kalibracji multimetrów, ustalanych i zalecanych laboratoriom przez takie międzynarodowe organizacje jak na przykład: EUROPEAN CO-OPERATION FOR ACCREDITATION (EA).

Wyniki uzyskiwane w Laboratoriach Akredytowanych cieszą się większym zaufaniem i mogą być uznawane na zasadzie wzajemności w skali międzynarodowej. Warto więc strategię i metodykę diagnozowania podręcznych multimetrów kreować uwzględniając nie tylko główny cel diagnozowania ale również wymagania stawiane laboratoriom akredytowanym [15], [16]. Jednym z takich ważnych wymagań jest konieczność wyznaczania odpowiednimi metodami **niepewności wyników kalibracji**.

### 3. Otwarta i elastyczna struktura KSDPM „KALIBR”

Mając na uwadze potrzebę kreowania różnych strategii diagnozowania podręcznych multimetrów a w konsekwencji konieczność stosowania różnorodnego sprzętu i oprogramowania, przyjęto założenie że opracowywany i wdrażany w Laboratorium LABBiKAL Komputerowy System Diagnozowania Podręcznych Multimetrów powinien mieć elastyczną i otwartą strukturę ułatwiającą realizację zróżnicowanych zadań diagnostycznych oraz pozwalającą na łatwe dokonywanie w zależności od zmieniających się potrzeb, modyfikacji zestawu źródeł wartości odniesienia i stosowanego oprogramowania.

Na rys. 1. przedstawiono schemat blokowy otwartej i elastycznej struktury KSDPM. Podstawową częścią-A tego systemu jest



Rys. 1. Schemat blokowy KSDPM „KALIBR”

zestaw źródeł wartości odniesienia. Zestaw ten może być modyfikowany w zależności od zmieniających się zadań diagnostycznych oraz możliwości finansowych laboratorium.

W części-A1 podstawić można różnego rodzaju, programowalne lub nie, źródła takich wielkości jak :  $U_{DC}$ ,  $I_{DC}$ ,  $U_{AC}$  i  $I_{AC}$ , posiadające lub nie interfejsy pozwalające na sterowanie wartościami tych wielkości komputerowo poprzez interfejsy GP-IB lub RS-232. Wystawione wartości poszczególnych wielkości generowanych przez te źródła, zmierzone dobrej klasy multimetrem kontrolnym o rozdzielczości 6 1/2 cyfry, są wartościami odniesienia wykorzystywanymi do obliczania błędów wskazań sprawdzanego multimetru lub do wyznaczania rzeczywistej funkcji kalibracji jego poszczególnych zakresów przeznaczonych do pomiaru  $U_{DC}$ ,  $I_{DC}$ ,  $U_{AC}$  i  $I_{AC}$ . Multimetr ten powinien posiadać ważne świadectwo wzorcowania.

W części-A2 można w najprostszym przypadku podstawić, tak jak pokazano to na rys.1., odbiornik sygnału „nośnej” nadajnika rozgłośni radiowej programu I Polskiego Radia, którego częstotliwość wynosi 225 kHz. Częstotliwość ta kontrolowana jest za pomocą atomowego wzorca częstotliwości a jej stabilność nieustannie badana przez Instytut Łączności w Warszawie, który może za interesowanym laboratorium przysyłać protokoły badania stabilności wzorca atomowego. Dysponując odpowiednim budżetem można zastosować lepszy odbiornik sygnałów GPS, lub stabilizowany termicznie kwarcowy wzorzec częstotliwości. Część A-2 zestawu źródeł wartości odniesienia jest coraz bardziej potrzebna ponieważ wielu producentów wyposaża obecnie podręczne multimetry w zakresy do pomiaru częstotliwości – f sygnałów przemiennych.

W części-A3 można podstawić pojedyncze lub dekadowe wzorce R, L, C posiadające ważne świadectwa wzorcowania. Szczególnie istotne jest dysponowanie wzorcami rezystancji R, ponieważ prawie każdy multimetr podręczny posiada zakresy przeznaczone do pomiaru tej wielkości.

Komputer-PC pełni w systemie rolę centrum sterującego procedurami kalibracji **sprawdzonego multimetru-B**, akwizycją uzyskiwanych wyników, ich graficzną prezentacją i statystyczną oceną niepewności.

