

Uchyb, błąd, niepewność - geneza określania niedokładności w miernictwie elektrycznym

Streszczenie. W artykule przedstawiono genezę pojęć określających niedokładność wyników pomiarów w miernictwie elektrycznym. W zależności od czasu obowiązywało pojęcie błędu lub uchybu, były okresy, gdy oba zwroty traktowano jako równoważne, ale również takie, gdy występowały oba zwroty, oznaczające co innego. Ostatecznie przyjęło się pojęcie błędu, a w latach 90-tych XX wieku wprowadzono kolejną miarę jakości wyników pomiarów – niepewność pomiaru, a wraz z nią powstała i zagościła na dobre w metrologii teoria niepewności.

Abstract. The article presents the concepts genesis of determining the inaccuracy of measurement results in electrical measurements. Depending on the time, different terms were used (in Polish "błąd" and "uchyb"). There were periods, when both phrases were treated as equivalents, but also there were times when both phrases indicated different meaning. Finally, the concept of error ("błąd") was adopted. The 90s of the twentieth century introduced another measure of the measurement results quality - measurement uncertainty. With it, the metrological theory uncertainty was founded and established itself for good. Since then, the theory of uncertainty has been accepted in metrology and both the theory of error and uncertainty are used as measures of measurement inaccuracy. (**Error, uncertainty - genesis of inaccuracies in electrical measurements**).

Słowa kluczowe: uchyb, błąd, niepewność, słownictwo elektrotechniczne.

Keywords: error, uncertainty, electrotechnical vocabulary.

Przyczyny niedokładności pomiarów

Każda osoba wykonująca pomiary ma świadomość, że wynik pomiaru, czyli procesu doświadczalnego wyznaczenia jednej lub więcej wartości wielkości, które w zasadny sposób mogą być przyporządkowane wielkości, zawsze różni się od prawdziwej wartości wielkości mierzonej [1]. Innymi słowy estymata menzurandu (wielkości mierzonej) różni się od wartości prawdziwej, a wynik pomiaru jest jedynie przybliżeniem prawdziwej wartości wielkości mierzonej.

Powodów niedokładności pomiarów może być wiele. Najczęściej wynika ona z:

- niedokładności zmysłów człowieka – obserwatora, np. podczas odczytu wyniku z przyrządu pomiarowego,
- niedokładności metod pomiarowych,
- niedokładności przyrządów pomiarowych,
- zmienności warunków otoczenia (np. temperatury, wilgotności itd.),
- przybliżeń stałych fizycznych i zaokrągleń wyników.

Dlatego konieczne jest wyznaczenie stopnia przybliżenia do wartości prawdziwej i podawanie go jednocześnie z wynikiem. Tylko wtedy wyniki niosą informację o jakości wykonanych pomiarów i tylko wtedy mogą być ze sobą porównywane [2].

Sposoby określenia i metody wyznaczenia miary jakościowej wyniku zmieniały się przez lata. Przez długi czas były to błąd i uchyb. Obecnie, zgodnie z zaleceniami obowiązującego słownika metrologii VIM [1] jest to niepewność pomiaru. Zmiany te odzwierciedlone są w używanym słownictwie elektrotechnicznym.

W artykule przedstawiono dyskusję związaną z określeniami błędu i uchybu oraz przyjęcie terminologii dotyczącej teorii niepewności pomiaru.

Początki słownictwa elektrotechnicznego w Polsce

Prace nad polskim słownictwem elektrotechnicznym zostały zapoczątkowane w 1899 roku przez powołanie Komisji Słownictwa wśród innych komisji Delegacji Elektrotechnicznej przy Sekcji Technicznej Warszawskiego Oddziału Towarzystwa Popierania Rosyjskiego Przemysłu i Handlu w Warszawie. W jej skład wchodził: Kazimierz Obrębowicz, Marian Lutosławski, Jan Rzewnicki, później dołączył Mieczysław Pożaryski [3].

W 1901 r. ukazała się pierwsza publikacja - "Niemiecko-polski słowniczek wyrazów technicznych i terminów naukowych z dziedziny magnetyzmu,

elektryczności i elektrotechniki", opracowany przez Tadeusza Żerańskiego, studenta politechniki w Darmstadt, zawierająca ok. 200 terminów [4].

Prowadzone w następnych latach działania tej komisji doprowadziły do przygotowania kolejnych opracowań.

