

# Trójfazowy kalibrator mocy & automatyczny tester urządzeń elektrycznych

dr hab. inż. Andrzej OLENCKI, prof. UZ

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Inmel 1989-90 i Calmet od 1990. Studia (Bydgoszcz, Charków 1972-77), doktorat (Wrocław 1984-86), habilitacja (Kijów 1989-91). Od 1991 profesor Instytutu Informatyki i Elektroniki oraz kierownik Zakładu Elektroniki i Układów Mikroprocesorowych. Zainteresowania to odtwarzanie i pomiar wielkości elektroenergetycznych.

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



## Streszczenie

Opisano zagadnienia testowania urządzeń, które wymagają określenia ich charakterystyki błędów lub charakterystyki czasowej. Przedstawiono ideę, strukturę sprzętową i programową nowego rodzaju urządzenia – trójfazowego kalibratora mocy i automatycznego testera urządzeń elektrycznych typu C300.

## Abstract

Electrical equipments testing and identification its error or time curves is described. Idea, hardware and software structures of new kind of device – three phase power calibrator and electric equipment automatic tester is presented.

**Słowa kluczowe:** testowanie urządzeń, kalibratory mocy, testery urządzeń.

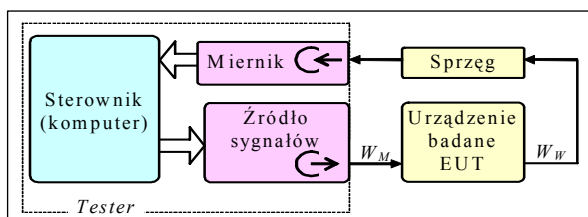
**Keywords:** equipment testing, power calibrators, electrical equipment testers.

## 1. Wstęp

Celem kontroli, sprawdzenia czy testowania urządzenia elektrycznego jest ustalenie, czy jest spełniony następujący warunek zgodności z wymaganiami [1]:

$$\frac{|W_W - W_M|}{W_M} \leq \Delta W_{DOP} \quad (1)$$

gdzie  $W_W$  jest wskazaniem badanego urządzenia,  $W_M$  jest wartością wielkości mierzonej a  $\Delta W_{DOP}$  jest dopuszczalnym błędem badanego urządzenia. Sprawdzanie warunku (1) jest realizowane w systemie przedstawionym na rys.1, złożonym ze źródła sygnałów, miernika i sterownika, tworzących tester urządzeń EUT.



Rys. 1. System do badania urządzeń elektrycznych  
Fig. 1. System for testing of electrical equipment

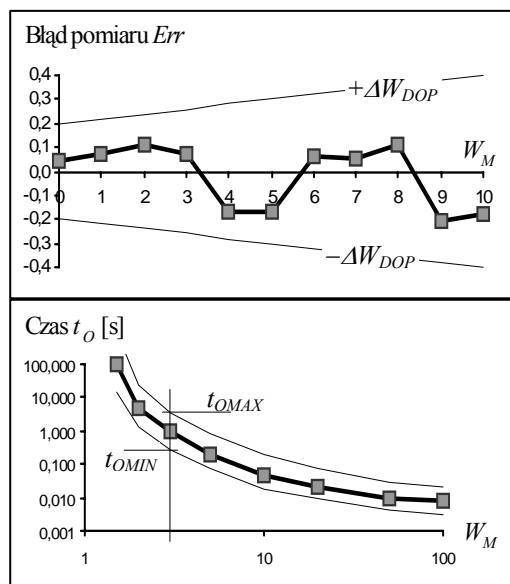
Testowanie trójfazowych urządzeń EUT prądu przemiennego wymaga stosowania źródeł sygnałów trójfazowych do odtwarzania wartości wielkości mierzonej  $W_M$ : kalibratorów mocy, wymuszalników, zasilaczy pomiarowych. W zależności od rodzaju badanego urządzenia, jako źródła sygnałów są stosowane:

- dokładne, ale wolne trójfazowe kalibratory mocy,
  - szybkie, ale mało dokładne trójfazowe zasilacze pomiarowe.
- Wymagania dużej dokładności i dużej szybkości (krótkiego czasu odpowiedzi) są sprzeczne, z tego powodu do sprawdzania mierników, przetworników, przekładników, liczników energii czy cęg prądowych są stosowane kalibratory [2], natomiast do sprawdzania urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ są stosowane testery z zasilaczami pomiarowymi [3]. W pracy zaprezentowano koncepcję trójfazowego kalibratora mocy i automatycznego testera w/w urządzeń – kalibratora/testera typu C300 [4].

