

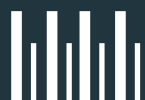


Główny  
Urząd  
Miar

dokładnie  
**100 lat**  
1919-2019

# ELEKTRYCZNOŚĆ I MAGNETYZM

PRZEWODNIK PO DZIEDZINIE



[gum.gov.pl](http://gum.gov.pl)

Autorzy: Edyta Dudek  
Jolanta Jursza  
Maciej Koszarny  
Bogusław Pączek  
Arkadiusz Podgórni  
Grzegorz Sadkowski  
Jerzy Szutkowski  
Łukasz Usydus  
Paweł Zawadzki  
Adam Ziółek

Redaktor: Paweł Fotowicz

Zdjęcia: Archiwum GUM



*niepodległa*

ul. Elektoralna 2  
00-139 Warszawa  
Godziny pracy: 8:00-16:00

tel. 22 581 93 99 (centrala)  
fax: 22 581 93 92  
e-mail: gum@gum.gov.pl

Materiał opracowano w Biurze Strategii Głównego Urzędu Miar.

Główny Urząd Miar (GUM) jest krajową instytucją metrologiczną. Działa na rzecz zagwarantowania zdolności pomiarowych niezbędnych dla zrównoważonego rozwoju gospodarki, zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości życia społeczeństwa oraz zabezpieczenia interesów obywateli.

Zadania GUM obejmują szerokie spektrum zagadnień związanych z metrologią, jednostkami miar, ich definicjami, jak również zaawansowanymi technologicznie wzorcami pomiarowymi oraz tematyką ochrony bezpieczeństwa gospodarczego i technicznego państwa.

# Spis treści

I	Wstęp .....	5
II	Potrzeby społeczne i gospodarcze .....	7
III	Historia rozwoju dziedziny w Głównym Urzędzie Miar .....	10
IV	Plan rozwoju dziedziny w GUM .....	12
V	Krajowy system metrologiczny dotyczący dziedziny .....	20
VI	Wykaz dokumentów związanych z dziedziną .....	32
VII	Wykaz publikacji pracowników GUM związanych z dziedziną .....	32
	Załącznik. Stanowiska pomiarowe .....	36



# I Wstęp

Elektryczność i magnetyzm, od chwili odkrycia, miały bardzo duży wpływ na rozwój cywilizacji. Od początku wpływały na poprawę jakości życia, z czasem rozwój tych dziedzin całkowicie zmienił świat. Można zaryzykować stwierdzenie, że ilościowe badanie zjawisk elektrycznych rozpoczęło się od odkrycia w 1785 roku przez Charlesa Augustine'a Coulomba odwrotnej proporcjonalności siły oddziaływania między ładunkami elektrycznymi (lub biegunami magnetycznymi) do kwadratu odległości między nimi. W 1812 roku Siméon Denis Poisson sformułował teorię potencjału dla zjawisk elektrostatycznych (12 lat później opisał nią również zjawiska magnetyczne). Została ona w 1828 roku znacznie rozszerzona i uzupełniona o szereg kluczowych twierdzeń przez George'a Grena (twierdzenia te sformułowali także Carl Gauss, Michel Chasles i William Thomson).

Badanie przepływu ładunków elektrycznych, czyli prądu elektrycznego, było możliwe od chwili skonstruowania w 1800 roku przez Alessandro Voltę pierwszej baterii elektrycznej, która miała ilustrować występowanie napięcia kontaktowego powstającego przy zetknięciu różnych metali. W 1820 roku Hans Christian Oersted wykazał, że przepływ prądu elektrycznego może prowadzić do odchylenia igły magnesu, co było faktycznym odkryciem elektromagnetyzmu. Zafascynowany wynikami Oersteda André-Marie Ampère jeszcze w tym samym roku sformułował zupełnie nową teorię fizyczną – elektrodynamikę i wprowadził pojęcia napięcia elektrycznego i natężenia prądu, a później podał także wyrażenie na siłę oddziaływania przewodników z prądem. Również w 1820 roku Jean-Baptiste Biot i Félix Savart przeprowadzili serię doświadczeń, w wyniku których otrzymali ilościowe prawo dotyczące siły oddziaływania między przewodnikiem z prądem a igłą magnetyczną.

Pojawiało się naturalne pytanie, czy także zjawiska magnetyczne mogą wpływać na elektryczne. François Dominique Arago i Alexander Humboldt zauważyli, że oscylacje igły magnetycznej zaniżają szybciej, gdy umieszczona jest ona w pudełku z metalową podstawką. Arago stwierdził także, że obracająca się tarcza metalowa umieszczona pod igłą pociąga ją za sobą. Zbliżone eksperymenty prowadzili też Charles Babbage i John Frederick Herschel oraz Ampère z Augustem De la Rivą. Wykazanie tego wpływu przypadło w udziale Michaelowi Faradayowi, który w 1821 roku odkrył, że w pobliżu magnesu na przewodnik działa siła powodująca jego krążenie wokół osi magnesu. Trzy lata później podjął pierwszą, jeszcze nieudaną, próbę wykrycia indukcji magnetycznej, a powróciwszy do tych badań w roku 1831 w serii błyskotliwych doświadczeń uzyskał przepływ prądu indukowanego. Wreszcie, w 1845 roku Faraday wykazał związek między zjawiskami elektromagnetycznymi i świetlnymi, demonstrując skrócenie polaryzacji światła przepuszczanego przez szkło ołowiowe znajdujące się w silnym polu magnetycznym. Badaniami elektromagnetyzmu zajmował się także amerykański uczoney Joseph Henry. Skonstruował wydajny elektromagnes dzięki użyciu drutu izolowanego i, równoległe z Faradayem, odkrył zjawisko indukcji elektromagnetycznej oraz jako pierwszy opisał w 1832 roku zjawisko samoindukcji. Od 1825 roku Georg Simon Ohm przeprowadził serię doświadczeń, w wyniku których podał zależność między efektem magnetycznym płynącego prądu, proporcjonalnym do jego natężenia a parametrami źródła prądu. Wraz z postępowaniem w zrozumieniu zjawisk elektromagnetycznych przyszły także ich praktyczne zastosowania.

Już w 1844 roku światło lamp łukowych iluminowało scenę paryskiej opery. A całkiem niedługo po niezależnym skonstruowaniu przez Josepha Swana i Thomasa Alwę Edisona pierwszych żarówek, urządzenia elektryczne na dobre zagościły w ludzkich domach i elektryczność stała się czymś tak oczywistym, że mało kto wspomina dziś jej burzliwe początki.

Obecnie z elektrycznością i magnetyzmem związane są wszystkie działy gospodarki narodowej: przemysł, budownictwo, transport, łączność, handel, ochrona zdrowia, nauka, policja, wojsko, itp. Zjawiska elektryczne i magnetyczne są motorem postępu, rozwoju innowacyjnych technologii, rozwoju cywilizacyjnego. Ten postęp i rozwój byłyby niemożliwe bez precyzyjnych pomiarów i rzetelnych metod pomiarowych wielkości elektrycznych i magnetycznych.

Nauka o elektryczności i magnetyzmie dzieli się na kilka działów:

- elektrostatyka – nauka o statycznym (niezmieniającym się) polu elektrycznym i ładunkach elektrycznych, jakie mogą się w tym polu poruszać (jest to także nauka o zjawiskach elektryzowania ciał),
- prąd elektryczny stały – nauka zajmująca się podstawowymi pojęciami i zjawiskami związanymi z przepływem niezmiennego się w czasie prądu elektrycznego,
- pole magnetyczne stałe (magnetostatyka) – nauka zajmująca się opisem pól magnetycznych stałych w powiązaniu z przyczynami je wywołującymi, czyli prądem elektrycznym lub materiałami wytwarzającymi własne pole magnetyczne,
- prądy zmienne i fale elektromagnetyczne – nauka zajmująca się zjawiskami powstającymi podczas zmian prądu elektrycznego, a w szczególności podczas przepływu prądu przemiennego oraz zjawiskami związanymi z falami elektromagnetycznymi.

Dziedzina Elektryczność i Magnetyzm dotyczy pomiarów elektrycznych i magnetycznych i zgodnie z dokumentem umieszczonym w bazie KCDB: Classification of services in electricity and magnetism, Version No 7.6, dzieli się na wymienione poniżej poddziedziny.

1. Napięcie stałe (DC), prąd stały (DC) i rezystancja.
2. Impedancja do 1 MHz.
3. Napięcie przemiennie (AC) i prąd przemienny (AC).
4. Moc i energia.
5. Wysokie napięcie elektryczne i prąd elektryczny.
6. Inne pomiary DC i przy małej częstotliwości.
7. Pole elektryczne i magnetyczne.
8. Pomiary o częstotliwości radiowej.

W międzynarodowej nomenklaturze metrologicznej dziedzina **Elektryczność i Magnetyzm** oznaczana jest symbolem **EM**, od pierwszych liter angielskiego określenia czyli **Electricity and Magnetism**.

W strukturze organizacyjnej GUM dziedziną zajmuje się Samodzielne Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu, dawniej Zakład Elektryczny.

# II Potrzeby społeczne i gospodarcze

## 1. Potrzeby zidentyfikowane międzynarodowo

Obecnie najważniejszym dokumentem określającym międzynarodowe potrzeby z zakresu metrologii jest „Strategic Research Agenda for Metrology in Europe”, opracowany na bazie potrzeb zgłoszonych przez poszczególne Komitety Techniczne EURAMET i po szerokich konsultacjach w gronie potencjalnych interesariuszy. Dokument strategiczny EURAMET mówi, że „niezawodne i identyfikowalne, spójne pomiary stanowią podstawę dobrobytu nowoczesnego społeczeństwa oraz odgrywają bardzo ważną rolę we wspieraniu konkurencyjności gospodarki, produkcji i handlu, a także mają duży wpływ na jakość życia”. W nowoczesnym świecie dobrze rozwinięta infrastruktura metrologiczna daje zaufanie w wielu aspektach naszego codziennego życia:

- umożliwia rozwój oraz produkcję wysokiej jakości i niezawodnych innowacyjnych produktów,
- wspiera konkurencyjność i stały rozwój przemysłu,
- usuwa bariery techniczne i wspiera uczciwy handel,
- zapewnia bezpieczeństwo i skuteczność opieki zdrowotnej,
- wychodzi naprzeciw wielkim wyzwaniom związanym z energią i środowiskiem.

Beneficjentami metrologii są: przemysł i biznes, rząd, Unia Europejska, organizacje normalizacyjne, uczelnie wyższe, organizacje zajmujące się metrologią prawną i oceną zgodności. Jednym z podstawowych celów strategicznych dokumentu jest wzmocnienie powiązań z użytkownikami infrastruktury pomiarowej w celu optymalizacji inwestycji w system miar. Krokiem w tym kierunku było określenie „map drogowych”. W obszarze Elektryczności i Magnetyzmu zostało określonych 5 map drogowych w obszarach nauki, innowacji oraz wielkich wyzwań.