W 1917 roku, w wyniku uchwały Nadzwyczajnego Zjazdu Techników Polskich została utworzona przy Kole Elektrotechników w Warszawie Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego (CKSE). Jej przewodniczącym został Kazimierz Drewnowski, członkami: Zygmunt Berson, Aleksander Olendzki, Mieczysław Pożaryski, Jan Rzewnicki, Stanisław Odrowąż-Wysocki, a wkrótce dołączyli: Tomasz Arlitewicz, Tadeusz Czaplicki i Tadeusz Żerański.

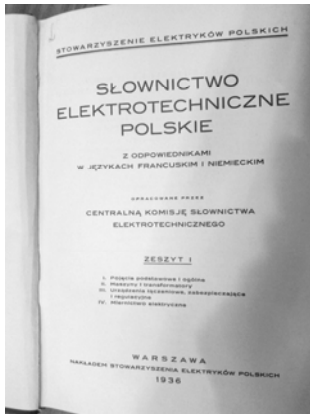
Rezultatem intensywnej pracy komisji było przyjęcie ogólnych zasad słowotwórstwa i ujednoczenie terminologii elektrotechnicznej, różniącej się w poszczególnych regionach w związku z wieloletnimi zaborami. Pod egidą komisji powstawały też kolejne wydawnictwa [3]. Po utworzeniu w 1919 roku Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich, CKSE została jednostką organizacyjną SEP.

Błąd czy uchyb?

Wyniki prac Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego zostały prezentowane m.in. w 1921 roku na łamach Przeglądu Elektrotechnicznego. W nr 9 z 15 maja 1921 r. ukazał się artykuł "Słownictwo miernictwa elektrotechnicznego, złożone przez inż. pułk. K. Drewnowskiego". Wśród 55 haseł związanych z pomiarami i jednostkami, w 10 hasłach występuje błąd: błąd, błąd stały, błąd przypadkowy, błąd graniczny, błąd dopuszczalny, błąd bezwzględny, błąd względny, błąd średni, błąd prawdopodobny, wyrównywanie błędów. Jednocześnie ani razu nie występuje pojęcie uchybu [5].

W połowie lat 30-tych XX wieku zamierzeniem Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego było wydanie opracowania obejmującego całą terminologię elektrotechniczną. W tym czasie komisja pracowała w składzie: Tomasz Arlitewicz, Zygmunt Berson, Tadeusz Czaplicki, Kazimierz Drewnowski, Kazimierz Mech, Jan Rzewnicki, Stanisław Odrowąż-Wysocki (zm. 31 grudnia 1931), Tadeusz Żerański, a wśród współpracowników w Dziale IV. Miernictwo elektryczne był Bolesław Jabłoński i Włodzimierz Krukowski.

Wyniki prac CKSE zostały rozpowszechnione w 1936 roku opracowaniem Zeszyt 1 "Słownictwo elektrotechniczne polskie", zawierającym cztery działy: I. Pojęcia podstawowe i ogólne, II. Maszyny i transformatory, III. Urządzenia łączeniowe, zabezpieczające i regulacyjne, IV. Miernictwo elektryczne, obejmującym ponad 5000 haseł. Słownik ten zawierał jedyny alfabetyczny spis haseł (bez ich definicji) z odpowiednikami w językach: francuskim i niemieckim (rys. 1) [6].



Rys. 1. "Słownictwo elektrotechniczne polskie", strona tytułowa

W przedmowie autorzy napisali "Przy sposobności porządkowania i układania materiałów poddano wszystkie terminy gruntownej rewizji. Po ułożeniu całego działu przez redaktora wyrazy były jeszcze dwukrotnie dyskutowane przez Komisję."