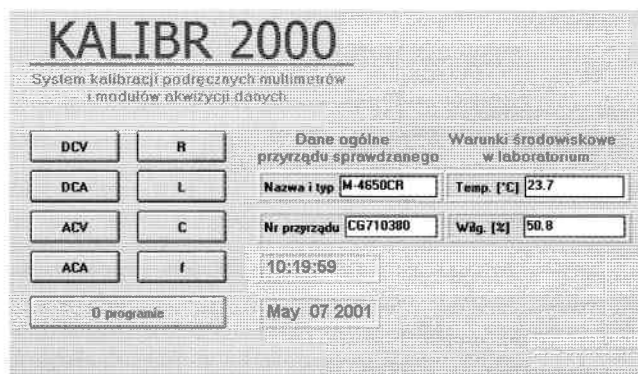
Warunki otoczenia, to znaczy zmiany wartości temperatury i wilgotności powietrza w laboratorium LABBiKAL w którym użytkowany jest KSDPM „KALIBR” monitorowane i rejestrowane są za pomocą odrębnego mikroprocesorowego systemu połączonego z komputerem PC interfejsem RS-232 pozwalającym na transmisję zapamiętanych wartości, które następnie opracowywane są statystycznie i prezentowane w czytelnej formie graficznej [7].

#### 4. Oprogramowanie „Kalibr-2000”

„Sercem” KSDPM jest oprogramowanie „Kalibr-2000” napisane [17] i doskonalone [18] w specjalistycznym środowisku obiektowego programowania systemów pomiarowych – „TEST-POINT”.

Program ten ma budowę modułową pozwalającą na wybór rodzaju i wartości sprawdzanego zakresu pomiarowego oraz realizowanego sposobu diagnostyki podręcznego multimetru. Na rys. 2 przedstawiony jest panel główny programu umożliwiający dokonanie wyboru rodzaju sprawdzanego zakresu pomiarowego, wpisanie ogólnych danych multimetru sprawdzanego i warunków środowiskowych panujących w laboratorium.

Po wybraniu przez operatora rodzaju zakresu pomiarowego odpowiednim przyciskiem na przykład DCV – pojawia się kolejny panel pozwalający na wybór sposobu diagnozowania, który uzależniony jest od tego, które elementy zestawionego systemu posiadają interfejsy pozwalające na współpracę z komputerem typu PC. Sposób diagnozowania może więc być: w pełni automatyczny, pół-automatyczny lub w pełni ręczny, to jest taki w którym ręcznie nastawiana jest wartość generowana przez źródło wartości odniesienia,



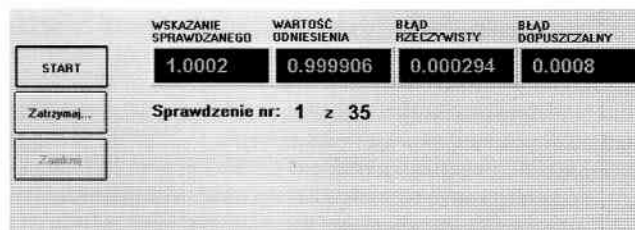
Rys. 2. Panel główny programu „Kalibr-2000”

nia, ręcznie wpisywane są za pomocą klawiatury komputera wartości wskazywane przez multimetry: sprawdzany i kontrolny. Program „Kalibr-2000” dokonuje więc w tym przypadku tylko obliczeń oraz sprawdza czy spełnione są odpowiednie kryteria diagnostyczne i „eksportuje” wyniki do arkusza kalkulacyjnego MS Excel. Dzięki temu czas sprawdzania poprawności wskazań jest i tak poważnie skrócony w stosunku do czasu który byłby potrzebny gdyby obliczenia dla każdego punktu sprawdzeń wykonywane były na kalkulatorze.

Sposób w pełni automatyczny, jest możliwy wówczas gdy wszystkie potrzebne elementy systemu posiadają interfejsy.

Operator systemu może obserwować w okienkach panelu przedstawionego na rys.3. sytuację ustaloną przez system w każdym punkcie sprawdzeń. W okienkach tych eksponowane są wartości:

- wskazywana przez multimetr sprawdzany
- wskazywana przez multimetr wzorcowy
- wyznaczona przez system - wartość błędu rzeczywistego multimetru sprawdzanego
- wyznaczona przez system- wartość błędu dopuszczalnego wynikająca z deklaracji producenta



Rys. 3. Panel programu „Kalibr-2000” pozwalający na ekspozycję stanu badanego multimetru w poszczególnych punktach sprawdzeń

Wartości te są automatycznie „eksportowane” przez program „Kalibr-2000” do arkusza kalkulacyjnego MS Excel łącznie z rezultatami diagnozy. Po zakończeniu całego cyklu sprawdzania poprawności wskazań na danym zakresie program „zatrzymuje” działanie systemu i pozostawia plik z wynikami sprawdzenia danego zakresu pomiarowego w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel.