1. Mapa drogowa **Foundations of the SI, fundamental test and quantum measurements** ma spowodować powstanie nowych (opartych na zjawiskach kwantowych) wzorców i metod pomiarowych związanych z rozwojem technologii kwantowych i wykorzystywaniem osiągnięć nauk podstawowych. Cele do osiągnięcia to:
  - praktyczna realizacja nowych definicji jednostek SI (CIPM),
  - podstawowe badania spójności w elektrycznej metrologii kwantowej oraz wyznaczanie stałych podstawowych,
  - zastosowania metrologii w inżynierii kwantowej ciała stałego,
  - udoskonalenie kwantowych wzorców jednostek miar wielkości elektrycznych SI.
2. Mapa drogowa **Innovative calibration means in electricity/magnetism** ma spowodować rozwój przenośnych wzorców z funkcją samokalibracji i urządzeń stosowanych podczas wzorcowania, które będą wspomagały procesy produkcji oraz nowe technologie. Cele do osiągnięcia to:
  - udoskonalenie i rozszerzenie skali jednostek wielkości elektrycznych,
  - uproszczenie narzędzi i procedur pomiarowych stosowanych podczas wzorcowania,
  - kwantowe systemy pomiarowe w zastosowaniach przemysłowych.

3. Mapa drogowa **Metrology for future applications of Complex RF to THz Systems** ma spowodować rozwój metrologii w zakresie częstotliwości radiowej do THz, wspomagającej nowe i ulepszone technologie w takich dziedzinach jak: ochrona zdrowia, bezpieczeństwo, zarządzanie ruchem, monitorowanie środowiska, zaawansowane produkcje i badania jakości. Cele do osiągnięcia to:
  - udoskonalenie i rozszerzenie skali jednostek dla wielkości RF,
  - wieloparametrowa charakteryzacja systemów RF,
  - metrologia dla dużej skali, w pełni zautomatyzowanych, złożonych systemów RF.
4. Mapa drogowa **Power and Energy in an era of emerging Smart Grids** ma doprowadzić do rozwoju infrastruktury metrologicznej niezbędnej do zapewnienia oszczędności energii elektrycznej, w tym jej efektywnego przekazywania i wykorzystywania w dobie rozwoju inteligentnych sieci energetycznych. Cele do osiągnięcia to:
  - narzędzia do badania jakości mocy w sieciach,
  - „in situ” i złożone pomiary mocy,
  - oszczędność i efektywność energii,
  - ulepszenie narzędzi do monitorowania i kontrolowania sieci energetycznych.
5. Mapa drogowa **Nanoelectronics and nanomagnetism** ma spowodować rozwój narzędzi i metod pomiarowych pozwalających na badanie i kontrolowanie właściwości urządzeń i materiałów w skali nano. Cele do osiągnięcia to:
  - narzędzia do charakteryzowania dzisiejszej elektroniki i czujników,
  - narzędzia do charakteryzowania dla technologii innych niż CMOS,
  - narzędzia do charakterystyki na poziomie pojedynczej cząsteczki/atomu.

## 2. Potrzeby krajowe

Podstawowe potrzeby krajowe, do których odnieść można przyszłą działalność GUM w dziedzinie **Elektryczności i Magnetyzmu** ujęte są m.in. w dokumencie pt. Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”. Najważniejsze punkty ze strategii to:

- podniesienie poziomu i efektywności nauki w Polsce, wzmocnienie jej powiązań z gospodarką oraz wzrost jej międzynarodowej konkurencyjności, a także
- wspieranie współpracy w tworzeniu i wdrażaniu innowacji.

Oczekiwania podmiotów gospodarczych w stosunku do instytucji metrologicznej, jaką jest GUM, sprowadzają się przede wszystkim do zapewnienia możliwości pomiarowych, niezbędnych do rozwoju gospodarki i zapewnienia odpowiedniej jakości życia. Wspieranie innowacyjności rozwoju technologicznego poprzez dostarczanie bardzo precyzyjnych, wysokiej dokładności pomiarów, nowych metod pomiarowych, nowych rozwiązań systemów pomiarowych, wiedzy eksperckiej z dziedziny metrologii oraz współudział w pracach badawczo-naukowych. Pomiary z dziedziny elektryczności i magnetyzmu w dużej mierze dotyczą strategicznych gałęzi gospodarki narodowej, takich jak energetyka i przemysł elektrotechniczny, czy dystrybucja energii elektrycznej (liczniki energii elektrycznej) oraz badania kompatybilności elektromagnetycznej. W dziedzinie AC moc realizowane są pomiary i wzorcowania wzorcowych liczników energii elektrycznej oraz badania



liczników użytkowych w ramach oceny zgodności prowadzonej w GUM, jako jednostki notyfikowanej do dyrektywy MID. W dziedzinie AC moc znaczna część działalności związana jest z metrologią prawną. W dziedzinie pomiarów wysokich napięć i prądów realizowane są badania i pomiary przekładników i ich obciążeń stosowanych w energetyce.

Możliwości wytwarzania jednorodnych pól elektromagnetycznych (EM) pozwalają na objęcie badaniami obszarów gospodarki, takich jak: przemysł lotniczy, hutniczy, tabor kolejowy, produkcja czujników pola magnetycznego, magnesów stałych, kondensatorów czy też sieci energetycznych. Ponadto wzorcowania mierników pola EM pozwalają ośrodkom przemysłowym spełnić wymogi BHP oraz regulacje Ministra Pracy dotyczące pracy w polach elektromagnetycznych. Można sformułować następujące potrzeby:

- budowa kwantowego wzorca pomiarowego napięcia elektrycznego przemiennego,
- budowa nowoczesnego wzorca pomiarowego mocy i energii prądu przemiennego,
- opracowanie nowych metod wzorcowania i badania liczników prądu przemiennego, które będą wykorzystywane do pomiarów energii podczas ładowania samochodów elektrycznych.

### III Historia rozwoju dziedziny w Głównym Urzędzie Miar

W obecnej strukturze organizacyjnej Głównego Urzędu Miar dziedziną zajmuje się Samodzielne Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu, poprzednio Zakład Elektryczny. Zakład Elektryczny (M4) powstał w 1921 r. jako Pracownia Pomiarów Elektrycznych. Pracownia została zorganizowana dla potrzeb badań liczników energii elektrycznej. Zlokalizowano ją w ośmiu pomieszczeniach na parterze, w trzech piwnicznych i w części sąsiadującego korytarza. W tych pierwszych mieściły się laboratoria, a w podziemiach źródła zasilania elektrycznego: akumulatory, prądnice, przetwornice maszynowe i prostowniki. Prace instalacyjne trwały do 1925 roku. Uzyskano pełne możliwości prowadzenia badań liczników energii elektrycznej, przekładników. Ponadto pracownia miała wszelkie warunki techniczne do uwierzytelniania i przechowywania własnych wzorców napięcia i oporu do sprawdzania innych elektrycznych przyrządów pomiarowych. Pracownia została przekształcona w 1953 r. w Zakład Metrologii Elektrycznej, do którego dołączono w 1989 r. laboratoria pomiarowe Zakładu Metrologicznego Elektroniki (utworzonego w 1965 r.) oraz w 2003 r. Samodzielne Laboratorium Czasu i Częstotliwości (utworzone w 1965 r. z wcześniejszego Działu Pomiaru Czasu).

Obecnie Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu (L5) podzielone jest organizacyjnie na cztery Pracownie: Wzorców Wielkości Elektrycznych, Wielkości Elektrycznych Małej Częstotliwości, Pomiarów Elektroenergetycznych oraz Mikrofala Pola Elektromagnetycznego i Kompatybilności Elektromagnetycznej. Laboratorium realizuje zadania związane z pomiarami: rezystancji, napięcia elektrycznego stałego i przemiennego, prądu elektrycznego stałego i przemiennego, mocy, pojemności elektrycznej, indukcyjności, impedancji i mocy w dziedzinie wielkiej częstotliwości, energii elektrycznej, stosunku napięć i prądów elektrycznych przemiennych, pola elektromagnetycznego oraz badań nad kompatybilnością elektromagnetyczną. W Laboratorium utrzymywanych jest siedem wzorców państwowych.

W 2005 roku przeprowadzono pomyślnie proces akredytacji, z rozszerzeniem w 2006 roku. Ekspertami technicznymi byli specjaliści z PTB: Hans Bachmair (niskie napięcia i prądy) i Bernd Schumacher (wzorce V i R).

Od 2011 roku, regularnie co 5 lat, w każdej dziedzinie są przeprowadzane oceny kompetencji technicznych w ramach wizyty tzw. peer-review. Do oceny zapraszani są eksperci techniczni z NMI, uczestniczący w projekcie EURAMET 1109: Peter Vrabcek, Juraj Slučaj, Stefan Gasparik.

Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu brało udział w wielu porównaniach międzynarodowych. W tabeli poniżej wymienione zostały projekty już zakończone.

## Porównania międzynarodowe

Dziedzina pomiarowa	Organizacja patronująca, koordynator – nr projektu
Rezystancja 10 $\Omega$ i 10 k $\Omega$ (porównania kluczowe)	CCEM – nr K11a 1998
Napięcie stałe 1.018 V (porównania kluczowe)	CCEM – nr K11b 2001
Napięcie stałe DC 1 V, 1,018 V, 10V (dwustronne)	GUM/SMU 2012
Rezystancja DC BIPM.EM-K13 a i b 100 $\Omega$	BIPM – GUM 2005
Pojemność elektryczna 10 pF, 100 pF	EUROMET Project 345 NPL (Wielka Brytania) 1999
Pojemność elektryczna 1000 pF, 100 nF (dwustronne)	GUM – SMU (Słowacja) 2012
Pojemność elektryczna 10 pF, 100 pF	COOMET.EM-S13 Ukrmetrteststandard (Ukraina) 2012–2013
Rezystancja DC EM-K2.1: 1 10 M $\Omega$ i 1G $\Omega$ (porównania kluczowe)	EM-K2.1: 1 2010
Rezystancja DC EM-.S32 1T $\Omega$ i 100T (porównania kluczowe)	EM-S32 2013
Moc AC (0,1 – 100) A i 230V 50 Hz (dwustronne)	CMI (Czechy) 2014
EM / Napięcie DC, prąd DC, napięcie AC, prąd AC, rezystancja AC	Euramet Project no 1341 TUBITAK UME (Turcja)
Indukcyjność, 100 mH	EURAMET Project 816 INRIM (Włochy) I PTB (Niemcy) 2006–2008
Indukcyjność, 10 mH, 100 mH	COOMET.EM-S14 Ukrmetrteststandard (Ukraina) 2013–2014
Napięcie elektryczne przemiennie – Termiczne przetworniki napięciowe AC/DC	CMI (Czechy) 2011
Prąd elektryczny przemienny – Termiczne przetworniki prądowe AC/DC	EURAMET.EM-K12 2015
Stosunek napięć elektrycznych przemiennych	Euromet Project 599: Comparison of voltage ratio standards (VTs) 2001–2005
Stosunek prądów elektrycznych przemiennych	EUROMET Projects 473: Comparison of the measurement of current transformers (CTs) 1999–2009
Indukcja magnetyczna (dwustronne)	GUM/CMI 2013
Pole elektromagnetyczne 20 Hz – 40 GHz (trójstronne)	COOMET nr 7/RU-a/92 1995
Pole elektryczne AC (porównania kluczowe)	EM-S6 2002
Scattering Coefficient by Broad-BandMethods 100MHz-33GHz-3,5 mm connector	National Metrology Institute of Japan CCEM.RF-K5c.CL (2012)

# IV Plan rozwoju dziedziny w GUM

## 1. Infrastruktura metrologiczna

### Rezystancja

1. Stanowisko pomiarowe do pomiaru wzorców odniesienia jednostki miary rezystancji S01 (DG1-EM.R).
2. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania rezystorów wzorcowych S02 (DG2-EM.R).
3. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania rezystorów wysokoomowych S03 (DG3-EM.R).