## 2. Charakterystyki badanych urządzeń

Kalibrator C300 umożliwia uzyskanie dwóch rodzajów charakterystyk przedstawionych na rys.2:

- charakterystyki błędów w funkcji wartości wielkości mierzonej  $W_M$ . Wymaganie określenia charakterystyki błędów dotyczy analogowych i cyfrowych mierników, przetworników pomiarowych, przekładników prądowych, liczników energii i cęg prądowych [5, 6]. Oś Y błędów pomiaru  $Err$  może być reprezentowana błędem bezwzględnym, względnym lub dwuskładnikowym. Oś X może być reprezentowana wartością wielkości mierzonej lub krotnością wybranego parametru wielkości mierzonej, np. krotnością prądu bazowego przy sprawdzaniu liczników energii,
- charakterystyki czasowej w funkcji wartości wielkości mierzonej  $W_M$  [7]. Wymaganie określenia charakterystyki czasowej dotyczy urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ. Oś Y czasu odpowiedzi  $t_O$  jest wyrażona w jednostkach czasu zadziałania zabezpieczenia liczonego od podania zadanej wartości wielkości mierzonej do czasu zmiany stanu wyjścia zabezpieczenia. Oś X może być reprezentowana zarówno wartością wielkości mierzonej, jak i krotnością wartości bazowej.



Rys. 2. Charakterystyki badanych urządzeń  
Fig. 2. Characteristics of equipment under test EUT

Obie charakterystyki mogą być przedstawione w postaci wykresów lub tablic. Charakterystyki badanych urządzeń powinny być zawarte w następujących przedziałach dopuszczalnych wartości:

$$-W_{DOP}(W_M) < Err(W_M) < +W_{DOP}(W_M) \quad (2)$$

$$t_{O\ MIN}(W_M) < t_O(W_M) < t_{O\ MAX}(W_M) \quad (3)$$

gdzie:  $-W_{DOP}(W_M)$ ,  $+W_{DOP}(W_M)$ ,  $t_{O\ MIN}(W_M)$  i  $t_{O\ MAX}(W_M)$  są funkcjami zmiennej  $W_M$  określającymi przedziały dopuszczalnych wartości błędów lub czasu odpowiedzi badanego urządzenia. Charakterystyki przedstawione na rys.2 mogą być zdjęte metodą „punkt po punkcie” dla kolejnych wartości punktów pomiarowych  $W_M$  lub w cyklu automatycznym bez udziału operatora – rola operatora sprowadza się do podłączenia EUT i uruchomienia testu.

### 3. Struktura kalibratora/testera

Na rys.3 przedstawiono system do badania urządzeń elektrycznych złożony z kalibratora/testera, komputera z programem *Calpro 300* i badanych urządzeń. Kalibrator/tester składa się z precyzyjnego generatora trójfazowego klasy 0,05 i zestawu następujących mierników do pomiaru sygnałów wyjściowych badanych urządzeń:

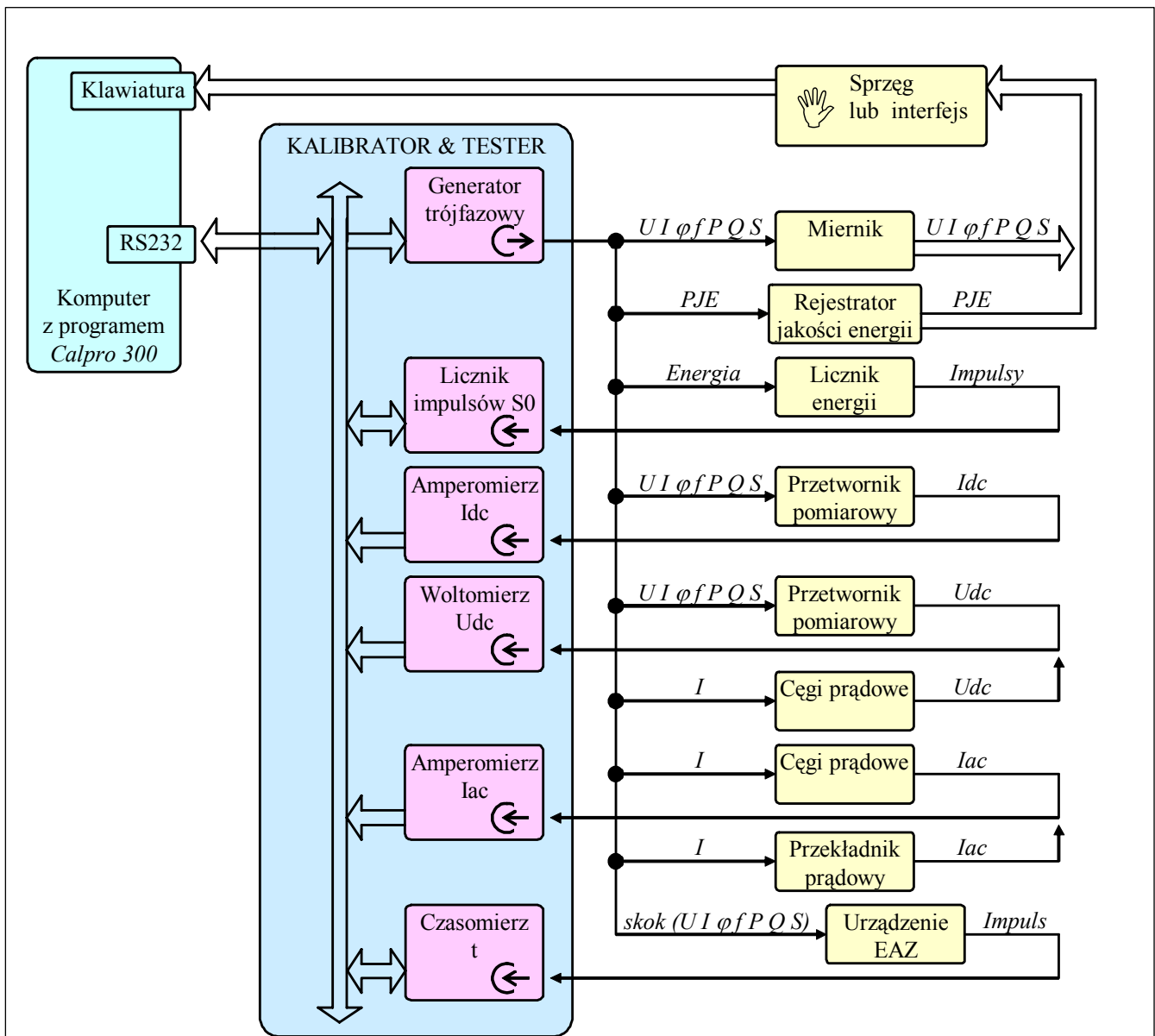
- licznika impulsów S0 do zliczania impulsów z wyjścia elektronicznych liczników energii lub z wyjścia fotogłowicy. Licznik impulsów zlicza impulsy w zadanym czasie T lub mierzy czas T zadanej liczby impulsów N,
- amperomierza do pomiaru prądów stałych  $I_{dc}$  z wyjścia przetworników pomiarowych,
- woltomierza do pomiaru napięć stałych  $U_{dc}$  z wyjścia przetworników pomiarowych lub z wyjścia cęg prądowych,
- amperomierza do pomiaru prądów przemiennych  $I_{ac}$  z wyjścia cęg prądowych lub z wyjścia przekładników prądowych,
- czasomierza do pomiaru czasu  $t_0$  odpowiedzi urządzenia EAZ.

również metodą „punkt po punkcie”, jak i w cyklu automatycznym. W przypadku badania analogowych i cyfrowych mierników parametrów sieci lub rejestratorów parametrów jakości energii *PJE*, tj. urządzeń albo bez interfejsu, albo z interfejsem ale z indywidualnym protokołem transmisji, możliwe jest zdjęcie charakterystyki błędów pomiaru *Err* w następujący sposób:

- metodą „punkt po punkcie”, wprowadzając ręcznie do komputera wartości wskazań  $W_{wp}$  badanego urządzenia,
- w cyklu automatycznym z zastosowaniem interfejsu, po zastosowaniu specjalistycznego sprzęgu i programu komputerowego, np. w przypadku badania mierników analogowych jako sprzęg może służyć optyczny system identyfikacji położenia wskazówki EUT.

