

POMIARY ELEKTRYCZNE

Przyrządy pomiarowe przetwarzają wielkość mierzoną (prąd, napięcie) na wskazanie proporcjonalne do wartości wielkości mierzonej. Mierniki wielkości elektrycznych przetwarzają prąd (napięcie) elektryczny na wychylenie wskazówki. Przemieszczenie wskazówki odczytane na podziałce (podzielnicy) umożliwia wyznaczenie wartości wielkości mierzonej. Podziałki najczęściej narysowane są w kształcie łuku. Podziałka może być regularna i ma wtedy jednakową długość i jednakową wartość działki elementarnej lub nieliniowa - ma długość działki nieproporcjonalną do jej wartości.

Stałą miernika nazywamy stosunek zakresu pomiarowego przyrządu X_n do maksymalnej liczby działek $\alpha_{\max}$.

$$C = X_n / \alpha_{\max}$$

Wynik pomiaru otrzymamy z zależności:

$$X_{zm} = \alpha \cdot C$$

Klasa miernika informuje nas z jaką dokładnością dany przyrząd mierzy wielkość fizyczną. Rozróżniamy następujące klasy mierników: (0.05), 0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2.5, (5). Dokładność pomiaru może odnosić się do zakresu pomiarowego, długości podziałki lub wartości zmierzonej.

1,5 - w stosunku do zakresu pomiarowego

1,5
✓ - w stosunku do długości podziałki

(1,5) - w stosunku do wartości zmierzonej

Wartość błędu może zostać również obliczona według podanej klasy miernika analogowego. Błąd bezwzględny pomiaru oblicza się wówczas z wykorzystaniem wzoru:

$$\Delta x = \frac{kl \cdot Z}{100}$$

gdzie

kl – klasa,
 Z – zakres.

Błąd systematyczny

Błąd systematyczny – błąd wynikający z zastosowanej metody pomiaru lub innych przyczyn (np. nie dających się wykluczyć, ale znanych zjawisk mających wpływ na pomiar), zwykle zmieniający wyniki pomiaru jednostronnie.

Podstawowe przyczyny powstawania błędów systematycznych to:

- zmiany obiektu badanego po dołączeniu do urządzenia lub układu pomiarowego
- wykonanie przyrządów pomiarowych – skalowanie lub wzorcowanie, montaż, itp.
- wpływ otoczenia na stanowisko pomiarowe.

W zależności od parametru mierzonego i sposobu pomiaru przyczyny te mogą mieć większe lub mniejsze znaczenie. Ocena błędów systematycznych należy do obserwatora wykonującego pomiary, co pozwala na eliminację lub ich ograniczenie już w początkowej fazie pomiarów.

Błędy systematyczne powodują zawyżanie bądź zaniżanie wartości zmierzonej wielkości fizycznej. Wynika z tego, iż w przypadku powtarzanego pomiaru otrzymany rozrzut wyników będzie taki jak dla błędu przypadkowego, lecz wszystkie wartości będą zawyżone bądź zaniżone. Dlatego też przy wielokrotnym powtarzaniu pomiaru nie jest możliwe wykrycie błędu systematycznego.

Z reguły błędy systematyczne są trudne do uchwycenia, niemniej jednak można je wykryć wykorzystując inne, niezależne metody pomiaru.

Błąd względny w metrologii i statystyce to iloraz błędu bezwzględnego i wartości dokładnej x_0

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0}$$

gdzie

x – wartość mierzona,
 Δx – błąd bezwzględny.

przy czym zazwyczaj, gdy błąd jest błędem losowym, określa się moduł błędu względnego

$$|\delta_x| = \frac{|\Delta x|}{|x_0|} = \frac{|x - x_0|}{|x_0|}$$

Błąd względny jest bezwymiarowy, najczęściej wyrażany w procentach

$$|\delta_x| = \frac{|\Delta x|}{|x_0|} \cdot 100\%$$

i nazywany jest wówczas **błędem procentowym**. Jeśli błąd jest bardzo mały, używa się również promili. W metrologii służy głównie do oceny dokładności przyrządów pomiarowych pracujących na różnych zakresach pomiarowych. W statystyce porównywane są w ten sposób wariancje rozkładów różniących się wartością oczekiwaną np. błędy prognoz dwóch różnych wielkości.

Niepewność pomiaru

Niepewność pomiaru – pojęcie z zalecanego od 1993 r. przez międzynarodowe organizacje standaryzacyjne sposobu wyznaczania wyniku pomiaru zwanego rachunkiem (teorią) niepewności i oznaczające parametr związany z wartościami (serią) pomiaru danej wielkości fizycznej w stałych warunkach, które można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej, i charakteryzujący ich rozrzut w przedziale, wewnątrz którego można z zadowalającym prawdopodobieństwem usytuować wartość wielkości mierzonej^[3]. Niepewność pomiaru wynika z tego, że zawsze jest on niedokładny, co nie wynika z niedoskonałości aparatury i zmysłów obserwatora, ale jest nieodłączną cechą takiej operacji.

