

## LABORATORIUM POMIAROWE „METROL”

*Referat przedstawia historię i stan obecny – możliwości ofertę Laboratorium Pomiarowego „METROL” oraz informację na temat szacowania niepewności pomiarów.*

### 1. DZIAŁALNOŚĆ LABORATORIUM

Laboratorium Pomiarów Elektrycznych OBR Metrologii Elektrycznej od początku istnienia wykonywało usługi ma rzecz klienta wewnętrznego, czyli OBR w zakresie:

- badań wyrobów opracowywanych,
- kontroli jakościowej bieżącej produkcji,
- gospodarki aparaturą kontrolno – pomiarową,

oraz na rzecz klienta zewnętrznego, dla którego wykonywano usługi legalizacji kalibratorów wielkości elektrycznych w Punkcie Legalizacyjnym, na podstawie upoważnienia Polskiego Komitetu Normalizacji Miar i Jakości w Warszawie.

Po wejściu w życie nowej ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. „Prawo o miarach”, która zniósła obowiązek legalizacji sterowanych źródeł odniesienia, Laboratorium Pomiarowe kontynuowało działalność usługową pod nadzorem Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu, a następnie pod nadzorem Okręgowego Urzędu Miar w Szczecinie. W czerwcu tego roku zakończono współpracę z Urzędami Miar przygotowując się intensywnie do akredytacji, która jest nadrzędnym celem Laboratorium jako laboratorium pomiarowego, spełniającego wdrożony wcześniej system jakościowy zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001.

W pierwszych dniach grudnia został złożony wniosek do Polskiego Centrum Akredytacji o certyfikację Laboratorium Pomiarowego Metrol.

Dowodami na utrzymanie jakości w Laboratorium jest:

- 13 świadectw wzorcowań wystawionych przez Główny Urząd Miar w Warszawie w 2004 roku dla aparatury, którą Laboratorium posługuje się przy wzorcowaniu lub sprawdzaniu przyrządów powierzonych przez klientów,
- 12 instrukcji wzorcowania aparatury Laboratorium we własnym zakresie,
- 15 procedur systemu jakości stosowanych w Laboratorium,
- 8 procedur pomiarowych.

Wykwalifikowany i kompetentny personel jest gwarantem rzetelnych i precyzyjnych pomiarów. Wszyscy pracownicy Laboratorium legitymują się wyższym wykształceniem elektrotechnicznym, przeszli stosowne kursy i przeszkolenia.

Krótkie terminy realizacji zleceń, sprawna obsługa, są dodatkowym atutem Laboratorium.

Ci sami klienci korzystają z naszych usług regularnie, a dzięki poszerzeniu spektrum naszej działalności o wzorcowanie higrometrów, cyfrowych mierników temperatury oraz badanie zjawisk z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej, pozyskaliśmy nowe działy gospodarki.

Laboratorium po wcześniejszych uzgodnieniach świadczy usługi pomiarowe także u klienta. Pozwala to przeprowadzić wymagane badania aparatury kontrolno-pomiarowej używanej w procesach produkcyjnych bez potrzeby zatrzymywania tych procesów lub czasochłonnych przerw w produkcji.

Najlepsze zdolności pomiarowe Laboratorium Pomiarowego Metrol wyszczególniono w poniższej tabeli.

Tabela 1. Zakres akredytacji Laboratorium Pomiarowego „METROL”