#### 5. Przykładowe wyniki sprawdzenia jednego zakresu pomiarowego

W Tabeli 1. przedstawiono kompletne wyniki sprawdzenia multimetru podręcznego M-4650CR na zakresie 2V napięcia stałego  $U_{DC}$ , uzyskane w pełnym cyklu automatycznym za pomocą programu „Kalibr-2000”. Z tabeli tej wynika że program dokonuje nie tylko obliczeń błędów, ale sprawdza także dwa ważne kryteria. **Kryterium-1**, podstawowe, które jest spełnione w takiej sytuacji gdy wyznaczony w danym punkcie sprawdzania, rzeczywisty bezwzględny błąd badanego multimetru jest mniejszy lub równy błę-

dowi dopuszczalnemu określone w tym samym punkcie na podstawie deklaracji producenta tego przyrządu.

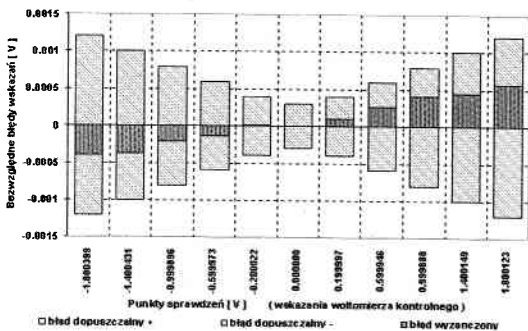
$U_s$	$U_p$	$\Delta$	$\Delta_d$	$\Delta U_p$	TAR	Czy TAR jest < 0,2	Czy	Ocena:
[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	$  \Delta U_s /   \Delta_d  $	$  \Delta U_d /   \Delta_d  $	$  \Delta   \leq   \Delta_d  $	MULTIMETR WSKAZUJE:
					Kryterium 2	Kryterium 1		
-1.8008	-1.800459	-0.000341	0.0012	0.000104	0.09	TAK	TAK	POPRAWNIE
-1.4007	-1.400458	-0.000242	0.001	0.000092	0.09	TAK	TAK	POPRAWNIE
-1.0001	-0.999934	-0.000166	0.0008	0.00008	0.1	TAK	TAK	POPRAWNIE
-0.6001	-0.599983	-0.000117	0.0006	0.000068	0.11	TAK	TAK	POPRAWNIE
-0.2	-0.200024	0.000024	0.0004	0.000056	0.14	TAK	TAK	POPRAWNIE
0.2001	0.200012	0.000088	0.0004	0.000056	0.14	TAK	TAK	POPRAWNIE
0.6002	0.599944	0.000256	0.0008	0.000068	0.11	TAK	TAK	POPRAWNIE
1.0002	0.999915	0.000285	0.0008	0.00008	0.1	TAK	TAK	POPRAWNIE
1.4007	1.400301	0.000399	0.001	0.000092	0.09	TAK	TAK	POPRAWNIE
1.8008	1.800293	0.000507	0.0012	0.000104	0.09	TAK	TAK	POPRAWNIE

Tab. 1. Wyniki sprawdzenia poprawności wskaźń multimetru M-4650CR na zakresie 2V

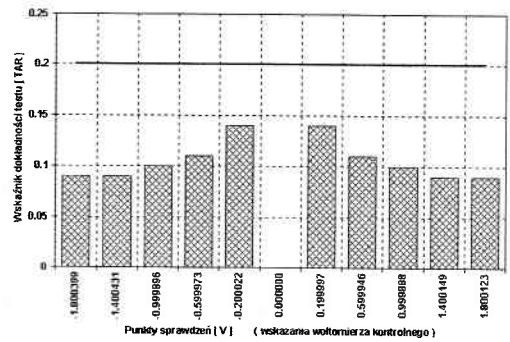
$U_s$  – wartość napięcia wskazana przez multimetr sprawdzany  
 $U_p$  – wartość napięcia poprawna (wartość odniesienia) wskazana przez multimetr kontrolny  
 $\Delta = (U_s - U_p)$  – błąd bezwzględny wskaźń multimetru sprawdzanego  
 $\Delta_d$  – dopuszczalny błąd bezwzględny multimetru sprawdzanego deklarowany przez jego producenta  
 $\Delta U_p$  – dopuszczalny błąd bezwzględny multimetru kontrolnego deklarowany przez jego producenta