Wprowadzone modyfikacje w słownictwie objęły również pojęcie błędu pomiaru. W słowniku nie występuje termin błąd, natomiast w 30 hasłach pojawia się uchyb: uchyb, uchyb bezwzględny, uchyb całkowity, uchyb czułości, uchyb dopuszczalny, uchyb fazowy, uchyb graniczny, uchyb metody, uchyb nadmierny, uchyb napięciowy, uchyb pomiaru, uchyb postronny, uchyb pozorny, uchyb prawdopodobny, uchyb prądowy, uchyb przekładni, uchyb przybliżony, uchyb przypadkowy, uchyb przyrządu, uchyb rzeczywisty, uchyb spostrzeżenia, uchyb stały, uchyb średni, uchyb średni spostrzeżenia, uchyb średni wartości średniej, uchyb wskazania, uchyb względny, uchyb wzorcowania, uchybów granica, uchybów wyrównanie. Aby nie było wątpliwości, że pojęcie uchybu zastąpiło wcześniejszy błąd, w części słownika zawierającego zagraniczne odpowiedniki można przeczytać: "Uchyb pomiaru; uchyb - Erreur de mesure; erreur - Messfehler; Fehler" [6].

Prace nad kolejnymi tomami słownika zostały przerwane przez wybuch II wojny światowej [3].

Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego SEP wznowiła prace w 1947 roku. Jej przewodniczącym został ponownie Kazimierz Drewnowski, zastępcą Tadeusz Czaplicki - pierwszy powojenny redaktor Przeglądu Elektrotechnicznego. Zdecydowano o ponownym opracowaniu i wydaniu "Polskiego słownika elektrycznego". Zaawansowane prace nad tym opracowaniem przerwała decyzja Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego z 1952 r. o przekazaniu działań związanych ze słownikiem pod egidę Państwowego Wydawnictwa Technicznego [3].

Z tego okresu pochodzi artykuł sekretarza CKSE dr inż. Mariana Mazura opublikowany w Wiadomościach Elektrotechnicznych na temat porównania pojęć: błędu i uchybu [7]. Z publikacji tej wynika, że Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego zdecydowała o rozróżnieniu obu pojęć. Określeniem błąd pomiaru

opisywana powinna być nieprawidłowość związana z błędem popełnionym przez wykonującego pomiar, wynikająca np. z zastosowania mylnej wartości stałej pomiaru, odczytania wyniku na niewłaściwej podziałce czy wykonanie pomiaru w nieprawidłowym układzie. Natomiast uchyb pomiaru wynika z niedoskonałości przyrządów i sposobu mierzenia, np. zastosowania niewystarczająco czułych przyrządów pomiarowych czy niedokładnej metody.

Rozróżnienie takie na lata zagościło w słownictwie metrologicznym. Jako przykład można podać podręcznik "Podstawy Miernictwa Elektrycznego" [8] opracowany przez kierownika Katedry Miernictwa Elektrycznego Politechniki Warszawskiej Stefana Lebsona, absolwenta przedwojennej Politechniki Gdańskiej [9]. W książce tej, jako źródła uchybów autor wymieniał wady metody pomiarowej i środków pomiarowych, niedostateczną znajomość badanego zjawiska, niedoskonałość zmysłów i nieuwagę obserwatora oraz zmianę w czasie parametrów pomiaru.

Ponownie gorąca dyskusja na temat określeń błąd-uchyb została wywołana w 1957 roku, kiedy to z inicjatywy Katedry Metrologii Technicznej Politechniki Warszawskiej podjęto działania w celu opracowania projektu Polskiej Normy o podstawowych definicjach metrologii. Zadania tego podjął się Zespół Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN) w składzie: Zdzisław Gajewski (Centralne Laboratorium Aparatów Pomiarowych i Optycznych), Marian Mazur (Instytut Elektrotechniki, od 1955 roku przewodniczący Centralnej Komisji Słownictwa Elektrycznego - SEP), Jan Obalski (Politechnika Warszawska), Henryk Szymański (Główny Urząd Miar), Adam Tadeusz Troskolewski (Politechnika Wroclawska). Po śmierci Henryka Szymańskiego w składzie Zespołu zastąpił go Stanisław Wolf (Główny Urząd Miar). Prace nad projektem trwały do lutego 1960 r. Projekt normy został przedstawiony w artykule przewodniczącego Zespołu prof. dr Jana Obalskiego w miesięczniku Pomiary Automatyka Kontrola w maju 1960 r. [10].

Zespół PKN nie zgodził się z przedstawioną wcześniej interpretacją CKSE, według której niedokładności wynikające m.in. z niedoskonałości przyrządów pomiarowych opisywane są pojęciem uchybu, natomiast określenie błędu jest zarezerwowane dla niedokładności wynikających z omyłek. W projekcie normy pozostawiono oba terminy jako równoznaczne, a ostateczne rozstrzygnięcie miało zależeć od wyników ankiety [10].