### Napięcie elektryczne stałe

4. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania kompensatorów i ogniw Westona S04 (DG2-EM.V).
5. Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki napięcia elektrycznego stałego oraz do wzorcowania półprzewodnikowych źródeł napięcia S05 (DG1-EM.V).

### Impedancja

6. Stanowisko pomiarowe do pomiarów wzorca państwowego i wzorców odniesienia jednostki miary pojemności elektrycznej.
7. Stanowisko pomiarowe do pomiarów wzorca państwowego i wzorców odniesienia jednostki miary indukcyjności.
8. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania cewek indukcyjnych, kondensatorów i rezystorów.
9. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania przyrządów do pomiaru rezystancji, indukcyjności i pojemności elektrycznej.

### Wysokie napięcia

10. Stanowisko wzorca państwowego jednostki stosunku napięć przemiennych o częstotliwości 50 Hz.
11. Stanowisko wzorca państwowego jednostki stosunku prądów przemiennych o częstotliwości 50 Hz.
12. Stanowisko do wzorcowania mostków do pomiaru błędów przekładników i obciążeń przekładników.
13. Stanowisko do wzorcowania woltomierzy wysokiego napięcia.

### ACDC

14. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania multimetrów cyfrowych.
15. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania kalibratorów.

16. Stanowisko do wzorcowania przetworników termicznych AC/DC oraz stanowisko do wzorcowania kalibratorów za pomocą przetworników termicznych AC/DC.
17. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania woltomierzy cyfrowych niskich częstotliwości.

### **Energia elektryczna**

18. Stanowisko wzorca odniesienia energii elektrycznej – stanowisko pomiarowe do wzorcowania liczników energii elektrycznej.
19. Stanowisko pomiarowe do badania liczników energii elektrycznej.
20. Stanowisko pomiarowe do badania wielkości wpływających na błędy pomiaru liczników energii elektrycznej.

### **Wielkie częstotliwości**

21. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wyposażenia pomiarowego w.cz. w paśmie do 40 GHz.

### **Pole elektromagnetyczne**

22. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania mierników natężenia pola elektrycznego poniżej 100 kHz.
23. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania mierników natężenia pola elektrycznego powyżej 100 kHz.
24. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania mierników natężenia pola magnetycznego poniżej 100 kHz.

### **Kompatybilność elektromagnetyczna**

25. Stanowisko badawcze do badania odporności na promieniowane pole elektromagnetyczne.
26. Stanowisko badawcze do badania odporności na zaburzenia elektryczne i magnetyczne.
27. Stanowisko badawcze do badania emisji i odporności w komorze GTEM.
28. Stanowisko badawcze do badania odporności na zaburzenia przewodzone indukowane przez pola o częstotliwości radiowej.

### **Rozwój infrastruktury metrologicznej**

Dziedzina jest bardzo obszerna i obejmuje wykonywanie badań i pomiarów z zakresu wielkości elektrycznych i magnetycznych. Obejmuje ona wykonywanie wzorcowań i ekspertyz przyrządów pomiarowych mierzących poszczególne wielkości elektryczne i magnetyczne. Zapewnia wiarygodność, spójność i porównywalność pomiarów wielkości elektrycznych niemal we wszystkich obszarach działalności człowieka. Pomiar wielkości elektrycznych i magnetycznych są niezwykle istotne dla rozwoju gospodarki i energetyki oraz ochrony konsumenta, bezpieczeństwa czy ochrony środowiska i zdrowia. Pomiar wielkości elektrycznych są wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłu, np. w energetyce oraz w szeroko rozumianym przemyśle energetycznym i elektronicznym (teleinformatyka), przemyśle samochodowym (wytwarzanie samochodów z napędem

elektrycznym), przemyśle wytwarzającym dobra konsumpcyjne oraz wszędzie tam gdzie wykorzystywana jest energia elektryczna.

## Zadania

1. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie państwowych wzorców jednostki miary napięcia stałego oraz rezystancji.
2. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie państwowych wzorców napięcia przemiennego, indukcyjności i pojemności elektrycznej.
3. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie państwowych wzorców jednostki miary stosunku napięć przemiennych o częstotliwości 50 Hz oraz jednostki miary stosunku prądów przemiennych o częstotliwości 50 Hz.
4. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie wzorców odniesienia jednostki miary prądu elektrycznego przemiennego.
5. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie wzorców odniesienia jednostki miary mocy i energii prądu przemiennego.
6. Utrzymywanie, przechowywanie oraz rozwój i doskonalenie wzorców odniesienia mocy, tłumienia, impedancji w zakresie częstotliwości mikrofalowych oraz wzorców odniesienia pola elektrycznego i pola magnetycznego.
7. Zapewnienie powiązania wszystkich państwowych wzorców oraz wzorców odniesienia, utrzymywanych w Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu z wzorcami międzynarodowymi i wzorcami innych państw poprzez uczestniczenie w kluczowych i bilateralnych porównaniach międzynarodowych.
8. Przekazywanie jednostek miar od wzorców państwowych oraz wzorców odniesienia do wzorców stosowanych w laboratoriach naukowych i badawczych oraz przemysłowych, dla zapewnienia spójności pomiarowej w kraju w zakresie elektrycznych wielkości pomiarowych.
9. Prowadzenie prac naukowych i badawczo-rozwojowych w obszarze pomiarów wielkości elektrycznych, z uwzględnieniem potrzeb gospodarki i jej innowacyjności.
10. Prowadzenie prac naukowych i badawczo-rozwojowych w obszarze pomiarów wielkości pola elektrycznego i magnetycznego.
11. Udział w projektach badawczych, krajowych i międzynarodowych z obszaru metrologii wielkości elektrycznych.
12. Wykonywanie badań i pomiarów w dziedzinie Kompatybilności Elektromagnetycznej.
13. Prowadzenie prac naukowych i badawczo-rozwojowych z zakresu badań i pomiarów z dziedziny Kompatybilności Elektromagnetycznej.
14. Organizowanie i udział w krajowych i zagranicznych porównaniach międzylaboratoryjnych w dziedzinie wielkości elektrycznych i magnetycznych.
15. Wykonywanie wzorcowań, ekspertyz przyrządów pomiarowych.
16. Wykonywanie badań dla potrzeb do oceny zgodności w ramach Jednostki Notyfikowanej w zakresie liczników energii elektrycznej, o których mowa w § 13 ust. 2 pkt 2 regulaminu organizacyjnego Urzędu.
17. Zapewnienie transferu wiedzy z zakresu metrologii do terenowej administracji miar i przedsiębiorców oraz innych podmiotów poprzez prowadzenie szkoleń, udzielanie konsultacji oraz propagowanie dobrych praktyk metrologicznych.

18. Współpraca ze Służbą Miar oraz z terenową administracją miar w zakresie właściwości Laboratorium.
19. Wykonywanie innych statutowych zadań wynikających z postanowienia Regulaminu Wewnętrznego Laboratorium oraz Regulaminu Urzędu.

### **Planowane działania**

1. Budowa kwantowego wzorca (stanowiska pomiarowego) do odtwarzania jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego.
2. Rozwinięcie współpracy z ośrodkami badawczo-rozwojowymi i przemysłowymi w zakresie kwantowego wzorca napięcia przemiennego (stworzenie konsorcjum).
3. Rozbudowa nowoczesnego państwowego wzorca mocy i energii prądu przemiennego (rozszerzenie zakresu na duże prądy do 300 A).
4. Budowa laboratorium do pomiarów parametrów jakości energii prądu przemiennego (laboratorium ma powstać w wyniku prowadzonych prac badawczo-rozwojowych Grupy Roboczej ds. jakości i ilości energii elektrycznej prądu przemiennego (GR 2) wyłonionej z Konsultacyjnego Zespołu Metrologicznego ds. energii, powołanego przez Prezesa GUM).
5. Modernizacja stanowiska państwowego wzorca napięcia AC i państwowego wzorca prądu AC.
6. Budowa stanowiska pomiarowego do badania i wzorcowania przyrządów mierzących moc i energię prądu stałego (liczniki mocy i energii prądu stałego do rozliczeń PKP i zakładów komunikacji miejskiej).
7. Budowa układu (systemu) pomiarowego, rozszerzającego zakres pomiarowy państwowego wzorca jednostki miary rezystancji, umożliwiającego przeniesienie wielkości rezystancji na wzorce nisko i wysokoomowe.
8. Dostosowanie struktury stanowisk pomiarowych Laboratorium L5 do nowej redefinicji ampera.
9. Rozszerzenie możliwości badawczych stanowiska S06 do badań odpornościowych i emisji EMC w zakresie sygnałów o częstotliwości do 6 GHz.
10. Budowa stanowiska pomiarowego do wzorcowania kondensatorów przy wysokim napięciu (automatyczny mostek wraz z kondensatorami wzorcowymi).
11. Przygotowanie laboratorium do wzorcowania i badania liczników prądu przemiennego, służących do rozliczeń za energię pobieraną podczas ładowania samochodów elektrycznych.
12. Budowa wzorców pola magnetycznego (przekazanie ich do okręgów wraz z usługami wzorcownia przyrządów do pomiarów pola elektromagnetycznego).
13. Budowa wzorców pól elektromagnetycznych w celu zwiększenia możliwości pomiarowych i sprostania zapotrzebowaniu sektora przemysłowego.
14. Budowa wielozadaniowego mobilnego laboratorium (pomiarów dla potrzeb testów i badań elektrycznych samochodów, pomiary EMC w terenie – przetwornic i innych urządzeń elektrycznych o bardzo dużych gabarytach i masie dla Instytutu Kolejnictwa i Zakładu produkującego przetwornice zasilania dla elektrowozów).