**Kryterium-2**, dodatkowe, dające większą pewność uzyskanych wyników. Warunkiem koniecznym do spełnienia tego kryterium jest to, aby ilorzec deklarowanych przez producentów, ogólnych dokładności multimetrów: kontrolnego i sprawdzanego zwany współczynnikiem dokładności testu [ang. Test Accuracy Ratio – TAR] był mniejszy lub równy określonej wartości wybranej z przedziału (0,1-0,33). Prezentowane w tabeli .1 wyniki uzyskano przyjmując wartość TAR=0,2 .

Dzięki automatycznemu zapisywaniu przez program "Kalibr-2000" wyników sprawdzania poprawności wskaźń w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel uzyskane wyniki sprawdzenia można bardzo łatwo zaprezentować w czytelnej formie graficznej której przykład przedstawiono na rys.5. Na rysunku tym wyznaczone w danym punkcie sprawdzenia bezwzględne błędy wskaźń multimetru sprawdzanego przedstawione są na tle dopuszczalnych błędów wskaźń określonych dla tych samych punktów na podstawie deklaracji producenta. Jednym spojrzeniem na rys. 4. Można ocenić czy podstawowe **Kryterium-1**, spełnione jest w każdym punkcie sprawdzanego zakresu pomiarowego.



Rys. 4. Graficzna prezentacja wyników sprawdzenia poprawności wskaźń multimetru M-4650CR na zakresie 2V



Rys. 5. Graficzna prezentacja wartości wskaźnika dokładności testu (ang. Test Accuracy Ratio – TAR) wyznaczonych w każdym punkcie sprawdzania multimetru M-4650CR na zakresie 2V

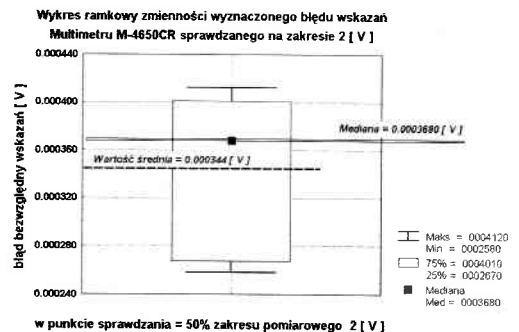
Na podstawie uzyskanych wyników możliwe jest także, wykonanie graficznej prezentacji wartości współczynnika dokładności testu-TAR wyliczonego dla każdego punktu sprawdzeń. Prezentacja taka przedstawiona jest na rys.5. Wynika z niej jasno czy dodatkowe **Kryterium-2** spełnione jest, w każdym punkcie sprawdzania danego zakresu.

### 6. Statystyczna ocena niepewności uzyskiwanych wyników sprawdzeń.

Użytkowanie KSDPM „KALIBR” w warunkach zgodnych z wymaganiami [15], [16] stawianymi laboratoriom akredytowanym, wymaga opracowania i wdrożenia procedur wyznaczania niepewności uzyskiwanych wyników sprawdzania poprawności wskaźń lub wyznaczania funkcji kalibracji.

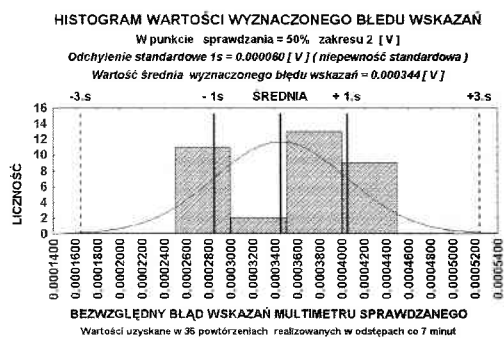
Laboratorium LABBIKAL pracuje obecnie nad takimi procedurami uwzględniając zalecenia [15], [16], oraz możliwości opracowanego oprogramowania „Kalibr-2000”.