### 4. Struktura oprogramowania

Na rys.4 przedstawiono okno programu *Calpro 300* trybu asymetrycznego trójfazowego kalibratora mocy wraz z rozwiniętą strukturą. Program umożliwia pracę kalibratora/testera w następujących trybach:

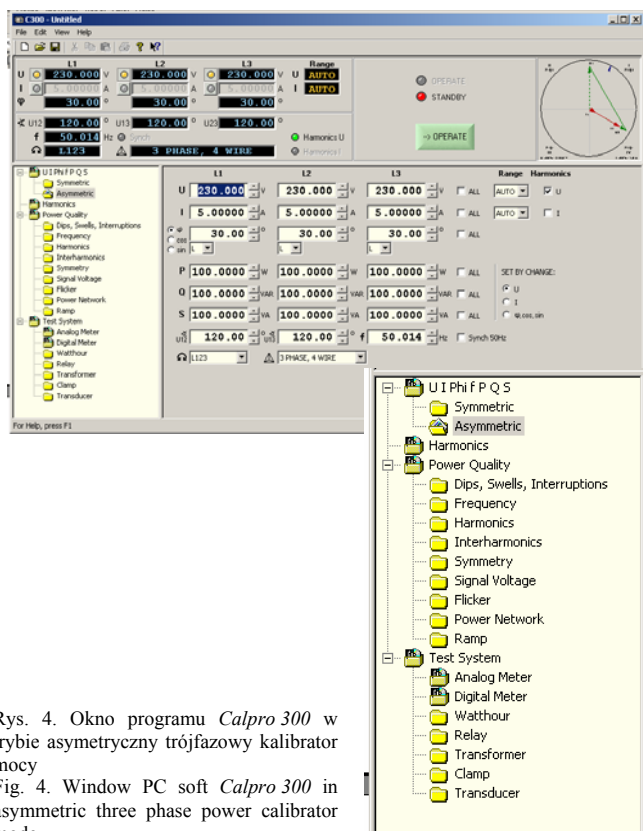


Rys. 3. System z kalibratorem / testerem  
Fig. 3. System with calibrator / tester

Wyposażenie kalibratora/testera w mierniki sygnałów znormalizowanych umożliwia połączenie EUT z kalibratorem/testerem za pomocą zwykłych przewodów bez konieczności stosowania sprzęgu (rys.1), a charakterystyki tych urządzeń mogą być uzyskane za-

- symetryczny *Symmetric* i asymetryczny *Asymmetric* trójfazowy kalibrator mocy sinusoidalnych sygnałów z możliwością programowania napięć, prądów, kątów fazowych, częstotliwości i mocy  $UI\Phi fPQS$ ,
- trójfazowy kalibrator mocy z możliwością programowania harmonicznych *Harmonics* napięć i prądów,

- trójfazowy kalibrator parametrów jakości energii *Power Quality* z możliwością programowania takich parametrów jakości jak zapady napięcia *Dips*, przepięcia napięcia *Swells*, przerwy w napięciu *Interruptions*, zmiany częstotliwości *Frequency*, harmoniczne *Harmonics*, interharmoniczne *Interharmonics*, niesymetria *Symmetry*, zawartość sygnału w napięciu *Signal Voltage*, wahania napięcia i dawka wahań *Flicker*,
- trójfazowy tester *Test System* analogowych mierników *Analog Meter* i cyfrowych mierników *Digital Meter* z możliwością wspomagania badania analogowych i cyfrowych mierników przy stosowaniu metody „punkt po punkcie”,
- trójfazowy automatyczny tester *Test System* liczników energii *Watthour*, zabezpieczeń *Relay*, przekładników *Transformer*, cęg prądowych *Clamp*, przetworników pomiarowych *Transducer*.



Rys. 4. Okno programu *Calpro 300* w trybie asymetryczny trójfazowy kalibrator mocy  
Fig. 4. Window PC soft *Calpro 300* in asymmetric three phase power calibrator mode

## 5. Podstawa i efekty pomysłu

Pierwszy krajowy trójfazowy kalibrator mocy typu SQ33 [8], do dziś produkowany, został opracowany prawie 20-cia lat temu. Od tego czasu wprowadzono na rynek dwa nowe modele:

- C233 [9] o zwiększonej mocy, z zakresem prądów do 100A, z redukcją ceny o 50% ale tylko z ręcznym programowaniem,
- Inmel 8033 [10] z możliwością programowania harmonicznych.