<b>Państwowy wzorzec jednostki miary rezystancji (wzorzec pierwotny)</b>	
Stan obecny	Planowany rozwój
System pomiarowy oparty na kwantowym zjawisku Halla. Wartość nominalna rezystancji odtwarzana z efektu Halla 12 906,4035 $\Omega$ i 6453, 20175 $\Omega$ . Niepewność rozszerzona względna odtwarzania jednostki: $\geq 6,8 \cdot 10^{-10}$ .	Modernizacja stanowiska państwowego wzorca jednostki miary rezystancji. Zapewni to ciągłość pracy stanowiska, znacznie ograniczy koszty przekazywania jednostki z kwantowego wzorca, ułatwi dostęp do najdokładniejszych pomiarów, poprawi parametry metrologiczne. Modernizacja stanowiska współpracującego ze wzorcem państwowym, do wzorcowania rezystorów wysokoomowych.
<b>Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego stałego (wzorzec pierwotny)</b>	
Układ pomiarowy składający się z wzorca pierwotnego, opartego na zjawisku Josephsona ze złączem o napięciu znamionowym 10 V oraz systemu pomiarowego do kontroli charakterystyk i kalibracji. Niepewność rozszerzona względna odtwarzania jednostki miary: $5 \cdot 10^{-9}$ .	Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego stałego jest najlepszą na świecie realizacją jednostki. Modernizacja tego stanowiska będzie polegała na budowie kwantowego wzorca (stanowiska pomiarowego) do odtwarzania jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego.
<b>Państwowy wzorzec jednostki miary pojemności elektrycznej (wzorzec wtórny)</b>	
Cztery wzorcowe kondensatory kwarcowe o wartości nominalnej 10 pF. Niepewność rozszerzona względna odtwarzania jednostki miary we wzorcu grupowym przy częstotliwościach 1000 Hz i 1592 Hz wynosi $5 \cdot 10^{-7}$ .	Rozwój wzorca pod kątem możliwości transferu jednostki miary na wzorce niższego rzędu poprzez budowę zestawu nowych termostatyzowanych wzorców pojemności z dielektrykiem ceramicznym. Umożliwi to uzyskanie pośredniego odniesienia do kwantowego wzorca rezystancji AC. Zestaw umożliwi modernizację metody wzorcowania kondensatorów wchodzących w skład państwowego wzorca pojemności. Zestaw umożliwi uruchomienie nowej usługi wymaganej przez przemysł elektroenergetyczny. Rozwój wzorca zostanie wykonany we własnym zakresie przez pracowników laboratorium.
<b>Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności (wzorzec wtórny)</b>	
Grupa czterech cewek indukcyjnych wzorcowych o wartości nominalnej 10 mH. Niepewność rozszerzona względna odtwarzania jednostki miary we wzorcu grupowym przy częstotliwości 1000 Hz jest nie większa niż $4 \cdot 10^{-5}$ .	Modernizacja wzorca państwowego jednostki miary indukcyjności. Umieszczenie pojedynczych cewek wzorcowych wrażliwych na zmiany temperatury w termostatach indywidualnych. Poprawa stabilności temperaturowej wzorca i jego parametrów.



<b>Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego (wzorzec wtórny)</b>	
<p>Zestaw termicznych przetworników napięciowych AC/DC wraz z rezystorami zakresowymi oraz napięciowy wzorzec transferowy AC/DC. Zakres pomiarowy: 2 mV ÷ 1000 V, 10 Hz ÷ 1000 kHz Niepewność rozszerzona względna: <math>1 \cdot 10^{-6} \div 120 \cdot 10^{-6}</math>.</p>	<p>Budowa nowego stanowiska państwowego wzorca napięcia AC (wzorca pierwotnego), będącego realizacją wzorca kwantowego napięcia przemiennego opartego na kwantowym efekcie Josephsona. Budowa powiązana z modernizacją państwowego wzorca napięcia elektrycznego stałego (DC). Modernizacja stanowiska państwowego wzorca napięcia AC i państwowego wzorca prądu AC oraz systemu przenoszenia jednostek miar poprzez zakup automatycznego urządzenia transferującego wzorcowe napięcie elektryczne stałe w zakresie od 100 nV do 1000 V. Zakup urządzenia umożliwi pełne przeniesienie jednostek napięcia i prądu elektrycznego przemiennego poprzez odniesienie do napięcia i prądu elektrycznego stałego przy zastosowaniu przetworników termicznych AC/DC z lepszą, niż obecnie osiągnięta, niepewnością. Ponadto umożliwi najdokładniejszy transfer jednostki miary napięcia elektrycznego stałego od wzorca państwowego na kalibratory i multimetry w wymaganym szerokim zakresie napięć. Modernizacja stanowiska państwowego wzorca jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego (ACV) poprzez zakup wielofunkcyjnego urządzenia automatyzującego transfer ACDC z oprogramowaniem – system przełączająco-kondycjonujący. Zakup urządzenia umożliwi przeniesienie jednostki ACV poprzez odniesienie do napięcia elektrycznego stałego (DCV) przy zastosowaniu przetworników termicznych AC/DC z lepszą, niż obecnie osiągnięta, niepewnością, w układzie pomiarowym powszechnie stosowanym w innych NMI. Rozszerzy funkcjonalność stanowiska pomiarowego o możliwość wzorcowań i badań kalibratorów ACV, bez funkcji pomiarowej DCV. Modernizacja stanowiska państwowego wzorca napięcia AC i państwowego wzorca prądu AC oraz systemu przenoszenia jednostek miar. Zakup nowych rodzajów przetworników o lepszych charakterystykach i parametrach metrologicznych od dotychczas posiadanych wzorców (np. przetworniki wielozłączowe).</p>
<b>Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz (wzorzec wtórny)</b>	
<p>Pojemnościowy dzielnik napięcia składający się z kondensatora gazowego i kondensatorów powietrznych. Zakres pomiarowy napięć pierwotnych: <math>(1000 \div 400\,000/\sqrt{3})</math> V Niepewność rozszerzona: 0,003 % i 0,03'.</p>	<p>Zakup stanowiska do wzorcowania pojemności przy wysokim napięciu. Modernizacja umożliwi wzorcowanie kondensatorów wchodzących w skład państwowego wzorca stosunku napięć przemiennych. Zakup umożliwi również uruchomienie nowej usługi wymaganej przez przemysł elektroenergetyczny, której nie realizuje w Polsce żadne laboratorium.</p>
<b>Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz (wzorzec wtórny)</b>	
<p>Zestaw dwóch komparatorów i przekładnika prądowego. Zakres pomiarowy prądów pierwotnych: <math>(0,1 \div 2)</math> A Niepewność rozszerzona: 0,008 % i 0,5'. Zakres pomiarowy prądów pierwotnych: <math>(2 \div 10000)</math> A Niepewność rozszerzona: 0,004 % i 0,2'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zakup nowego komparatora prądowego na prądy pierwotne do 5000 A,</li> <li>– zakup elektronicznego obciążenia przekładników prądowych,</li> <li>– zakup mostka do pomiaru błędów przekładników.</li> </ul>

## 2. Współpraca krajowa

Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu współpracuje z:

- Politechniką Śląską,
- Politechniką Wrocławską (konsorcjum naukowe),
- Uniwersytetem Zielonogórskim,
- Politechniką Poznańską.

Plan rozwoju:

- wsparcie metrologiczne dla polskich producentów,
- współpraca z liderami branż związanych z metrologią,
- organizacja wizyt, staży i praktyk dla studentów uczelni technicznych,
- realizacja projektów badawczych i rozwojowych w obszarach wynikających z Krajowych Inteligentnych Specjalizacji,
- nawiązanie współpracy z innymi instytucjami naukowymi,
- nawiązanie współpracy z wojskiem,
- nawiązanie współpracy z PCA.

Obszary działań, które wymagają usystematyzowanych prac:

- a) działania legislacyjne i akty wykonawcze,
- b) działania rozwojowe i badawcze,
- c) współpraca z użytkownikami.

Potrzeby gospodarki zostały zdiagnozowane przez Konsultacyjny Zespół Metrologiczny (KZM) ds. energii. Prace Zespołu koncentrują się na definiowaniu i rozwiązywaniu zagadnień badawczo rozwojowych o charakterze metrologicznym, które mogą stanowić barierę w rozwoju polskich przedsiębiorstw z różnych gałęzi sektora energetycznego krajowej gospodarki. Członkami Zespołu są przedstawiciele przedsiębiorstw sektora energetycznego, przemysłowego, organizacji i stowarzyszeń branżowych, instytutów badawczo-naukowych oraz uczelni technicznych kształcących kadrę techniczną na potrzeby energetyki i przemysłu elektroenergetycznego. Potencjalny zakres zainteresowań Zespołu obejmuje: sieci energetyczne, bezpieczeństwo, budownictwo, transport, ruch drogowy, kolejowy, łączność, sieci telekomunikacyjne, sieci światłowodowe oraz różnego rodzaju technologie pomiarowe wspierające procesy produkcyjne o ogromnym znaczeniu dla funkcjonowania państwa. W wyniku dotychczasowych prac Zespołu wyłoniły się trzy Grupy Robocze:

- Grupa Robocza ds. jakości i ilości energii elektrycznej prądu przemiennego (GR 1),
- Grupa Robocza ds. energii prądu stałego (GR 2),
- Grupa Robocza ds. inteligentnych sieci energetycznych (GR 3).

**Grupa Robocza ds. jakości i ilości energii elektrycznej prądu przemiennego** koncentruje się na zagadnieniach metrologicznych związanych z problemami dotyczącymi pomiarów ilościowych i jakościowych energii podczas jej przesyłania i dystrybucji. W ramach dotychczasowych prac tej Grupy wypracowane zostały następujące tematy:

- a) opracowanie metody wzorcowania przekładników napięciowych najwyższych rzędów napięć z uwzględnieniem impedancji przewodów w ich obwodach wtórnych,

- b) opracowanie i zbudowanie stanowiska pomiarowego do wzorcowania przekładników prądowych i napięciowych niekonwencjonalnych, głównie elektronicznych,
- c) opracowanie i zbudowanie stanowiska pomiarowego do wzorcowania przekładników prądowych i napięciowych wysokiego napięcia pod kątem transferu wyższych harmonicznych (do 50-tej włącznie),
- d) opracowanie i zbudowanie stanowiska pomiarowego do wzorcowania kalibratorów i analizatorów jakości sieci zgodnie z wymaganiami odnośnej normy.

**Grupa Robocza ds. energii prądu stałego** koncentruje swoje działania na problemach związanych z pomiarami energii prądu stałego, szczególnie na potrzeby taboru kolejowego.

**Grupa Robocza ds. inteligentnych sieci energetycznych** skupia się wokół zagadnień związanych z inteligentnymi przyrządami pomiarowymi, posiadającymi moduły do analizy danych pomiarowych i ich zdalnego przesyłania. Chodzi tu przede wszystkim o przyrządy typu Smart Meters, czyli np. inteligentne liczniki energii elektrycznej, wchodzące w skład inteligentnych sieci energetycznych.

W siedzibie GUM odbywają się spotkania członków Zespołu. Za organizację prac Zespołu odpowiada jego Sekretariat, w skład którego wchodzi pracownicy Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu Głównego Urzędu Miar.

### 3. Współpraca międzynarodowa

Aktywność na forum międzynarodowym w dziedzinie elektryczności i magnetyzmu:

- udział w porównaniach międzynarodowych kluczowych i uzupełniających,
- udział w ocenach wzajemnych „peer-review”, również jako eksperci,
- aktywny udział w pracach Komitetu Technicznego EM EURAMET oraz działających w jego strukturach czterech podkomitetach,
- udział w projektach EMPIR.