Nazwa wielkości fizycznej	Zakres pomiarowy	Najlepsza zdolność pomiarowa
Napięcie stałe (U DC)	±200mV	±(6ppm N + 0,5ppm Z)
	±2V	±(3ppm N + 0,2ppm Z)
	±20V	±(3ppm N + 0,1ppm Z)
	±200V, ±1000V	±(6ppm N + 0,2ppm Z)
Napięcie przemienne (U AC)	200mV 10Hz ÷ 10kHz	±(120ppm N + 20ppm Z)
	10kHz ÷ 30kHz	±(300ppm N + 40ppm Z)
	30kHz ÷ 100kHz	±(700ppm N + 100ppm Z)
	2V, 20V, 200V 10Hz ÷ 10kHz	±(100ppm N + 10ppm Z)
	10kHz ÷ 30kHz	±(200ppm N + 20ppm Z)
	30kHz ÷ 100kHz	±(500ppm N + 100ppm Z)
	1000V 10Hz ÷ 10kHz	±(100ppm N + 10ppm Z)
Napięcie U DC, AC	10kHz ÷ 30kHz	±(200ppm N + 20ppm Z)
	0,5 kV ÷ 15 kV	1 %
Prąd stały (I DC)	± 0,2 mA, ± 2 mA, ± 20 mA	± (25ppm N + 2 ppm Z)
	± 200 mA	± ( 50ppm N + 5ppm Z)
	± 2 A	± ( 150ppm N + 10ppm Z)
	± 5A	± 0,0005% N
	± 20 A	± 0,0005% N
	± 10 A ÷ ± 1000 A <sup>1)</sup>	± 0,42% N
Prąd przemienny (I AC)	0,2mA, 2mA, 20mA 10Hz÷5kHz	±(200ppm N + 100ppm Z)
	200mA 10Hz÷5kHz	±(200ppm N + 100ppm Z)
	2A 10Hz÷1kHz	±(500ppm N + 200ppm Z)
	1kHz÷5kHz	±(0,15% N + 0,04% Z)
	5A 10Hz÷20kHz	± 0,05% N
	20A 10Hz÷20kHz	± 0,07% N
	100A 50 Hz	± 0,04% N
	10A ÷ 1000A <sup>1)</sup> 50Hz ÷ 100Hz	±( 0,7% N ÷ 0,6% N)
Rezystancja (R)	20Ω	±(12ppm N + 1ppm Z)
	200Ω	±(8ppm N + 0,3ppm Z)
	2kΩ, 20kΩ, 200kΩ	±(6ppm N + 0,3ppm Z)
	2MΩ	±(10ppm N + 0,7ppm Z)
	20MΩ	±(20ppm N + 4ppm Z)
	100MΩ	±(200ppm N + 45ppm Z)
	10 GΩ <sup>2)</sup>	±0,004% N
Pojemność (C)	1 nF, 10 nF, 100 nF, 1 μF	± 0,10%
	1 μF ÷ 10 μF	± 0,10%
	4,000 1 μF ÷ 40 μF	± ( 0,5% + 16,0 nF)
	40,001 μF ÷ 400 μF	± ( 0,5% + 160,0 nF)
	400,01 μF ÷ 4,0000 mF	± ( 0,5% + 1,6 μF )
	4,0001 mF ÷ 10,000 mF	± ( 1,0% + 60 μF)
Kąt fazowy (φ)	0 ÷ 360 °	0,02 °
Moc czynna P, (bierna Q)	(37,5W ÷ 6000W)x3 <sup>3)</sup> 47Hz ÷ 63Hz	0,02%
	(37,5W ÷ 6000W)x3 <sup>3)</sup> 63Hz ÷ 400Hz	0,05%
Częstotliwość (f)	0 ÷ 10 MHz	2 x 10 <sup>-8</sup>
Składowe harmoniczne	1 ÷ 41	2% Z
Współczynnik THD	1 ÷ 41	0,02%
Symulacja czujników term.	J, K, S	0,19 °C ÷ 0,57 °C
Temperatura punktu rosy	-10,0 °C ÷ +20,0 °C	0,2 °C
Wilgotność względna	10% RH ÷ 90% RH	0,30% RH ÷ 1,9% RH
Temperatura	-30,000 °C ÷ + 150,000 °C	0,062 °C ÷ 0,150 °C

- 1) Pomiar prądu cęgami.
- 2) Pomiar rezystancji metodą techniczną.
- 3) Pomiar mocy w układzie 3-fazowym

## 2. NIEPEWNOŚĆ POMIAROWA




Laboratorium wzorcujące powinno mieć i stosować procedurę szacowania niepewności pomiaru. Co to jest niepewność?

Niepewność – parametr, związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej.

**Niepewność pomiaru** jest wyrażeniem faktu, że dla danej wielkości mierzonej i danego wyniku tej wielkości, istnieje nie jedna wartość, a nieskończenie wiele wartości rozproszonych wokół wyniku. Miarą ilościową niepewności jest odchylenie standardowe. Często potocznie słowem niepewność określa się pojęcie ogólne niepewności, jak i wszystkie miary ilościowe tego pojęcia.

Traktując niepewność jako **zmienną losową**, opieramy się na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej. Zjawiska losowe są charakteryzowane przez określony typ **rozkładu prawdopodobieństwa**. Przy ustalaniu budżetu niepewności pomiaru wielkości mierzonej (wyjściowej)  $Y$  ( $Y = f(X_i)$ ) nieodzowna jest znajomość rozkładu prawdopodobieństwa wielkości wejściowych  $X_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots N$ ).