Dopiero dwudziestoletnie doświadczenie w produkcji kalibratorów mocy oraz zastosowanie najnowszych technologii elektronicznych i informatycznych pozwoliło podjąć zadanie opracowania trójfazowego kalibratora mocy nowej generacji – kalibratora/testera typu C300, w którym:

- jednocześnie zredukowano o 1/3 gabaryty, o 1/3 (tj. o 15kg) masę i o 1/3 cenę przy znacznym zwiększeniu mocy wyjściowej,
- wyjście wszystkich podzakresów prądowych wyprowadzono na wspólne zaciski i rozszerzono zakres prądów do 100A, co jest warunkiem koniecznym do automatycznego badania liczników bezpośrednich – odpada konieczność ręcznego przełączania przewodów między zaciskami prądowymi,

- kilkusetkrotnie zmniejszono czas odpowiedzi kalibratora przy przejściu w stan „operate” dzięki zastosowaniu próbkująco-pamiętającego regulatora do stabilizacji napięć i prądów, co umożliwia badanie zabezpieczeń od milisekundowych czasów zadziałania,
- zastosowano bogaty zestaw mierników do pomiaru sygnałów wyjściowych badanych urządzeń, co wraz z odpowiednim oprogramowaniem jest niezbędne do automatycznego testowania urządzeń,
- wprowadzono możliwość wykonania aktualizacji oprogramowania przez użytkownika kalibratora na nowe, otrzymane drogą elektroniczną od producenta – otwiera to ofertę na nowy rodzaj usług projektowania indywidualnych menu programu wg wymagań użytkownika i instalowanie nowych funkcji programowych, bez konieczności przesyłania kalibratora do producenta.

## 5. Podsumowanie

Aktualnie, testowanie urządzeń elektrycznych prądu przemiennego w układach wielofazowych odbywa się z zastosowaniem dwóch rodzajów urządzeń:

- trójfazowych kalibratorów mocy stosowanych do badania charakterystyk błęd,
- testerów EAZ do badania charakterystyk czasowych.

Trójfazowe kalibratory mocy są tak bardzo złożonymi urządzeniami, że ich twórcy skupiali się głównie na realizacji funkcji odzwierciedlenia wzorcowego wektora trójfazowego napięć i prądów wymaganej klasy dokładności. Pierwszy krajowy trójfazowy kalibrator mocy [8] wyposażono w funkcję testera liczników energii metodą kalibratora kontrolnego, w kolejnym kalibratorze [10] dodano funkcję testera urządzeń z wyjściem stałoprądowym – w obu przypadkach, bez indywidualnego oprogramowania, możliwe jest zdejmowanie charakterystyki błęd jedynie metodą „punkt po punkcie” urządzeń o stosunkowo małych poborach mocy.

Znaczne zmniejszenie wymiarów, wagi i ceny, zwiększenie mocy wyjściowej, rozszerzenie zakresu prądów z wyprowadzeniem ich na wspólny zacisk, dodanie funkcji pomiaru sygnałów przemiennych, dodanie funkcji pomiaru czasu od milisekundowych wartości z kilkusetkrotną redukcją czasu odpowiedzi kalibratora wraz z odpowiednim oprogramowaniem tworzą podstawę nowego rodzaju urządzenia – trójfazowego kalibratora mocy & automatycznego testera urządzeń elektrycznych.

## 3. Literatura

- [1] Olencki A.: Zastosowanie kalibratorów do adiustacji, wzorcowania i sprawdzania urządzeń, KNWS'05, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2005, 229-233.
- [2] Olencki A., Urbański K.: Kalibratory mocy prądu przemiennego, Krajowy Kongres Metrologii KKM'98, 1998, Tom3, 233-241.
- [3] 2100 Electrical Test Equipment Calibrator, Extended specifications V4.00, Transmille, 2006, www.transmille.com.
- [4] Trójfazowy kalibrator mocy i tester aparatury energetycznej typu C300, karta katalogowa, Calmet, 2006.
- [5] Przetworniki pomiarowe do przetwarzania wielkości elektrycznych prądu przemiennego na sygnały analogowe lub cyfrowe, norma PN-EN 60688.
- [6] Alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 0,2S and 0,5S), Publication IEC 687.
- [7] Brus K.: Wyłączniki nadprądowe, 2006, www.lubin.mm.pl.
- [8] Kalibrator mocy i energii w układzie trójfazowym typu SQ-33, Norma zakładowa ZN-87/MERA-005/324, OBRME Lumel, 1987.
- [9] Kalibrator napięć i prądów przemiennych typu C200/C233, Instrukcja obsługi, Calmet, 1997.
- [10] Kalibratory mocy i energii elektrycznej prądu przemiennego Inmel 8033, parametry techniczne, www.inmel.com.pl.

**Title:** Three phase power calibrator & automatic tester of electrical devices.