Plan rozwoju współpracy:

- członkostwo w Komitecie Doradczym ds. Elektryczności i Magnetyzmu (CCEM),
- członkostwo w Komitecie Doradczym ds. Jednostek (CCU),
- udział w projektach EMPIR,
- udział i organizowanie porównań międzynarodowych,
- udział w konferencjach i seminariach międzynarodowych i innych spotkaniach ekspertów.

# V Krajowy system metrologiczny dotyczący dziedziny

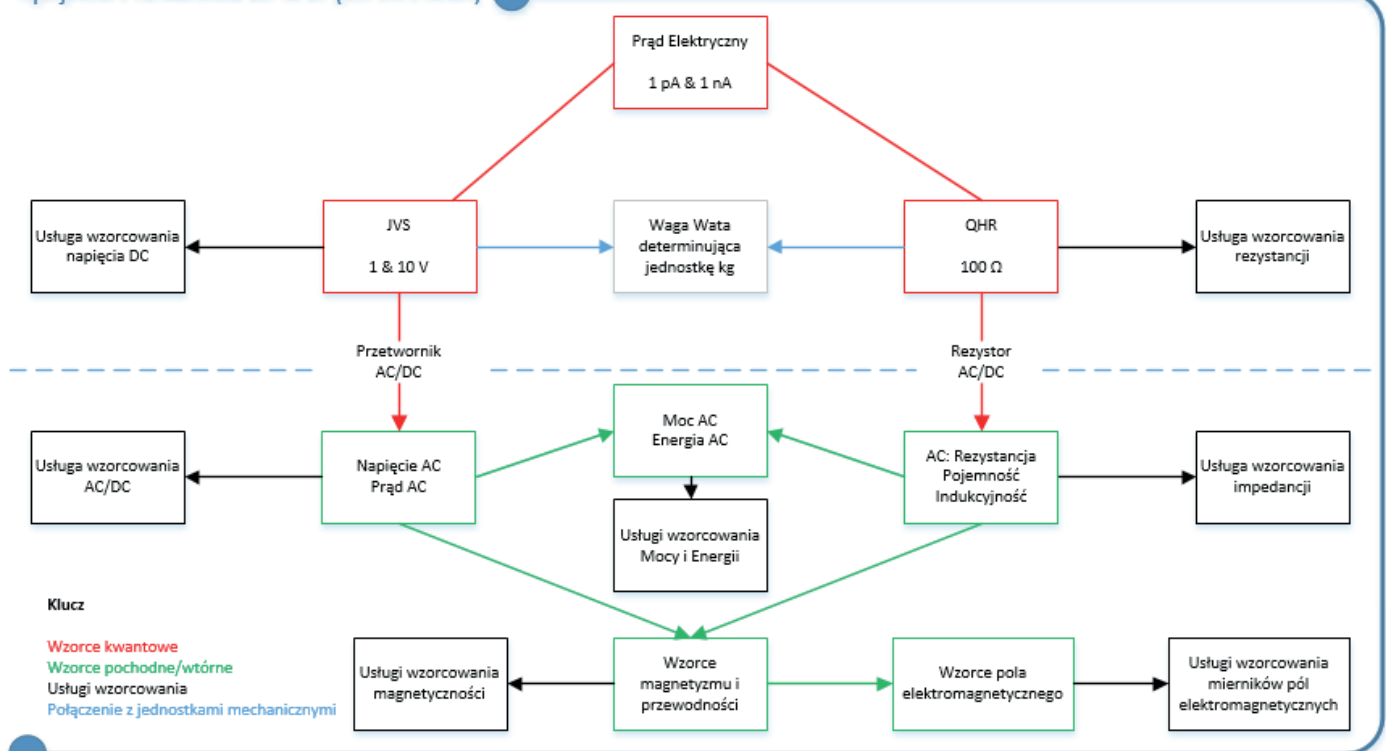
## 1. Spójność pomiarowa

Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu utrzymuje siedem wzorców państwowych.

1. Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego stałego.
2. Państwowy wzorzec jednostki miary rezystancji.
3. Państwowy wzorzec jednostki miary pojemności elektrycznej.
4. Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności.
5. Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego.
6. Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych.
7. Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych.

Stanowią one odniesienie dla wszystkich pomiarów elektrycznych wykonywanych w kraju.

### Spójność Pomiarowa DC & LF (DC to 1 MHz)



## Klasyfikacja czynności metrologicznych

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>1</b>	<b>Napięcie elektryczne stałe (DC) do 1100 V</b>	
<b>EM</b>	<b>1.1</b>	<b>Źródło napięcia elektrycznego stałego (DC)</b>	
EM	1.1.1	wartość pojedyncza	
EM	1.1.1.1		ogniwo wzorcowe
EM	1.1.1.2		wzorzec elektroniczny
EM	1.1.2	wartość niska (poniżej lub równa 10 V)	
EM	1.1.2.1		źródło napięcia stałego
EM	1.1.2.2		kalibrator wielofunkcyjny
EM	1.1.3	wartość pośrednia (powyżej 10 V do 1100 V)	
EM	1.1.3.1		źródło napięcia stałego
EM	1.1.3.2		kalibrator wielofunkcyjny
EM	1.1.4	napięcie szumu	
EM	1.1.4.1		źródło napięcia stałego
EM	1.1.4.2		wzmacniacz napięcia stałego
<b>EM</b>	<b>1.2</b>	<b>Miernik napięcia elektrycznego stałego (DC)</b>	
EM	1.2.1	wartość bardzo niska (poniżej lub równa 1 mV)	
EM	1.2.1.1		nanowoltomierz
EM	1.2.1.2		mikrowoltomierz
EM	1.2.2	wartość pośrednia (powyżej 1 mV do 1100 V)	
EM	1.2.2.1		woltomierz napięcia stałego
EM	1.2.2.2		multimetr
EM	1.2.2.3		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
<b>EM</b>	<b>1.3</b>	<b>Stosunek napięć elektrycznych stałych (DC)</b>	
EM	1.3.1	wartość do 1000 V	
EM	1.3.1.1		dzielnik rezystancyjny
EM	1.3.1.2		miernik stosunków napięć
EM	1.3.2	tłumienie	
EM	1.3.2.1		tłumik
<b>EM</b>	<b>2</b>	<b>Rezystancja przy prądzie stałym (DC)</b>	
<b>EM</b>	<b>2.1</b>	<b>Wzorzec i źródło rezystancji DC</b>	
EM	2.1.1	wartość niska (poniżej lub równa 1 Ω)	
EM	2.1.1.1	do 0,1 Ω	rezystor stały
EM	2.1.1.2	do 0,1 Ω	rezystor regulowany
EM	2.1.1.3	od 0,1 Ω do 1 Ω	rezystor stały
EM	2.1.1.4	od 0,1 Ω do 1 Ω	rezystor regulowany
EM	2.1.2	wartość pośrednia (powyżej 1 Ω do 1 MΩ)	
EM	2.1.2.1	od 1 Ω do 100 kΩ	rezystor stały
EM	2.1.2.2	od 100 kΩ do 1 MΩ	rezystor regulowany
EM	2.1.2.3	od 1 Ω do 100 kΩ	rezystor stały
EM	2.1.2.4	od 100 kΩ do 1 MΩ	rezystor regulowany
EM	2.1.3	wartość wysoka (powyżej 1 MΩ)	
EM	2.1.3.1	od 1 MΩ do 10 MΩ	rezystor stały
EM	2.1.3.2	od 10 MΩ do 1 GΩ	rezystor stały
EM	2.1.3.3	od 2 MΩ do 1 GΩ z zastosowaniem teraomierza	rezystor stały

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
EM	2.1.3.4	od 1 GΩ do 200 TΩ z zastosowaniem teraomomierza	rezystor stały
EM	2.1.3.5	od 1 MΩ do 10 MΩ	rezystor regulowany
EM	2.1.3.6	od 10 MΩ do 1 GΩ	rezystor regulowany
EM	2.1.3.7	od 2 MΩ do 1 GΩ z zastosowaniem teraomomierza	rezystor regulowany
EM	2.1.3.8	od 1 GΩ do 200 TΩ z zastosowaniem teraomomierza	rezystor regulowany
EM	2.1.4	wzorzec dla wielkich prądów	
EM	2.1.4.1		bocznik prądu stałego (DC)
EM	2.1.5	wzorzec wielozakresowy	
EM	2.1.5.1		kalibrator rezystancji
EM	2.1.5.2		kalibrator wielofunkcyjny
EM	2.1.6	współczynnik temperaturowy, mocy i ciśnieniowy	
EM	2.1.6.1		rezystor stały
<b>EM</b>	<b>2.2</b>	<b>Miernik rezystancji DC</b>	
EM	2.2.1	wartość niska (poniżej lub równa 1 Ω)	
EM	2.2.1.1		mikroomierz
EM	2.2.1.2		miliomierz
EM	2.2.1.3		multimetr
EM	2.2.1.4		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
EM	2.2.1.5		mostek oporowy
EM	2.2.2	wartość pośrednia (powyżej 1 Ω do 1 GΩ)	
EM	2.2.2.1		omierz
EM	2.2.2.2		megaomierz
EM	2.2.2.3		multimetr
EM	2.2.2.4		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
EM	2.2.2.5		mostek rezystancyjny
EM	2.2.3	wartość wysoka (powyżej 1 GΩ)	
EM	2.2.3.1		multimetr
EM	2.2.3.2		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
EM	2.2.3.3		teraomierz
EM	2.2.3.4		mostek rezystancyjny
<b>EM</b>	<b>3</b>	<b>Prąd elektryczny stały (DC)</b>	
<b>EM</b>	<b>3.1</b>	<b>Źródło prądu elektrycznego stałego</b>	
EM	3.1.1	wartość niska (poniżej lub równa 0,1 mA)	
EM	3.1.1.1		generator prądu
EM	3.1.1.2		kalibrator wielofunkcyjny
EM	3.1.2	wartość pośrednia (powyżej 0,1 mA do 20 A)	
EM	3.1.2.1		generator prądu
EM	3.1.2.2		kalibrator wielofunkcyjny
EM	3.1.3	wartość wysoka (powyżej 20 A do 100 A)	
EM	3.1.3.1		generator prądu
EM	3.1.4	stosunek przewodności czynnej wzajemnej	
EM	3.1.5	prąd szumowy	
EM	3.1.5.1		źródło prądu stałego
EM	3.1.5.2		wzmacniacz DC

