

Podstawy Metrologii

Wstęp: Struktura przedmiotu

Przedmiot Podstawy metrologii:

Wykłady: 30, 3 kolokwia

Laboratorium: 45

**Zaliczenie przedmiotu: kolokwium zaliczeniowe pisemno-
ustne.**

**Kontrola bieżąca: na wykładach: 3 kolokwia pisemne (w
przybliżeniu co 5 tygodni)**

**Jeśli ocena średnia z 3-ch kolokwium jest 4.5 lub wyżej
student może być zwolniony z kolokwium
zaliczeniowego.**

Podstawy Metrologii

Warunki zaliczenia przedmiotu

**Ocena z zaliczenia (OZ) zależy od oceny kolokwium z
wykładów (OKW) oraz z oceny z ćwiczeń
laboratoryjnych OCL):**

$$\text{OZ} = (2 \cdot \text{OKW} + \text{OCL}) / 3$$

Podstawy Metrologii

Główny cel kształcenia

Głównym celem kształcenia jest zdobycie przez studenta podstawowej wiedzy o metodach i narzędziach pomiaru wielkości elektrycznych oraz nabycie podstawowych umiejętności w wykorzystaniu przyrządów pomiarowych do wykonania pomiarów i oszacowania niepewności ich wyników.

Podstawy Metrologii

Tematyka wykładów

Wstęp

Podstawowe pojęcia metrologii

Aparatura pomiarowa i narzędzi pomiarowe. Mierniki analogowe i cyfrowe

Obliczenie niepewności metodą typu B wskazań mierników analogowych i cyfrowych

Niepewność typu A. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiaru

Pomiar napięcia i prądu stałego

Pomiar rezystancji metodą bezpośrednią i pośrednią. Niepewność wyniku pomiaru pośredniego

Pomiar rezystancji metodą mostkową

Pomiary częstotliwości i interwału czasowego

Pomiary parametrów napięć i prądów przemiennych

Pomiary parametrów mocy w obwodach jednofazowych

Pomiary parametrów RLC obwodów elektrycznych

Przetworniki analogowo-cyfrowe i ich podstawowe parametry

Podstawy Metrologii

Literatura do przedmiotu

1. Chwaleba A., *Metrologia elektryczna*, WNT, 2010,
2. Piotrowski J., *Podstawy miernictwa*, WNT, 2002
3. Rylski A., *Metrologia II*, OWPRz, 2004
4. Lisowski M., *Podstawy Metrologii*, Gliwice, (wyd. 2 poprawione i uzupełnione), 278 s., 2015
5. Sydenham P.D. , *Podręcznik metrologii.* , WKiL, 1990
6. Doebelin E. , *Measurement systems. Application and design.* , McGraw-Hill Publish., 1990

Do ćwiczeń laboratoryjnych:

1. Dziuban E., Dorozhovets M, Kowalczyk A., oraz in. , *Metrologia elektryczna i elektroniczna. Laboratorium Cz.I.* , OWPRz, 2005
2. Brydak K., Hanus R., Kowalczyk A., oraz in. , *Metrologia elektryczna i elektroniczna. Laboratorium Cz.II.* , OWPRz, 2006

T1 : Podstawowe pojęcia metrologiczne

Metrologia:

W najogólniejszym podejściu metrologia jest nauką o pomiarach, które z kolei są najważniejszą częścią składową procesu empirycznego (doświadczalnego) poznania rzeczywistości fizycznej.

1. Pomiar

Pomiar:

Pomiar można zdefiniować jako **procedurę doświadczalną (eksperymentalną) wykonywaną w celu wyznaczenia wartości wielkości mierzonej za pomocą specjalistycznych narzędzi technicznych – narzędzi pomiarowych, które bezpośrednio lub pośrednio realizują porównywanie wielkości z jednostką jej miary, a także, przy potrzebie, poprzez wykonywanie pewnych procedur obliczeniowych.**

1. Pomiar

Ogólnie mówiąc pomiar ma na celu empiryczne (doświadczalne) odwzorowanie właściwości obiektów i zjawisk zachodzących w nich w odpowiednie liczby, na podstawie których naukowcy wytwarzają modele fizyczne i matematyczne tych obiektów i zjawisk.