Jedną z dwóch metod potrzebnych do wyznaczania niepewności wyników kalibracji, jest metoda-A wykorzystująca metody statystyczne. Dzięki wbudowanemu w program „Kalibr-2000” algorytmom powtórzeń realizowanym automatycznie, możliwe jest zebranie danych pozwalających na statystyczną ocenę wyników kalibracji. Na rys. 6. Przedstawiono „wykres ramkowy” zmienności błędów wskaźń multimetru M-4650CR sprawdzanego na zakresie 2 V DC



Rys. 6. Wykres „ramkowy” zmienności bezwzględnego błędów wskaźń multimetru M-4650 CR wyznaczonej w 35 powtórzeniach realizowanych w odstępach czasu co 7 minut, dla punktu sprawdzania – 1V, na zakresie pomiarowym 2V

w punkcie sprawdzeń – 1V (50% tego zakresu). Zmienność wartości tego błędów uzyskano w 35 powtórzeniach realizowanych automatycznie w odstępach około 7 minut. Wykres ten pozwala stwierdzić że rozkład wartości wyznaczonych błędów wskaźń nie jest żadnym z rozkładów zalecanych do szacowania niepewności przez EA [15], [16], (normalnym, prostokątnym, trójkątnym). Potwierdza to także histogram rozkładu tych samych wartości błędów wyznaczonych dla tego samego punktu sprawdzeń, przedstawiony na rys. 7. Z rysunku tego wynika że rozkład wartości wyznaczonego



Rys. 7. Histogram wartości bezwzględnego błędu wskazań multimetru M-4650CR wyznaczonych w 35 powtórzeniach realizowanych w odstępach ok. 7 minut, dla punktu sprawdzania 1V na zakresie pomiarowym 2V

w 35 powtórzeniach błędu wskazań ma charakter niesymetrycznego rozkładu dwumodalnego.

Na podstawie tej wstępnej statystycznej oceny niepewności uzyskiwanych w laboratorium LABBiKAL wyników kalibracji, można wyciągnąć następujące wnioski:

Konieczne jest stosowanie zaleceń [15], [16] wynikających z doświadczeń wielu renomowanych laboratoriów. Należy szczególnie uwzględniać główną część tych zaleceń, zawierającą procedury wyznaczania składowych niepewności szacowanych obydwiema rodzajami metod: A – statystycznymi oraz B – innymi.

Nie powinno się natomiast bezkrytycznie powielać załączonych do tych zaleceń (w formie aneksów) przykładów, ponieważ przyjęte w tych przykładach założenia o charakterze rozkładów zmienności poszczególnych składowych „budżetu niepewności”, mogą nie być spełnione w konkretnych warunkach danego laboratorium.

## 7. Podsumowanie

Opracowany i uruchomiony w laboratorium LABBiKAL Komputerowy System Diagnostyki Podręcznych Multimetrów posiada otwartą i elastyczną strukturę ułatwiającą jego doskonalenie oraz modyfikację opracowanego oprogramowania „Kalibr-2000”. Wbudowane w program algorytmy powtórzeń pozwalają na statystyczną ocenę uzyskiwanych wyników kalibracji uwzględniającą rzeczywiste rozkłady wartości poszczególnych składowych na podstawie których obliczane są błędy wskazań. Rozkłady te mogą w sytuacji danego laboratorium odbiegać od podanych w przykładach dołączonych do zaleceń Komitetów Akredytacyjnych [15], [16].

Zastosowana w KSDPM „KALIBR” koncepcja wykorzystania własnego oprogramowania, oraz krajowych programowanych źródeł wartości odniesienia, kontrolowanych dobrej klasy importowanym multimetrem pozwala na uzyskanie, przy rozsądnych kosztach, systemu kalibracji podręcznych multimetrów który mieści się pomiędzy średnim światowym poziomem krajowych kalibratorów [19], a najwyższym poziomem uniwersalnych kalibratorów wytwarzanych przez nieliczne renomowane firmy światowe. [5].

## 8. Podziękowania

Wyrażam serdeczne podziękowania moim dyplomantom, absolwentom Zakładu Metrologii i Systemów Pomiarowych Politechniki Rzeszowskiej: magistrum inżynierom: **Krzysztofowi FARIONOWI** i **Andrzejowi WĄSACZOWI** za bardzo duży wkład w przygotowanie pierwszej wersji KSDPM i oprogramowania „Kalibr-98” napisanego w języku Turbo Pascal, oraz mgr inż. **Waldemarowi PONDELOWI** za przetworzenie w środowisku „TEST-POINT” niektórych algorytmów programu „Kalibr-98” w program „Kalibr-2000” i systematyczne doskonalenie tego programu.