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>3.2</b>	<b>Miernik prądu elektrycznego stałego</b>	
EM	3.2.1	wartość niska (poniżej lub równa 0,1 mA)	
EM	3.2.1.1		pikoamperomierz
EM	3.2.1.2		nanoamperomierz
EM	3.2.1.3		miliamperomierz
EM	3.2.1.4		multimetr
EM	3.2.1.5		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
EM	3.2.2	wartość pośrednia (powyżej 0,1 mA do 20 A)	
EM	3.2.2.1		miliamperomierz
EM	3.2.2.2		amperomierz
EM	3.2.2.3		multimetr
EM	3.2.2.4		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
EM	3.2.2.5		komparator prądowy
EM	3.2.3	wartość wysoka (powyżej 20 A do 100 A)	
EM	3.2.3.1		amperomierz
EM	3.2.3.2		przetwornik prądowy
EM	3.2.3.3		układ do pomiarów wielkich prądów
<b>EM</b>	<b>3.3</b>	<b>Stosunek prądów elektrycznych stałych (DC)</b>	
EM	3.3.1	stosunek prądów elektrycznych do 100 A	
EM	3.3.1.1		dzielnik rezystancyjny
EM	3.3.1.2		komparator prądu stałego
EM	3.3.1.3		przetwornik prądu
<b>EM</b>	<b>4</b>	<b>Impedancja (w zakresie częstotliwości do MHz)</b>	
<b>EM</b>	<b>4.1</b>	<b>Rezystancja przy prądzie przemiennym (AC)</b>	
EM	4.1.1	składowa rzeczywista (lub moduł) i składowa urojona (lub argument, lub stała czasowa)	
EM	4.1.1.1		rezystor stały
EM	4.1.2	różnica AC/DC	
EM	4.1.2.1		rezystor stały
EM	4.1.3	rezystancja dla wielkich prądów	
EM	4.1.3.1		bocznik prądu przemiennego AC
EM	4.1.4	miernik	
EM	4.1.4.1		miernik RLC (rezystancja, indukcyjność, pojemność elektryczna)
<b>EM</b>	<b>4.2</b>	<b>Pojemność elektryczna</b>	
EM	4.2.1	pojemność elektryczna i współczynnik stratności dla kondensatorów o małej stratności	
EM	4.2.1.1		kondensator wzorcowy (hermetyczny, z dielektrykiem w postaci suchego azotu lub topionego kwarcu)
EM	4.2.2	pojemność elektryczna i współczynnik stratności dla kondensatorów z dielektrykiem	
EM	4.2.2.1		kondensator stały
EM	4.2.2.2		kondensator przełączalny
EM	4.2.2.3		kondensator dekadowy

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
EM	4.2.3	pojemność elektryczna i współczynnik stratności dla kondensatorów o zmiennej budowie	
EM	4.2.3.1		kondensator stały
EM	4.2.3.2		kondensator przełączalny
EM	4.2.4	miernik	
EM	4.2.4.1		mostek pojemności
EM	4.2.4.2		miernik RLC
<b>EM</b>	<b>4.3</b>	<b>Indukcyjność</b>	
EM	4.3.1	indukcyjność własna i równoważna rezystancja szeregową, niskie wartości (niższe niż 1 mH)	
EM	4.3.1.1		cewka indukcyjna stała
EM	4.3.1.2		cewka indukcyjna zmienna
EM	4.3.1.3		cewka indukcyjna dekadowa
EM	4.3.2	indukcyjność własna i równoważna rezystancja szeregową, wartości pośrednie (powyżej lub równa 1 mH do 1 H)	
EM	4.3.2.1		cewka indukcyjna stała
EM	4.3.2.2		cewka indukcyjna zmienna
EM	4.3.2.3		cewka indukcyjna dekadowa
EM	4.3.3	indukcyjność własna i równoważna rezystancja szeregową, wartości wysokie (wyższe niż 1 H)	
EM	4.3.3.1		cewka indukcyjna stała
EM	4.3.3.2		cewka indukcyjna zmienna
EM	4.3.3.3		cewka indukcyjna dekadowa
EM	4.3.4	indukcyjność wzajemna	
EM	4.3.4.1		cewki o stałej indukcyjności wzajemnej
EM	4.3.5	miernik	
EM	4.3.5.1		miernik RLC
EM	4.3.6	współczynnik dobroci	
EM	4.3.6.1		wzorzec Q (dobroci)
<b>EM</b>	<b>5</b>	<b>Napięcie elektryczne przemienne (AC) w zakresie do MHz</b>	
<b>EM</b>	<b>5.1</b>	<b>Przetwornik napięcia AC/DC</b>	
EM	5.1.1	różnica przetwarzania AC/DC dla niskich napięć (typowo wartości poniżej lub równe 0,5 V)	
EM	5.1.1.1		przetwornik termoelektryczny ze wzmacniaczem lub łączony bezpośrednio
EM	5.1.1.2		mikropotencjometr
EM	5.1.1.3		wzorcowy przetwornik AC/DC
EM	5.1.2	różnica przetwarzania AC/DC dla średnich napięć (typowo wartości powyżej 0,5 V do 5 V)	
EM	5.1.2.1		przetwornik termoelektryczny (połączony bezpośrednio)
EM	5.1.2.2		wzorcowy przetwornik AC/DC
EM	5.1.3	różnica przetwarzania AC/DC dla wysokich napięć (typowo wartości powyżej 5 V)	
EM	5.1.3.1		przetwornik termoelektryczny o rozszerzonym zakresie
EM	5.1.3.2		wzorcowy przetwornik AC/DC



Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>5.2</b>	<b>Napięcie elektryczne przemiennie (AC) do 1000 V</b>	
EM	5.2.1	źródło	
EM	5.2.1.1		kalibrator wielofunkcyjny
EM	5.2.2	miernik	
EM	5.2.2.1		woltomierz napięcia przemiennego
EM	5.2.2.2		multimetr
EM	5.2.2.3		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
<b>EM</b>	<b>5.3</b>	<b>Stosunek napięć przemiennych, tłumienie i wzmacnienie (dla wysokich napięć w tym przekładniki)</b>	
EM	5.3.1	składowa rzeczywista (lub moduł) i składowa urojona (lub argument) (błąd przekładni i błąd kątowy)	
EM	5.3.1.1		indukcyjny dzielnik napięcia
EM	5.3.1.2		przekładnik napięciowy
EM	5.3.1.3		mostek do pomiaru błędów przekładnika
EM	5.3.2	tłumienie i wzmacnienie	
EM	5.3.2.1		urządzenie bierne
EM	5.3.2.2		indukcyjny dzielnik napięcia
<b>EM</b>	<b>6</b>	<b>Prąd elektryczny przemienny (AC) do 100 A</b>	
<b>EM</b>	<b>6.1</b>	<b>Przetworniki prądowe AC/DC</b>	
EM	6.1.1	różnica przetwarzania AC/DC	
EM	6.1.1.1		przetwornik termoelektryczny z bocznikiem
EM	6.1.1.2		wzorcowy przetwornik AC/DC z bocznikiem
<b>EM</b>	<b>6.2</b>	<b>Prąd elektryczny przemienny (AC) do 100 A</b>	
EM	6.2.1	źródło	
EM	6.2.1.1		kalibrator wielofunkcyjny
EM	6.2.1.2		wzmacniacz transkonduktancyjny
EM	6.2.2	miernik	
EM	6.2.2.1		amperomierz prądu przemiennego
EM	6.2.2.2		multimetr
EM	6.2.2.3		wielofunkcyjny wzorzec pośredniczący
<b>EM</b>	<b>6.3</b>	<b>Stosunek prądów elektrycznych przemiennych do 100 A</b>	
EM	6.3.1	składowa rzeczywista (lub moduł) i składowa urojona (lub argument) (błąd przekładni i błąd kątowy)	
EM	6.3.1.1		skompensowany przekładnik prądowy
EM	6.3.1.2		nieskompensowany przekładnik prądowy
EM	6.3.1.3		mostek do pomiaru błędów przekładnika
EM	6.3.1.4		komparator prądowy

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>7</b>	<b>Moc przemienna (AC)</b>	
<b>EM</b>	<b>7.1</b>	<b>Moc i energia (AC)</b>	
EM	7.1.1	moc w układzie jednofazowym (przy częstotliwości poniżej lub równej 400 Hz)	
EM	7.1.1.1		miernik mocy
EM	7.1.1.2		licznik energii
EM	7.1.1.3		przetwornik mocy
EM	7.1.1.4		watomierz
EM	7.1.1.5		kalibrator mocy
EM	7.1.2	moc w układzie jednofazowym (przy częstotliwości powyżej 400 Hz)	
EM	7.1.2.1		miernik mocy
EM	7.1.2.2		licznik energii
EM	7.1.2.3		przetwornik mocy
EM	7.1.2.4		watomierz
EM	7.1.2.5		kalibrator mocy
EM	7.1.3	moc w układzie trójfazowym	
EM	7.1.3.1		miernik mocy
EM	7.1.3.2		licznik energii
EM	7.1.3.3		watomierz
EM	7.1.3.4		kalibrator mocy
<b>EM</b>	<b>8</b>	<b>Wysokie napięcie elektryczne i prąd elektryczny</b>	
<b>EM</b>	<b>8.1</b>	<b>Wysokie napięcie stałe (DC)</b>	
EM	8.1.1	źródło wysokiego napięcia	
EM	8.1.1.1		źródło kilowoltowe DC
EM	8.1.2	miernik wysokiego napięcia	
EM	8.1.2.1		kilowoltomierz DC
EM	8.1.2.2		układ wysokonapięciowy
EM	8.1.3	stosunek napięć elektrycznych stałych (DC)	
EM	8.1.3.1		rezystancyjny dzielnik wysokiego napięcia
EM	8.1.3.2		próbnik wysokiego napięcia stałego
<b>EM</b>	<b>8.2</b>	<b>Impedancja wysokonapięciowa</b>	
EM	8.2.1	pojemność elektryczna i współczynnik stratności	
EM	8.2.1.1		kondensator ze sprężonym gazem
EM	8.2.1.2		kondensator wysokonapięciowy
EM	8.2.2	indukcyjność i kąt stratności	
EM	8.2.2.1		dławik wysokonapięciowy
EM	8.2.3	obciążenie: składowa rzeczywista i składowa urojona	
EM	8.2.3.1		obciążenie przekładnika
EM	8.2.4	rezystancja	
EM	8.2.4.1		rezystor wysokonapięciowy stały

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>8.3</b>	<b>Wysokie napięcie przemiennie i przekładnik napięciowy</b>	
EM	8.3.1	źródło	
EM	8.3.1.1		źródło wysokiego napięcia przemiennego
EM	8.3.2	miernik	
EM	8.3.2.1		miernik wysokiego napięcia przemiennego
EM	8.3.2.2		układ do pomiarów wysokonapięciowych (dzielnik rezystancyjny i dzielnik pojemnościowy)
EM	8.3.3	wartość szczytowa	
EM	8.3.3.1		miernik wysokiego napięcia przemiennego
EM	8.3.3.2		układ do pomiarów wysokonapięciowych (dzielniki rezystancyjne i pojemnościowe)
EM	8.3.4	składowa rzeczywista (lub moduł) i składowa urojona (lub argument) (błąd przekładni i błąd kątowy)	
EM	8.3.4.1		przekładnik napięciowy
EM	8.3.4.2		przekładnik kombinowany (część napięciowa)
EM	8.3.4.3		mostek do pomiaru błędów przekładnika
<b>EM</b>	<b>8.4</b>	<b>Impulsowe wysokie napięcie i prąd elektryczny</b>	
EM	8.4.1	parametry impulsowego napięcia piorunowego	
EM	8.4.1.1		układ pomiarowy do pomiaru impulsowego napięcia piorunowego
EM	8.4.1.2		kalibrator impulsów
EM	8.4.1.3		rejestrator cyfrowy
EM	8.4.2	parametry czasu impulsu piorunowego	
EM	8.4.2.1		układ pomiarowy do pomiaru impulsowego napięcia piorunowego
EM	8.4.2.2		kalibrator impulsów
EM	8.4.2.3		rejestrator cyfrowy
EM	8.4.3	parametry impulsowego napięcia łączeniowego	
EM	8.4.3.1		układ pomiarowy do pomiaru impulsowego napięcia piorunowego
EM	8.4.3.2		kalibrator impulsów
EM	8.4.3.3		rejestrator cyfrowy
EM	8.4.4	parametry czasu impulsu łączeniowego	
EM	8.4.4.1		układ pomiarowy do pomiaru impulsowego napięcia piorunowego
EM	8.4.4.2		kalibrator impulsów
EM	8.4.4.3		rejestrator cyfrowy