Wśród typów rozkładów prawdopodobieństwa wyróżnia się min.:

-  Rozkład normalny (zwany też rozkładem Gaussa-Laplace'a) – rozkład najważniejszy stosowany, gdy wpływy różnych czynników są niewielkie i porównywalne, np. wpływ temperatury. Przyjęcie rozkładu normalnego jest uzasadnione, jeżeli wartości wielkości wejściowej  $X_i$  znajdują się w pobliżu środka przedziału zmienności.
-  Rozkład prostokątny (równomierny, jednostajny) – stosowany, gdy nie mamy podstaw twierdzić, że jakkolwiek parametr nie jest uprzywilejowany, np. przy pomiarze miernikiem cyfrowym ostateczna cyfra miga. Przyjęcie prostokątnego rozkładu wielkości wejściowej  $X_i$  jest uzasadnione, jeżeli znamy tylko granice jej zmienności.
-  Rozkład typu U – stosowany, gdy wartości wielkości wejściowej  $X_i$  są bardziej prawdopodobne w pobliżu granic, niż w pobliżu środka przedziału zmienności.

W praktyce bardzo rzadko dysponujemy pełnymi danymi o rozkładzie prawdopodobieństwa, dlatego podaje się kilka charakterystycznych parametrów, które rozkład ten jednoznacznie określają. Należą do nich:

- **Wartość oczekiwana**  $E(X)$  zmiennej losowej  $X$ .
- **Estymata (oszacowanie, przybliżenie)** wartości oczekiwanej, czyli średnia arytmetyczna z  $n$  niezależnych obserwacji zmiennej losowej  $X$ :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

- **Wariancja zmiennej losowej**, czyli wartość oczekiwana kwadratu odchylenia tej zmiennej od jej wartości oczekiwanej. Estymatą wariancji  $\sigma^2$  jest

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (2)$$

gdzie

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

Właściwą miarą niepewności pomiaru jest raczej wariancja średniej arytmetycznej kilku obserwacji, niż wariancja pojedynczej obserwacji.

$$S^2(\bar{X}_i) = \frac{S^2(X_i)}{n} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2 \quad (4)$$

Ponieważ wariancja ma wymiar kwadratu, wprowadzone zostało pojęcie **odchylenia standardowego** będącego dodatnim pierwiastkiem kwadratowym z wariancji.

$$U(\bar{X}_i) = \sqrt{S^2(\bar{X}_i)} \quad (5)$$

Chociaż wariancja jest podstawowym parametrem rozkładu, odchylenie standardowe jest wygodniejsze w praktyce, ponieważ ma ten sam wymiar co  $X$ .

Jak wspomniano na początku: niepewnością jest parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej. Takim parametrem może być **odchylenie standardowe** (lub jego wielokrotność), nazywane **niepewnością standardową typu A**.

Jeżeli niepewność jest obliczana innym sposobem, niż analiza statystyczna serii obserwacji, nazywana jest **niepewnością standardową typu B**. Wykorzystuje ona dane dotyczące błędów granicznych, świadectw wzorcowania, rozdzielczości, publikacji naukowych oraz własną wiedzę.

W Laboratorium Pomiarowym Metrol stosuje się przy wzorcowaniu łączną (złożoną) niepewność AB.

Laboratoria wzorcujące są zobligowane do podawania **niepewności rozszerzonej pomiaru  $U$**  ok. 95%, uzyskanej z pomnożenia złożonej niepewności standardowej  $u(y)$  przez współczynnik rozszerzenia  $k$ .

$$U = ku(y) \quad (6)$$

W przypadku, gdy rozkład wielkości mierzonej można scharakteryzować rozkładem normalnym, współczynnik  $k$  dla niepewności około 95% wynosi 2. Mówi się wtedy o poziomie ufności wynoszącym około 95%.

W przypadku niepewności AB rozkłady nie są jednorodne, najczęściej błędy pochodzą z rozkładów: normalnego i prostokątnego, jednak na mocy centralnego twierdzenia granicznego wiemy, że nawet jeżeli rozkłady wielkości wejściowych  $X_i$  nie są normalne, to rozkład wielkości wyjściowej  $Y$  można aproksymować rozkładem normalnym w przypadku, gdy mamy do czynienia z sumą co najmniej trzech rozkładów.

Przy wyznaczaniu niepewności pomiaru należy mieć na uwadze słowa prof. Jaworskiego: „Niedokładność niepewności jest na tyle duża, że stosowanie skomplikowanych zabiegów mających na celu zmniejszenie tej niedokładności jest bezzasadne, nawet bezsensowne”.

## LITERATURA

- [1] Przewodnik Wyrażanie niepewności pomiaru. (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.)
- [2] Turzeniecka D.: Ocena niepewności wyniku pomiaru.
- [3] Jaworski J. M.: Sens i nonsens oceny niedokładności wyniku pomiaru.
- [4] Szydlowski H.: Teoria pomiarów. PWN Warszawa 1981