Niektóre źródła niepewności:

- niepełna definicja wielkości mierzonej
- niedoskonała realizacja definicji wielkości mierzonej
- niepełna znajomość wpływu otoczenia lub niedoskonały pomiar warunków otoczenia
- błędy w odczycie wskazań przyrządów
- klasa dokładności przyrządów pomiarowych
- niedokładne wartości danych otrzymywanych ze źródeł zewnętrznych: wartości przypisane wzorcom i materiałom odniesienia, stałe przyjmowane do obliczeń
- niedoskonałość metody pomiarowej

Miary ilościowe niepewności

- niepewność standardowa – równa odchyleniu standardowemu lub jego estymacie
- niepewność typu A – wyznaczana z zastosowaniem normalnego rozkładu wyników metodą analizy statystycznej serii pojedynczych obserwacji
- niepewność typu B – wyznaczana innymi metodami niż w dla typu A, najczęściej z zastosowaniem rozkładu prostokątnego opisującym nierozpoznane oddziaływania systematyczne
- złożona niepewność standardowa – ustalana w przypadku występowania wielu niepewności i dla pomiarów bezpośrednich ustalana jako pierwiastek sumy kwadratów niepewności składowych, a dla pomiarów pośrednich kwadraty niepewności składowych są mnożone przez wagami zgodnie z prawem propagacji niepewności, spotyka się też określenie, że jest to połączona niepewność typu A i typu B
- niepewność rozszerzona – określa granice przedziału niepewności z określonym poziomem ufności i stanowi iloczyn niepewności standardowej i współczynnika rozszerzenia

- poziom ufności – prawdopodobieństwo tego, że w przedziale niepewności wyniku pomiaru (czyli w przedziale ufności) znajduje się wartość faktyczna

Obliczanie niepewności typu A i B

Sposób obliczania niepewności zależy od charakteru pomiaru. Wyróżnia się dwie zasadnicze metody.

Metoda (typ niepewności) A

Gdy wyniki poszczególnych pomiarów tej samej wielkości różnią się, wówczas niepewność obliczana jest na drodze analizy statystycznej wyników serii pojedynczych pomiarów. Zakłada się przy tym pewien rozkład statystyczny poszczególnych prób. Jeżeli błędy pomiarowe są losowe, tym rozkładem jest rozkład normalny. Wówczas, dla dużej liczby prób (powyżej 30), estymatorem niepewności pomiarowej jest odchylenie standardowe średniej (średni błąd średniej). Dla mniejszej liczby prób niepewność jest większa i równa iloczynowi odchylenia standardowego średniej i współczynnika wynikającego z rozkładu Studenta, który zależy od przyjętego poziomu ufności i liczby pomiarów.

Metoda (typ niepewności) B

Gdy wyniki pomiarów są takie same lub podlegają systematycznym zmianom, wówczas metody statystyczne nie mogą być zastosowane. Sytuacja taka występuje np. gdy:

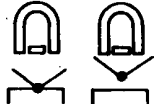
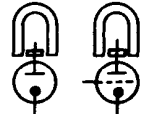
- klasa przyrządu jest niska w danych warunkach pomiaru (na przykład przy pomiarze długości ołówka linijką ze skalą centymetrową). Wówczas o niepewności pomiarowej decyduje klasa przyrządu (w przykładzie z linijką będzie to 1 cm).
- mierzona wielkość zmienia się znacząco w czasie pomiaru z powodu warunków zewnętrznych, np. zmiany temperatury.

Szacowanie – przybliżone określanie wartości jakiejś wielkości przy posiadaniu niepełnych danych, występowania zakłóceń lub stosowaniu uproszczonego modelu opisującego parametry, cechy lub charakter tej wielkości (lub zjawiska wpływające na jej zachowanie).

Szacowanie stosuje się w wielu naukach i dziedzinach wiedzy, handlu i działalności gospodarczej.

- metrologia – w metrologii szacuje się głównie niepewność pomiaru i wielkość błędów pomiarowych. Główny powód stosowania szacowania to fakt, że zwykle nie w pełni znane są wszystkie zjawiska wpływające na pomiar a model wielkości mierzonej jest idealizowany i uproszczony.

Przykładowe oznaczenia mierników wskazówkowych

Rodzaj przyrządu	Oznaczenie	Rodzaj przyrządu	Oznaczenie
Magnetoelektryczny o ruchomej cewce		Wibracyjny	
Magnetoelektryczny ilorazowy		Termorozszerzalnościowy	
Elektromagnetyczny		Ogniwo termoelektryczne o grzaniu bezpośrednim	
Elektromagnetyczny ilorazowy		Ogniwo termoelektryczne o grzaniu pośrednim	
Elektrodynamiczny		Miernik magnetoelektryczny z ogniwo termoelektrycznym (termoelektryczny)	
Elektrodynamiczny ilorazowy		Prostownik	
Ferrodynamiczny		Miernik magnetoelektryczny prostownikowy	
Indukcyjny		Miernik magnetoelektryczny z lampą elektronową	
Indukcyjny ilorazowy		Miernik magnetoelektryczny z fotonówką lub ogniwo fotoelektrycznym	
Elektrolityczny			