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
EM	8.4.5	parametry impulsowego prądu	
EM	8.4.5.1		specjalizowany układ pomiarowy
EM	8.4.5.2		dzielnik impulsów
EM	8.4.6	parametry czasu impulsowego prądu	
EM	8.4.6.1		specjalizowany układ pomiarowy
EM	8.4.6.2		dzielnik impulsów
EM	8.4.7	energia impulsowa	
EM	8.4.7.1		kalibrator impulsów
EM	8.4.7.2		bocznik
EM	8.4.7.3		przetwornik
EM	8.4.8	parametry reakcji (odpowiedzi): czas odpowiedzi, chwilowe przetężenie, czas ustalania	
EM	8.4.8.1		dzielnik impulsów
EM	8.4.8.2		bocznik
EM	8.4.8.3		przetwornik
<b>EM</b>	<b>8.5</b>	<b>Wyładowanie elektryczne</b>	
EM	8.5.1	ładunek pozorny	
EM	8.5.1.1		kalibrator wyładowań częściowych
EM	8.5.1.2		przyrząd do pomiaru wyładowań częściowych
EM	8.5.2	odpowiedź (reakcja)	
EM	8.5.2.1		urządzenie do pomiaru wyładowań elektrostatycznych (sonda do wyładowań elektrostatycznych)
<b>EM</b>	<b>8.6</b>	<b>Wielki prąd elektryczny przemienny (AC), przekładniki prądowe</b>	
EM	8.6.1	źródło prądu	
EM	8.6.1.1		źródło wielkiego prądu przemiennego
EM	8.6.2	miernik prądu	
EM	8.6.2.1		specjalizowany układ pomiarowy
EM	8.6.2.2		przetwornik prądowy
EM	8.6.3	składowa rzeczywista (lub moduł) i składowa urojona (lub argument) (błąd przekładni i błąd kątowy)	
EM	8.6.3.1		przekładnik prądowy
EM	8.6.3.2		przekładnik kombinowany (część prądowa)
EM	8.6.3.3		komparator prądowy
EM	8.6.3.4		mostek do pomiaru błędów przekładnika
EM	8.6.4	prąd pulsujący	
EM	8.6.4.1		układ pomiarowy do pomiaru prądu pulsującego
<b>EM</b>	<b>8.7</b>	<b>Wielki prąd elektryczny stały (DC)</b>	
EM	8.7.1	źródło prądu	
EM	8.7.2	miernik prądu	

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
EM	8.7.2.1		układ pomiarowy
EM	8.7.3	stosunek (przekładnia)	
<b>EM</b>	<b>9</b>	<b>Inne pomiary przy prądzie elektrycznym stałym o małej częstotliwości</b>	
<b>EM</b>	<b>9.1</b>	<b>Ładunek elektryczny</b>	
EM	9.1.1	źródło	
EM	9.1.1.1		źródło ładunku
EM	9.1.2	miernik	
EM	9.1.2.1		miernik ładunku
<b>EM</b>	<b>9.2</b>	<b>Kąt fazowy</b>	
EM	9.2.1	źródło	
EM	9.2.1.1		źródło fazy
EM	9.2.2	miernik	
EM	9.2.2.1		miernik fazy
EM	9.2.3	przesunięcie fazy	
EM	9.2.3.1		przesuwnik fazowy
EM	9.2.3.2		urządzenia do pomiaru przesunięcia fazy
<b>EM</b>	<b>9.3</b>	<b>Kształt fali prądu i napięcia elektrycznego</b>	
EM	9.3.1	harmoniczna prądu o podstawowej częstotliwości (harmoniczna podstawowa)	
EM	9.3.1.1		analyzer podstawowych harmoniczných
EM	9.3.1.2		miernik do pomiaru parametrów migotania światła
EM	9.3.2	zniekształcenia harmoniczne napięcia	
EM	9.3.2.1		generator sygnałów
EM	9.3.2.2		miernik zniekształceń
EM	9.3.2.3		miernik poziomów
<b>EM</b>	<b>10</b>	<b>Pole elektryczne i magnetyczne</b>	
<b>EM</b>	<b>10.1</b>	<b>Pole elektryczne o częstotliwości poniżej 50 kHz</b>	
EM	10.1.1	natężenie pola elektrostatycznego	
EM	10.1.1.1		miernik pola elektrostatycznego
EM	10.1.1.2		generator elektrostatyczny
EM	10.1.2	natężenie pola elektrycznego	
EM	10.1.2.1		sonda natężenia pola
EM	10.1.2.2		miernik pola elektrycznego
<b>EM</b>	<b>10.2</b>	<b>Pole magnetyczne o częstotliwości poniżej 50 kHz</b>	
EM	10.2.1	strumień magnetyczny	
EM	10.2.1.1		miernik strumienia
EM	10.2.1.2		wzorzec strumienia
EM	10.2.2	gęstość strumienia magnetycznego stałego oraz natężenie pola magnetycznego	
EM	10.2.2.1		miernik gęstości strumienia magnetycznego
EM	10.2.2.2		miernik natężenia pola magnetycznego
EM	10.2.3	gęstość strumienia magnetycznego przemiennego oraz natężenie pola magnetycznego	

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
EM	10.2.3.1		miernik gęstości strumienia magnetycznego
EM	10.2.3.2		miernik natężenia pola magnetycznego
<b>EM</b>	<b>10.3</b>	<b>Pole elektromagnetyczne o częstotliwości powyżej 50 kHz</b>	
EM	10.3.1	natężenie pola elektrycznego	
EM	10.3.1.1		sonda pola
EM	10.3.2	natężenie pola magnetycznego	
EM	10.3.2.1		sonda pola
EM	10.3.3	gęstość strumienia mocy	
EM	10.3.3.1		sonda pola
EM	10.3.4	gęstość strumienia magnetycznego	
<b>EM</b>	<b>11</b>	<b>Wielkości elektryczne przy częstotliwościach radiowych</b>	
<b>EM</b>	<b>11.1</b>	<b>Moc przy częstotliwości radiowej</b>	
EM	11.1.1	moc bezwzględna w standardzie współosiowym	
EM	11.1.1.1		miernik mocy
EM	11.1.1.2		źródło mocy
EM	11.1.3	współczynnik kalibracji i sprawność efektywna w standardzie współosiowym	
EM	11.1.3.1		termistor
EM	11.1.3.2		bareter
EM	11.1.3.3		czujnik mocy
<b>EM</b>	<b>11.2</b>	<b>Współczynnik odbicia oraz tłumienie</b>	
EM	11.2.2.1		urządzenie bierne
EM	11.2.3	tłumienie w standardzie współosiowym (wartość w skali logarytmicznej dB)	
EM	11.2.3.1		urządzenie bierne
EM	11.2.5	kierunkowość, efektywne dopasowanie źródła	
EM	11.2.5.2		splitter
<b>EM</b>	<b>11.3</b>	<b>Parametry rozproszenia</b>	
EM	11.3.1	współczynnik odbicia ( $S_{ii}$ ) w standardzie współosiowym (wartość w skali liniowej: rzeczywista i urojona lub moduł)	
EM	11.3.1.1		urządzenie bierne
EM	11.3.1.2		generator
EM	11.3.3	współczynnik transmisji ( $S_{ij}$ ) w standardzie współosiowym (wartość w skali liniowej: rzeczywista i urojona)	
EM	11.3.3.1		urządzenie bierne
EM	11.3.5	kierunkowość, efektywne dopasowanie źródła	
EM	11.3.5.1		wielowrotnik
EM	11.3.5.2		splitter
<b>EM</b>	<b>11.7</b>	<b>Napięcie elektryczne i prąd elektryczny o częstotliwości radiowej</b>	
EM	11.7.2	źródło napięcia RF	
EM	11.7.2.1		generator RF
EM	11.7.3	miernik napięcia RF	
EM	11.7.3.1		woltomierz RF
<b>EM</b>	<b>11.9</b>	<b>Impedancja charakterystyczna</b>	
EM	11.9.2	parametry elektryczne	
EM	11.9.2.1		linie powietrzne

Kod literowy	Nr czynności	Wielkość mierzona	Przyrząd lub obiekt
<b>EM</b>	<b>12</b>	<b>Właściwości materiałów</b>	
<b>EM</b>	<b>12.1</b>	<b>Przewodność elektryczna</b>	
EM	12.1.1	materiały metaliczne (metalowe)	
EM	12.1.1.1		metaliczny pręt
EM	12.1.1.2		blacha cienka
EM	12.1.1.3		materiał odniesienia
EM	12.1.2	ciecze	
EM	12.1.2.1		ciecze
EM	12.1.2.2		materiały odniesienia
EM	12.1.2.3		ogniwo elektrochemiczne
EM	12.1.3	materiały półprzewodnikowe i podobne	
EM	12.1.3.1		płytki odniesienia
<b>EM</b>	<b>12.2</b>	<b>Właściwości dielektryczne</b>	
EM	12.2.1	przenikalność magnetyczna względna: część rzeczywista lub urojona	
EM	12.2.1.1		materiały stałe
EM	12.2.1.2		ciecze
EM	12.2.2	tangens kąta stratności: $\tan \delta$	
EM	12.2.2.1		materiały stałe
EM	12.2.2.2		ciecze

## VI Wykaz dokumentów związanych z dziedziną

1. Calibration Guide No. 15 Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters TC-EM | Version 3.0, 02/2015.
2. Dyrektywa 2004/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych (MID).