Cały historyczny postęp nauk ścisłych (fizycznych, technicznych) oraz powstających technik i technologii nierozłącznie związany jest z rozwojem miernictwa i metrologii.

2. Podstawowe składowe pomiaru

Z pomiarem są związane :

- **obiekt pomiarowy** (badany) **z wielkością mierzoną (menzurand)**;
- **narzędzi pomiarowe**;
- **warunki pomiarowe**;
- **metody i narzędzia opracowania wyników pomiaru**;
- **wyniki pomiaru**;
- **parametry (charakterystyki) jakości (dokładności) wyniku**;
- **inne składowe** (obserwator, transmisja, wizualizacja, archiwizacja danych pomiarowych itp.).

3. Obiekt pomiarowy

Obiektami pomiaru mogą być:

- **ciało fizyczne**;
- **system ciał fizycznych**;
- **substancja**;
- **zjawiska fizyczne powiązane z ciałami i substancjami**.

3. Obiekt pomiarowy

Na przykład **obiektem pomiarowym** może być **transformator** elektryczny zbudowany z kilku uzwojeń na rdzeniu ferromagnetycznym

- system ciał fizycznych lub pole magnetyczne wytworzone poprzez przepływ prądów w uzwojeniach
- zjawisko powiązane z tymi ciałami oraz inne.

4. Wielkość fizyczna

Obiekty pomiarowe charakteryzują się **różnymi cechami** (właściwościami jakościowymi).

Przy tym ta sama cecha może być właściwą różnym obiektom, substancjom itp.

Na przykład, **masa** jest właściwą i dla **Ziemi** (Kuli Ziemskiej) i **piłki do futbolu**, i **pigułki lekarstwa**, i też dla **nośnika ładunku elektrycznego** – elektronu.

4. Wielkość fizyczna

Ta sama cecha może być właściwą różnym obiektom, substancjom itp.

Na przykład, **napięciem elektrycznym** charakteryzują się różne obiekty i zjawiska powiązane z nimi, zwłaszcza:

- i **rozładowanie piorunowe**,
- i **linia elektroenergetyczna**,
- i **bateria komórki**,
- i **elektryczne procesy** zachodzące w **komórce tkanki biologicznej**.

4. Wielkość fizyczna

Jednak **ilościowo** ta sama cecha (właściwość jakościową) w różnych obiektach, substancjach i zjawiskach **przejawia się różnie**, w jednych więcej a w innych mniej.

Każda z takich cech (właściwości jakościowych) obiektu, która może być większą lub mniejszą ilościowo nazywana jest **wielkością fizyczną**, którą można zmierzyć.

4. Wielkość fizyczna

Przykładami wielkości fizycznych są:

masa,
długość,
Interwał czasowy,
natężenie prądu elektrycznego,
rezystancja,
pojemność oraz indukcyjność elementów obwodów elektrycznych,
natężenie pola magnetycznego,
moc, energia,
okres i częstotliwość,
temperatura,
wilgoć
oraz wielu i wielu innych, które mogą być mniejszymi lub

4. Wielkość fizyczna

W zależności od **gałęzi nauki i techniki** wielkości fizyczne można podzielić na następujące:

wielkości przestrzeni (długość, powierzchnia, objętość itp.);
wielkości czasu i zjawisk okresowych (interwały czasowe, częstotliwość, kąt przesuwu fazowego itp.);
wielkości mechaniczne (siła, moment, ciśnienie itp.);
wielkości cieplne (temperatura, pojemność cieplna, ilość ciepła itp.);
wielkości elektryczne (potencjał, siła elektromotoryczna, prąd, rezystancja, konduktancja, dielektryczna stała, pojemność, itp.);
wielkości magnetyczna (indukcja magnetyczna, przenikalność magnetyczna, strumień magnetyczny itp.);
wielkości promieniowania akustycznego (natężenie dźwięku, rezystancja akustyczna, szybkość dźwięku oraz inne);