Dziękuję także swojemu zastępcy mgr inż. **Pawłowi POTY-**

**RAŃSKIEMU** za troskę o właściwą konfigurację systemów komputerowych pracujących w laboratorium LABBiKAL, oraz za liczne konsultacje pomocne przy tworzeniu i instalacji oprogramowania KSDPM „KALIBR”.

Słowa wdzięczności kieruję także do **dr inż. Jacka JAKUBOWSKIEGO** dyrektora firmy „StatSoft-Polska”, za życzliwe udostępnienie programu STATISTICA PL w wersji zawierającej procedury ułatwiające statystyczną ocenę niepewności wyników kalibracji.

## 9. Bibliografia

- [1] TABISZ R.: „Measurement and Diagnostic Technology in Quality Control Systems” Proceedings of the EOQ'94 Annual Conference. LISBON. June. 1994. pp. 108-114.
- [2] TABISZ R.: „Przemysłowe Systemy Pomiarowo-Diagnostyczne.” METROLOGIA-wczoraj-dzisiaj. Praca zbiorowa pod redakcją J. MROCZKI. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. 1997. ss. 133-143.
- [3] CRISP P.B.: „DMM Terminology” CAL LAB July-August. 1997. ss 31- 33
- [4] ROWE M.: „Follow the Chain to NIST-traceable Calibrations” Test & Measurement World. December.1999.
- [5] Fluke's Acquisition of Wavetek-Datron” CAL LAB. January/February. 2000
- [6] TABISZ R.: System kalibracji podręcznych multimetrów „KALIBR-2000” Materiały XXXII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów. Rzeszów-Jawor. 11-15 września 2000 roku. Tom II ss.
- [7] TABISZ R.: „Statystyka w Laboratorium Badawczo-Pomiarowym cz.1. LAB No 2. 2000. ss. 48-50.
- [8] OŁĘDZKI J.S.: „Multimetry – stan dzisiejszy i rozwój” V Sympozjum Klubu PF ISO 9000, Mikołajki, 20-22.10.1997 ss. III.E/29-38.
- [9] ROWE M.: „DMMs Do More Than Measure” Test & Measurement World. March. 1999. ss.59-61.
- [10] WARSZA Z.L.: „Dokładne podręczne multimetry cyfrowe – budowa, właściwości metrologiczne i użytkowe”. Wiadomości Elektrotechniczne. ROKLXVIII. No 11. 2000. ss. 576-581.
- [11] OŽOG A.: „Nadzór nad wyposażeniem pomiarowym w wymaganiach dotyczących kompetencji laboratoriów i normach ISO 9000.” VI Sympozjum Klubu PF ISO 9000, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 16-18.10.2000.
- [12] CRISP P.B.: „A Generic DMM Test and Calibration Strategy” CAL LAB. May-June. 1997. pp. 24-34.
- [13] RZEŻNICKI J.: „Jak to robią Francuzi ?” ELEKTRONIK. Magazyn Elektroniki Profesjonalnej Nr 3 1999 r. s.s. 1, 42-45.
- [14] PIOTROWSKI J., KOSTYRKO K.: „Wzorcowanie aparatury pomiarowej” WNT Warszawa 2000.
- [15] EA-10/15 „EA – Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters” European Co-Operation for Accreditation. Publication Reference. January. 2001. ss. 1-17.
- [16] EA-4/02. „Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration” European Co-Operation for Accreditation. Publication Reference. December 1999. ss. 1-79.
- [17] PONDEL W.: „Kalibracja modułu akwizycji danych” Politechnika Rzeszowska. Wydział Elektrotechniki i Informatyki. Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych. Praca magisterska (promotor TABISZ R.) lipiec 2000.
- [18] PONDEL W.: „Ocena poprawności wskazań trzech podręcznych multimetrów” Politechnika Rzeszowska. Wydział Elektrotechniki i Informatyki. Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych. Laboratorium Badań i Kalibracji LABBiKAL. Opracowanie wewnętrzne. styczeń-luty. 2001.
- [19] OLENCKI A.: „Kalibratory-aktualny stan i rozwój” Materiały V Sympozjum PF ISO 9000, Mikołajki, 20-22.10.1997. ss. III.E/39-50.