Projekt normy PN/N-02050, Metrologia. Nazwy i określenia został ustalony przez Polski Komitet Normalizacyjny do stosowania 30 grudnia 1961 r. Uwagi dotyczące normy należało nadsyłać do 1 grudnia 1964 r. Rozdział 5 powyższego dokumentu zatytułowano "Błędy (uchyby) pomiarów", a w odnośniku od tego tytułu sprecyzowano, że termin "uchyb" jest uznawany w tekście normy za równoznaczny z terminem "błąd", przy czym w samym tekście występowało jedynie pojęcie błędu [11]. Projekt normy wywołał gorącą dyskusję wśród naukowców metrologów dotyczącą terminów: uchyb i błąd.

W ramach polemiki, w lipcu 1960 r. w miesięczniku Pomiary Automatyka Kontrola ukazał się artykuł prof. dr Mariana Mazura [12]. Autor wyjaśnił w nim, że geneza sporu wynika z rozróżnienia pojęcia "uchyb" i "błąd" stosowanego jedynie przez elektryków, nieelektrycy używali tylko pojęcia "błąd". Podtrzymał on jednocześnie swoją opinię dotyczącą konieczności zachowania obu określeń dla rozróżnienia naruszenia wymagań ścisłości ("błąd") oraz naruszenia wymagań dokładności ("uchyb") [12].

Odpowiedzią na ten artykuł był tekst Jana Obalskiego opublikowany w kolejnym numerze miesięcznika Pomiary Automatyka Kontrola, przedstawiający podejście do zagadnienia z punktu widzenia nieelektryków [13].

W artykule stwierdzono, że pojęcie "błędu" jest zakorzenionym terminem określającym różnicę wyniku pomiaru związane zarówno z brakiem ścisłości, jak i dokładności. Dlatego, jako występujący częściej brak dokładności należy go określać znanym pojęciem błędu, a dla braku ścisłości używać pojęcia "błąd grubo" (analogicznie, jak np. niem. grobe Fehler, ang. rough error). Zamiast "błędu grubego" zaproponowano również już stosowane pojęcie "omyłka" [13].

W tym samym numerze miesięcznika Pomiary Automatyka Kontrola ukazał się tekst innego członka Zespołu PKN - prof. inż. Adama Tadeusza Troskoleńskiego, przedstawiający pojęcia "błąd" i "uchyb" z punktu widzenia językowego. Według niego słowo "uchyb" nie występowało we współczesnym języku polskim, a do określenia niedokładności wystarczające było pojęcie "błędu", w razie potrzeby stosowane z odpowiednią przydawką [14].

Na przedstawione argumenty za używaniem jedynie pojęcia "błędu" w numerze wrześniowym miesięcznika Pomiary Automatyka Kontrola odpowiedział Marian Mazur. Podtrzymał swoje wcześniejsze stanowisko, a sprzeciw propozycji prof. Obalskiego uzasadnił tym, że przymiotniki pozwalają na uszczegółowienie pojęcia ogólnego, czyli "błąd grubo" wskazywałby niesłusznie, że naruszenie ścisłości jest szczególnym rodzajem naruszenia dokładności. Natomiast omyłka nie jest naruszeniem ścisłości, lecz jej źródłem. Natomiast w odpowiedzi prof. Troskoleńskiemu stwierdził, że występowanie danego zwrotu w słownikach języka potocznego nie jest argumentem w przypadku terminologii technicznej [15].

Pod artykułem redakcja zamieściła odpowiedź prof. Obalskiego, który podtrzymał swoje stanowisko, stwierdzając, że to właśnie "błąd" jest pojęciem ogólnym, wskazującym na odstępstwo zarówno od ścisłości, jak i dokładności, w wyniku którego otrzymujemy wynik niezgodny z istotną wartością wielkości mierzonej.

W tym samym numerze miesięcznika Pomiary Automatyka Kontrola został zamieszczony również tekst W. Pietraszewicza, wskazującego na potrzebę rozróżniania znaku przy wyznaczaniu błędów. Autor przypomniał, że założyciel Głównego Urzędu Miar dr inż. Zdzisław Rauszer dla wartości bezwzględnej błędu wprowadził termin "uchybień" [16].