5. Wielkość mierzona

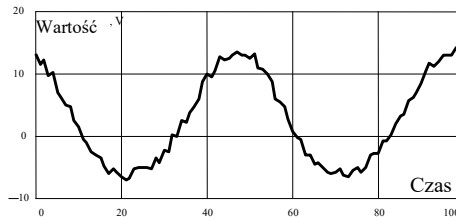
Wielkością mierzoną (ang. – the **measurand**) może być: konkretna **wielkość fizyczna** konkretnego obiektu (na przykład SEM (siła elektromotoryczna) akumulatora bez obciążenia);

– **parametr** (parametry) wielkości fizycznej, procesu, pola (na przykład, amplituda, częstotliwość oraz faza sygnału harmonicznego, amplitudy i fazy składowych harmonicznym sygnału okresowego, stała czasowa samo rozładowania baterii akumulatora jako interwał czasowy po upływie którego SEM zmniejszy się do pewnego poziomu);

– **zależności** pomiędzy wielkościami fizycznymi lub ich parametrami (na przykład zależność napięcia wyjściowego baterii akumulatora od wartości obciążenia oraz temperatury).

5. Wielkość mierzona

Proces zmiany napięcia w czasie



Jeśli zachodzi mowa o procesie $x(t)$, wtedy można **mierzyć** jego różne **parametry**:

wartości chwilowe x_i w dowolny moment czasowy t_i

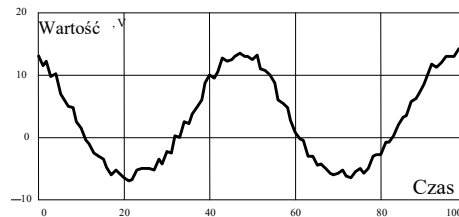
maksymalną wartość procesu X_{max}

wartość średnią X_{sr} (składową stałą)

wartość skuteczną X_{RMS}

5. Wielkość mierzona

Proces zmiany napięcia w czasie



**Zawartość składowych harmonicznych (THD);
Okres i podstawową częstotliwość;
Oraz inne**

6. Miara i wartość wielkości

Ilościową zawartością pewnej właściwości obiektu fizycznego lub zjawiska jest **miarą** (rozmiarem) wielkości mierzonej.

Prądy elektryczne, które przepływają w tkankach biologicznych żywych organizmów, podczas ładowania akumulatora oraz rozładowania piorunowego, odwzorują tą samą właściwość fizyczna jednak ilościowo zdecydowania się różnią. Można powiedzieć, że miara (rozmiar) tych prądów jest różną.

6. Miara i wartość wielkości

Ilościową zawartością pewnej właściwości obiektu fizycznego lub zjawiska jest **miarą** (rozmiarem) wielkości mierzonej.

Termin „**miara**” w metrologii wykorzystuje się wieloznaczno:

jednostka miar, układ miar, wzorzec miar inne,

jednak rozmiar wielkości odwzoruje obiektywną zawartość pewnej właściwości charakteryzującej konkretny obiekt, niezależnie mierzymy czy nie mierzymy tą wielkość.

6. Miara i wartość wielkości

W procesie pomiaru eksperymentalnie jest wyznaczana przybliżona ocena rozmiaru wielkości – to jest **wartość wielkości** mierzonej.

Wartością wielkości mierzonej jest eksperymentalna ocena jej rozmiaru w postaci pewnej liczby N_{xq} rozmiarów **q** jednorodnej z nią wielkości, która nazywa się **jednostką miary**:

$$x = N_{xq} \cdot q$$

gdzie N_{xq} – bezwymiarowa liczba – nazywana **liczbowa wartość wielkości mierzonej**

6. Miara i wartość wielkości

Na przykład, jeśli mówimy (piszemy) że:
„wartość napięcia elementu baterii 1,5 wolta”,
wtedy liczba 1,5 jest liczbową wartością
napięcia przy jednostce miary napięcia wolt.

Rozmiar tego samego napięcia elementu
baterii może być przedstawiony inną
wartością liczbową 1500 przy jednostce
miliwolt:
wartość napięcia 1500 miliwoltów.

6. Miara i wartość wielkości

Inny przykład: długość drutu do nawijania cewki
10,16 metra – wartość liczbowa 10,16 przy
jednostce miary długości metr
lub długość tego samego drutu 400 cali – wartość
liczbowa 400 przy jednostce długości cal.