Wyniki dyskusji znalazły odzwierciedlenie w kolejnych normach. W Polskiej Normie PN-70/E-06501, Mierniki elektryczne o działaniu bezpośrednim i ich przybory pomiarowe. Wspólne wymagania i badania, która ukazała się w 1970 roku, punkt 1.3.5.4 jest zatytułowany "Uchyb miernika (błąd miernika) δ ", wskazując, że oba pojęcia są stosowane jako równoznaczne, ze wskazaniem na "uchyb" [17].

W późniejszych normach, np. PN-84/E-06501, Mierniki elektryczne analogowe o działaniu bezpośrednim i ich przybory. Wymagania i badania z 1984 roku występuje już tylko pojęcie błędu [18], które na stałe zadomowiło się w języku używanym przez metrologów i obecnie nie budzi już żadnych kontrowersji.

Niepewność pomiaru

We współczesnej metrologii występują równolegle dwie teorie charakteryzujące miary jakości wyników pomiarów: teoria błędów oraz teoria niepewności pomiarowej.

Teoria błędów jest łatwa do opanowania i stosowania, przy czym w teorii tej problematyczna jest definicja wartości prawdziwej wielkości mierzonej, albowiem w rzeczywistości nie jest ona znana eksperymentatorowi. W literaturze spotkać można różne jej określenia: wartość umownie prawdziwa czy też wartość poprawna, która zastępowała wartość prawdziwą [2]. W starszych wydawnictwach można znaleźć nawet określenie "wartość powinna" [19].

W teorii niepewności pomiaru nie ma dylematu związanego z wartością prawdziwą, jednakże oszacowanie niepewności pomiarowej jest znacznie bardziej skomplikowanym analitycznie i matematycznie wywodem niż obliczenie błędów.

Definicję niepewności, jako miary niedokładności, wprowadził dokument Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) wydany w 1993 roku przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną ISO. W Polsce teoria niepewności została rozpowszechniona po ukazaniu się przygotowanego w Zakładzie Metrologii Ogólnej Głównego Urzędu Miar i uzupełnionego przez przypisy prof. dr hab. inż. Janusza M. Jaworskiego polskiego wydania "Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik" [20].

Źródła niepewności pomiarowej sięgają do epoki oświecenia, w której analizy wielkich matematyków: Gaussa i Laplace'a spowodowały rozwój krzywej dzwonowej – obecnie uznawanej za krzywą błędu pomiarowego [21].

Kolejnymi naukowcami mającymi wkład w rozwój tej teorii byli: Gosset oraz Welch i Satterthwaite, którzy opracowali rozkład Studenta. Przywołać należy także pracę Dietricha z 1991 [22], do której jako do bezpośredniego źródła odwołuje się GUM z 1993, gdzie występują podstawowe założenia współcześnie obowiązującej teorii niepewności m.in.: „niepewność wyniku pomiaru wywołana jest sumą oddziaływań przypadkowego i systematycznych na wielkość mierzoną, z których każde można opisać przy użyciu rozkładu prawdopodobieństwa" [21].

Wpływ na rozwój tej teorii mieli także Polacy. Metoda oparta na analizie odchyłek standardowych lub ich estymat oraz na arbitralnym doborze współczynnika rozszerzenia jest zgodna z metodą zaproponowaną w latach 50-tych XX wieku przez prof. Stanisława Trzetrzewińskiego [23]. Stanisław Trzetrzewiński od jesieni 1945 roku pracował na stanowisku profesora Politechniki Gdańskiej, najpierw w Katedrze Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć, a po reorganizacji w Katedrze Miernictwa Elektrycznego i Pomiarów Maszyn, ostatecznie w Katedrze Miernictwa Elektrycznego. Duże zaangażowanie w bieżące prace katedry spowodowało, że pracę doktorską pt. „Uchyb przypadkowy w pomiarach elektrycznych” prof. Trzetrzewiński złożył i obronił dopiero w 1951 roku [24].

Profesor Trzetrzewiński wygłosił referat oraz opublikował pracę [25] dotyczącą określania dokładności pomiarów elektrycznych. Zdefiniował w nim dokładność każdego pomiaru (w tym elektrycznego), określając całkowity uchyb względny, na który składają się trzy rodzaje uchybów: uchyb przypadkowy (w pomiarach bezpośrednich i pośrednich), uchyb systematyczny i uchyb czułości. Szczegółowo analizował składowe uchyby całkowitego oraz przedstawił metodologię ich wyznaczania, podkreślając jednocześnie, że jego zdaniem jest to „poprawniejszy sposób obliczania całkowitego uchybu pomiaru” [25], niż ówczesnie stosowane [26].