Otóż ta sama miara wielkości może mieć różną
wartość, która wyrażana jest przez wartość
liczbową razem z jednostką miary i jest liczbą
mianowaną.

7.Wartość rzeczywista wielkości

Wartość rzeczywista (prawdziwa) wielkości – jest to idealne odwzorowanie miary (rozmiaru) wielkości przy idealnej jednostce miary.

Wartość rzeczywistą (prawdziwą) można byłoby uzyskać przy istnieniu idealnych narzędzi pomiarowych oraz idealnych warunków ich wykorzystania.

7.Wartość rzeczywista wielkości

W praktyce wartość rzeczywista nie jest znana z różnych przyczyn:

- niedoskonałości narzędzi pomiarowych,
- niepożądanego ich współdziałania z obiektem badanym,
- wpływu innych obiektów i procesów oraz innych.

Nawet najwyższym poziomie hierarchii etalonów wartość rzeczywista jednostek wielkości nie jest znana dokładnie a tylko w przybliżeniu.

Pojęcie wartości rzeczywistej wykorzystuje się podczas analizy teoretycznej pomiarów, zwłaszcza analizy ich dokładności i błędów.

8. Wartość poprawna wielkości

W praktyce, na przykład podczas eksperymentalnego sprawdzania narzędzi pomiarowych (zwłaszcza mierników), oraz w innych zagadnieniach, wykorzystuje się pojęcie „wartość poprawna”.

Wartość poprawna jest to przybliżenie praktyczne wartości wielkości wyznaczone lub wytworzone za pomocą odpowiednich narzędzi pomiarowych, które różni się od wartości rzeczywistej wystarczająco mało, tak że dla konkretnego zagadnienia pomiarowego może być wykorzystane zamiast wartości rzeczywistej.

8. Wartość poprawna wielkości

Wartość poprawną można wyznaczyć wykorzystując narzędzi pomiarowe o większej dokładności, dokładniej uwzględniając warunki pomiarowe oraz wzajemne wpływy narzędzi pomiarowych, obiektu pomiarowego oraz innych obiektów i procesów.

8. Wynik pomiaru

Wynik pomiaru – jest wyznaczona eksperymentalnie (w razie potrzeby z wykorzystaniem odpowiednich obliczeń) oceną miary wielkości mierzonej (wartość liczbowej wraz z jednostką), która zwiera też pewną miarę dokładności (lub niedokładności).

Często, żeby podkreślić eksperymentalne pochodzenie wyniku pomiaru, otrzymana wartość wielkości nazywana jest **zmierzoną wartością wielkości**.

8. Wynik pomiaru

Z porównania definicji „wynik pomiaru” i „wartość wielkości mierzonej” można zauważyć, że są one bardzo bliskimi.

Jednak pojęcie wyniku pomiaru jest szersze, ponieważ oprócz wyznaczania miary wielkości, ono przewiduje **wyznaczania i podanie pewnej miary jakości (dokładności) pomiaru**.

Dokładność pomiaru jest większą wtedy, kiedy wynik pomiaru jest bliższy do wartości rzeczywistej wielkości mierzonej

9. Parametry jakości pomiaru

W celu oceny jakości pomiaru wykorzystują negatywne charakterystyki, mianowicie: **błąd pomiaru oraz niepewność wyniku pomiaru**

Błąd pomiaru Δ jest odchyleniem wyniku pomiaru x od wartości rzeczywistej X

$$\Delta = x - X$$

W praktycznych pomiarach błąd nie może być wyznaczony!

W tym wzorze nie jest znana wartość rzeczywista X ,

Jeśli jest ona znana, wtedy nie ma potrzeby wykonywać pomiar!

9. Parametry jakości pomiaru

Niepewność wyniku pomiaru $u(x)$ jest miarą rozrzutu wartości wielkości mierzonej wokół wyniku x

$$X = x \pm u(x)$$

W praktycznych pomiarach niepewność wyznaczana jest zawsze!

Do obliczania niepewności nie wymagana znajomość wartości rzeczywistej