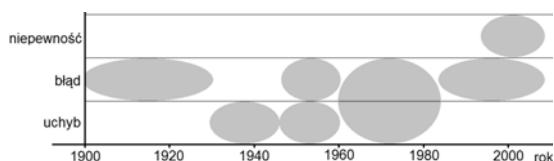
Współcześnie nad rozwojem tematyki związanej z niepewnością pomiaru pracuje jedna z grup roboczych Wspólnego Komitetu ds. Przewodników w Metrologii (JCGM – Joint Committee for Guides in Metrology) pod egidą Międzynarodowego Biura Miar (BIPM). Grupa ta opracowała i pracuje nad zbiorem opracowań tak, aby powstało kompleksowe podejście do szacowania niepewności pomiaru. Najważniejszymi z tych opracowań (oprócz Guide'a) są trzy dodatki do Guide'a: Supplement 1 (JCGM 101) dotyczący propagacji rozkładów realizowana poprzez model matematyczny pomiaru przy użyciu symulacji Monte Carlo, Supplement 2 (JCGM 102) o wyrażaniu niepewności pomiarów wieloparametrowych, Supplement 3 (JCGM 103) dotyczący modelu pomiaru oraz

dwa dokumenty: "The role of measurement uncertainty in conformity assessment" (JCGM 106) odnoszący się do oceny zgodności wielkości mierzonej z określonymi wymaganiami i "Applications of the least-squares method" charakteryzujący wykorzystanie metody najmniejszych kwadratów podczas wzorcowania i adiustowania [27].

Podsumowanie

Polskie słownictwo w zakresie elektrotechniki rozpoczęło kształtować się po odzyskaniu niepodległości po I wojnie światowej. Szczególnie rozwój terminologii metrologicznej budził wśród naukowców kontrowersje i spory.

Przykładem są opisane w artykule pojęcia określające niedokładność wyników pomiarów w miernictwie elektrycznym. Pojęcia: błąd i uchyb występowały niezależnie od siebie, jako dwa różne terminy, w innym czasie traktowane były równoważnie (rys. 2).



Rys. 2. Określenia niedokładności pomiarów w ujęciu historycznym

Modyfikacje w tych definicjach zależały od organu aktualnie odpowiedzialnego za terminologię elektrotechniczną i jego przekonania co do słuszności tych określeń.

Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego Stowarzyszenia Elektryków Polskich, starała się przeforsować, stosowane przez elektryków, rozróżnienie terminów "błąd" i "uchyb", natomiast środowisko metrologów związanych z Zespołem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego uważało, że wszelkie niedokładności powinny być określane przy użyciu pojęcia błędu.

Obecnie oczywiście jest stosowanie terminu błąd, na dobre zakorzenionego w języku technicznym. Potwierdzeniem tego są aktualne normy, czy niedawno wydana polska wersja Międzynarodowego Słownika Terminów Metrologii Prawnej [28], w których nie występuje już pojęcie uchybu.

Współcześnie, obok teorii błędów występuje teoria niepewności pomiarowej, jako miary dokładności pomiarów, ale oparta na probabilistyce i statystyce matematycznej [29]. Za stosowaniem tej teorii przemawia też duża liczba dodatkowych informacji dotyczących zarówno przeprowadzonego pomiaru (rozkład wyników pomiarowych), jak i dotyczących wartości współczynnika rozszerzenia oraz prawdopodobieństwa rozszerzenia.

Dlatego teoria błędów jak i teoria niepewności są stosowane we współczesnej metrologii równolegle.

Autorzy: dr hab. inż. Dariusz Świsulski, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, E-mail: dariusz.swisulski@pg.gda.pl; dr inż. Anna Golijanek-Jędrzejczyk, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, E-mail: anna.golijanek-jedrzejczyk@pg.gda.pl.

LITERATURA

[1] PKN-ISO/IEC Guide 99:2010 Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM)

[2] Golijanek-Jędrzejczyk A., Świsulski D., Wyrażanie niedokładności pomiaru – błąd czy niepewność?, *Miesięcznik SEP „Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych”*, nr 211 (2017), 3-15

[3] Smoluchowski W., Polskie słownictwo elektryczne, *Historia elektryki polskiej*, tom 1, Nauka, piśmiennictwo i zrzeszenia. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1976, 291-302

[4] Musiał E., Polskie słownictwo elektrotechniczne na kolejnym rozdrużu, *Miesięcznik SEP „Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych”*, nr 125 (2010), 3-48

[5] Drewnowski K., *Słownictwo miernictwa elektrotechnicznego*, Przegląd Elektrotechniczny, nr 9 (1921), 110-111

[6] Drewnowski K. (red.), *Słownictwo elektrotechniczne polskie*, oprac. przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa 1936

[7] Mazur M., Błąd – uchyb, *Wiadomości Elektrotechniczne*, nr 9 (1952), 215

[8] Lebson S., *Podstawy miernictwa elektrycznego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1966

[9] Świsulski D., Miernictwo elektryczne na politechnice w Gdańsku w latach 1904-1945, *Przegląd Zachodniopomorski*, z. 3 (2016), 163-182

[10] Obalski J., Projekt Polskiej Normy o podstawowych definicjach metrologii, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 5 (1960), 165-169

[11] Projekt Polskiej Normy PN/N-02050, *Metrologia*. Nazwy i określenia, 1961

[12] Mazur M., „Błąd” i „uchyb”, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 7 (1960), 285

[13] Obalski J., Czy potrzebny jest „uchyb”?, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 8 (1960), 324

[14] Troskoleński A. T., „Błąd” i „uchyb” z punktu widzenia językowego, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 8 (1960), 325

[15] Mazur M., „Błąd” i „uchyb” w świetle dyskusji, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 9 (1960), 370

[16] Pietraszewicz W., Mierzenie - odmierzenie, błąd - uchybienie, *Pomiary Automatyka Kontrola*, z. 9 (1960), 371

[17] Polska Norma PN-70/E-06501, Mierniki elektryczne o działaniu bezpośrednim i ich przybory pomiarowe. Wspólne wymagania i badania, 1970

[18] Polska Norma PN-84/E-06501, Mierniki elektryczne analogowe o działaniu bezpośrednim i ich przybory. Wymagania i badania, 1984

[19] Ludmer J., Liczniki energii elektrycznej, Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa 1953

[20] Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar, Warszawa 1999

[21] Fotowicz P., Historyczna droga kształtowania się teorii niepewności pomiaru, *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 5 (2013), 387-389

[22] Dietrich C. F., *Uncertainty, calibration and probability. The statistics of scientific and industrial measurement*, The Adam Hilger Series on Measurement Science and Technology. Second edition, 1991

[23] Kubisa S., Ocena niepewności pomiaru - metoda według Trzetrzewińskiego i Guide'a i przykłady doskonalenia wybranych metod, *Materiały Krajowego Kongresu Metrologii*, tom 2, Politechnika Gdańska, 15-18.09.1998 (1998), 17-24

[24] Świsulski D., Nauczanie miernictwa elektrycznego na Politechnice Gdańskiej, *Metrologia dziś i jutro*, Gdańsk: Politechnika Gdańska (2009), 459-470

[25] Trzetrzewiński S., Dokładność pomiarów elektrycznych, *Zeszyty Politechniki Wrocławskiej „Elektryczne metody pomiarowe w produkcji, laboratorium i dydaktyce”*. Materiały na sesję naukową organizowaną przez Politechnikę Wrocławską 12-14.12.1952. Tom II (1952), 15-38

[26] Golijanek-Jędrzejczyk A., Dzwonkowski A., Profesor Stanisław Trzetrzewiński – polski prekursor niepewności pomiaru, *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 5 (2014), 265-267

[27] Fotowicz P., Współczesne podejście w dziedzinie wyrażania niepewności pomiaru. *Niepewność pomiarów w teorii i praktyce*, rozdz. 4. Wydawnictwo GUM 2011, 45-57

[28] Międzynarodowy Słownik Terminów Metrologii Prawnej, Główny Urząd Miar, Warszawa 2015

[29] Jaworski J. M., Niedokładność, błąd, niepewność, *Materiały konferencyjne XXIX Międzuczelnianej Konferencji Metrologów*, tom 1, Nałęczów, 10-12 września 1997 (1997), 197-216