## VII Wykaz publikacji pracowników GUM, związanych z dziedziną, w latach 2006–2016

1. E. Dudek, D. Sochocka: Wyznaczanie parametrów szumu selektywnego małej częstotliwości w pomiarach napięcia elektrycznego stałego. Materiały konferencji naukowo-technicznej PPM'2006.
2. M. Surdu, A. Lameko, A. Tarłowski, R. Rzepakowski: System przekazywania jednostek miary wielkości elektrycznych. Biuletyn GUM nr 4(8)/2007, s. 14-19.
3. M. Surdu, A. Lameko, A. Tarłowski, R. Rzepakowski: Utworzenie optymalnej bazy wzorców w dziedzinie pomiaru impedancji zespolonych. Pomiary Automatyka Kontrola 10/2007, s. 5-10.
4. E. Dudek, M. Mosiądz: Zastosowanie zjawiska Josephsona do odtwarzania jednostki napięcia elektrycznego. Materiały VII Seminarium i warsztatów Zastosowania Nadprzewodników 2006, s. 78-87.
5. M. Mosiądz, M. Orzepowski: Zastosowanie czujnika SQUID w kriogenicznym komparatorze rezystancji. Materiały VIII Seminarium i warsztatów Zastosowania Nadprzewodników 2008.
6. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Współczynniki temperaturowe rezystorów z niepewnością czy bez? Materiały seminarium „Niepewność Pomiarów”, Międzyzdroje 2007.
7. M. Mosiądz, M. Orzepowski: Zastosowanie kriogenicznego komparatora prądowego do przekazywania jednostki miary rezystancji. Pomiary Automatyka Kontrola nr 9/2007.
8. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Uncertainties of resistors temperature coefficients. Materiały 6. Międzynarodowej konferencji Measurement 2007, Science Review Vol. 7, No. 3/ 2007.
9. D. Domańska-Myśliwiec, M. Mosiądz, L. Snopek: Od kwantowego efektu Halla do rezystora wzorcowego – system przekazywania jednostki miary. Pomiary Automatyka Kontrola nr 9bis/2007, s. 78-81.
10. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Zastosowanie czujnika SQUID w pomiarach rezystancji. Materiały konferencyjne „Metrologia Kwantowa” – Poznań, 2008.
11. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Badania charakterystyk kwantowego wzorca rezystancji. Materiały konferencyjne „Metrologia Kwantowa” – Poznań, 2008.



12. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Problemy związane z odtwarzaniem napięcia elektrycznego w oparciu o zjawisko Josephsona. Materiały konferencyjne „Metrologia Kwantowa” – Poznań 2008.
13. M. Orzepowski: Wykorzystanie zjawisk kwantowych w pomiarach napięcia elektrycznego i rezystancji. Przegląd Elektrotechniczny 5/2008.
14. J. Jursza, M. Koszarny: Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności. Biuletyn GUM Nr 2(13)/2009, s.17-20.
15. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski: Wzorce wielkości elektrycznych oparte na zjawiskach kwantowych. Biuletyn GUM Nr 3(14)/2009.
16. M. Mosiądz, M. Orzepowski, P. Zawadzki: Metoda wzorcowania woltomierzy cyfrowych niskich częstotliwości. Przegląd Elektrotechniczny 2/2009.
17. J. Jursza, M. Koszarny, A. Ziółek: Odtwarzanie jednostki miary indukcyjności z wykorzystaniem komparatora RLC, przy częstotliwości 1 kHz. Biuletyn GUM nr 3(18)/2010, s. 29-32.
18. E. Dudek, M. Mosiądz, M. Orzepowski, L. Snopek: Problemy w pomiarach wysokich rezystancji. Biuletyn GUM nr 3(18)/2010, s. 25-28.
19. A. Czubla, E. Dudek, R. Rzepakowski, M. Orzepowski, G. Koślacz, Ł. Usydus: Wybrane aspekty metod wzorcowania stosowanych w metrologii elektrycznej i metrologii czasu i częstotliwości. Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej PPM’2009.
20. E. Dudek, J. Jursza, M. Mosiądz, L. Snopek: Porównania międzylaboratoryjne wzorców wielkości elektrycznych. Biuletyn GUM nr 3(18)/2010, s. 21-24.
21. J. Jursza, M. Koszarny, A. Ziółek: Odtwarzanie jednostki miary indukcyjności z wykorzystaniem komparatora RLC, przy częstotliwości 1 kHz. Pomiary Automatyka Kontrola 9/2010, s. 997-999.
22. E. Dudek, K. Krawczyk, M. Lisowski, M. Mosiądz: System przekazywania jednostki rezystancji od wzorca pierwotnego QHR do wzorców 100 T $\Omega$  oparty na transferach Hamona. Pomiary Automatyka Kontrola 11/2010.
23. M. Koszarny, A. Ziółek: Wykorzystanie komparatora RLC w pomiarach elementów państwowego wzorca jednostki miary pojemności elektrycznej. Materiały konferencji naukowo-technicznej PPM’2011, s. 58-61.
24. M. Koszarny, A. Ziółek: Wykorzystanie komparatora RLC w pomiarach elementów państwowego wzorca jednostki miary pojemności elektrycznej. Biuletyn Głównego Urzędu Miar nr 4/2011, s. 19-22.
25. E. Dudek, M. Orzepowski, A. Tatar: Kwantowy wzorzec prądu elektrycznego. Elektronika, Konstrukcje, Technologie, Zastosowania nr 6/2011.
26. E. Dudek, M. Orzepowski: Niepewność w metrologii kwantowej wielkości elektrycznych. Praca zbiorowa „Niepewność pomiarów w teorii i praktyce”. Wydawnictwo GUM 2011, s. 189-199.
27. E. Dudek, M. Orzepowski, L. Snopek: Praktyczna realizacja jednostki miary oporu elektrycznego (rezystancji). Materiały Głównego Urzędu Miar 2011.
28. E. Dudek, M. Orzepowski: Zagadnienia niepewności pomiaru podczas wzorcowania z wykorzystaniem kwantowych wzorców wielkości elektrycznych. Materiały szkoleniowe. GUM 2012.
29. L. Palafox, F. Raso, A. Ziółek i in.: AIM QuTE Automated Impedance Metrology extending the Quantum Toolbox for Electricity. 16th International Congress of Metrology 2013.

30. E. Dudek, M. Orzepowski, A. Tatar: Comparisons of quantum phenomena based electrical quantities standards. *Elektronika, Konstrukcje, Technologie, Zastosowania* nr 6/2013.
31. R. Rybski, J. Kaczmarek, M. Kozioł, M. Kampik, A. Ziółek: A Measurement System for Determination of Frequency Characteristics of Functional Blocks Used in AC Impedance Bridges. *Materiały X Konferencji Naukowej SP*, 2014.
32. R. Rybski, J. Kaczmarek, M. Kozioł, M. Kampik, E. Dudek, A. Ziółek: Evaluation of the measurement system for determination of frequency characteristics of functional blocks used in AC impedance bridges. *Przegląd Elektrotechniczny* nr 11/2014, s. 45-47.
33. A. Ziółek i in.: Automated impedance metrology extending the quantum toolbox for electricity. *Materiały konferencyjne "Quantum Metrology 2016"*.
34. R. Jasiński: Direct measurements of high-value resistance standards using teraohmmeter. *Materiały konferencji naukowo-technicznej PPM'2016*.
35. J. Szutkowski: Pomiar energii przy małym poborze prądu AC. *PAK* vol. 60, nr 2/2014, s. 114.
36. J. Szutkowski: Porównanie dwóch metod pomiarowych pomiaru mocy strat własnych licznika energii elektrycznej. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 12/2016.
37. G. Sadkowski, J. Szutkowski, A. Tomaszewski: Wykorzystanie metody algorytmicznej w pomiarze mocy czynnej i biernej przy częstotliwości 50 Hz w celu zapewnienia spójności pomiarowej wzorca odniesienia energii AC do wzorców odniesienia napięcia i prądu elektrycznego. *Materiały konferencyjne X Konferencji Naukowej, Systemy Pomiarowe w Badaniach Naukowych i w Przemysle, Łagów 1-4 czerwca 2014*.
38. G. Sadkowski, J. Szutkowski: Zastosowanie woltomierza homodynamicznego w pomiarach mocy elektrycznej AC. *Materiały konferencyjne XLVII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów MKM'2015 Zielona Góra / Łagów, 6-9 września 2015*.
39. G. Sadkowski, B. Pączek, L. Kotkiewicz: Zaawansowane metody wzorcowania obciążeń przekładników. *Materiały konferencyjne VI Kongresu Metrologii 02.07.2013, Sandomierz*.
40. A. Barański, J. Ratajczak, P. Zawadzki: Złoty kalibrator jako krótkotrwały nośnik jednostki miary. *Materiały konferencyjne XXXVIII MKM Warszawa, 4-6 września 2006*.
41. A. Kaźmierczak, A. Kruszyński, P. Zawadzki: Komparacja termicznych przetworników wartości skutecznej metodą dwukanałową – szacowanie niepewności przy przenoszeniu jednostki napięcia AC. *PAK* vol. 57, nr 11/2011.
42. A. Kaźmierczak, A. Kruszyński, P. Zawadzki: Komparacja przetworników termicznych AC/DC metodą dwukanałową. *Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej PPM'2011*.
43. A. Barański, J. Ratajczak, P. Zawadzki: Przetworniki termoelektryczne AC/DC jako wzorce napięcia przemiennego. *PAK* vol. 53, nr 9bis/2007.
44. M. Krajewski, S. Sienkowski, P. Zawadzki: Oprogramowanie komputerowe do automatyzacji wzorcowania multimetrów i kalibratorów. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 1b/2012.
45. International Comparison of Instrument Current Transformers up to 10 kA at 50 Hz Frequency. K. Draxler, R. Styblikova, G. Rietveld, H. van den Brom, M. Schnaitt, W. Waldmann, E. Dimitrov, T. Cincar Vujovic, B. Pączek, G. Sadkowski, G. Crotti, R. Martin, F. Garnacho, I. Blanc, R. Kampfer, C. Mester, A. Wheaton, E. Mohns, A. Bergman, M. Hammarquist, H. Caayci, J. Hallstrom, E-P. Suomalainen. Published in: *Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2016), IEEE Conference on Date of Conference: 10-15 July 2016, Ottawa, Canada*.

46. M. Mosiądz, M. Orzepowski, P. Zawadzki: Metoda wzorcowania woltomierzy cyfrowych niskich częstotliwości. Przegląd Elektrotechniczny, nr 2/2009.
47. M. Janeczko: Method comparison of statistical averaging on the Helmholtz coils calibration example. IAPGOŚ nr 3/2016.
48. J. Krupka: Resonance methods for characterization of dielectrics, semiconductors, superconductors and metamaterials. Konferencja MIKON, Kraków, 2016.
49. Ł. Usydus, G. Koślacz, H. Kołtuniak, J. Krupka: Characterization of insulating and semi-conducting stacks employing microwave and RF techniques. Konferencja Microwave Materials and their Applications, Seul, Korea Płd., 2016.
50. J. Krupka: Electromagnetic Properties of Materials from Microwave to Sub-millimetre Wave Frequencies – Their Physical Meaning and Characterization. Konferencja Microwave Materials and their Applications, Seul, Korea, 2016.
51. J. Krupka, Ł. Usydus, H. Kołtuniak: Sheet resistance and conductivity measurements of rough surfaces of metals on printed circuit boards and metalized ceramic substrates. Konferencja MIKON, Warszawa, 2012.
52. P. Korpas, Ł. Usydus, J. Krupka: Automatic Split Post Dielectric Set-up for Measurements of Substrates and Thin Conducting and Ferroelectric Films. Ferroelectrics 434, 2012.

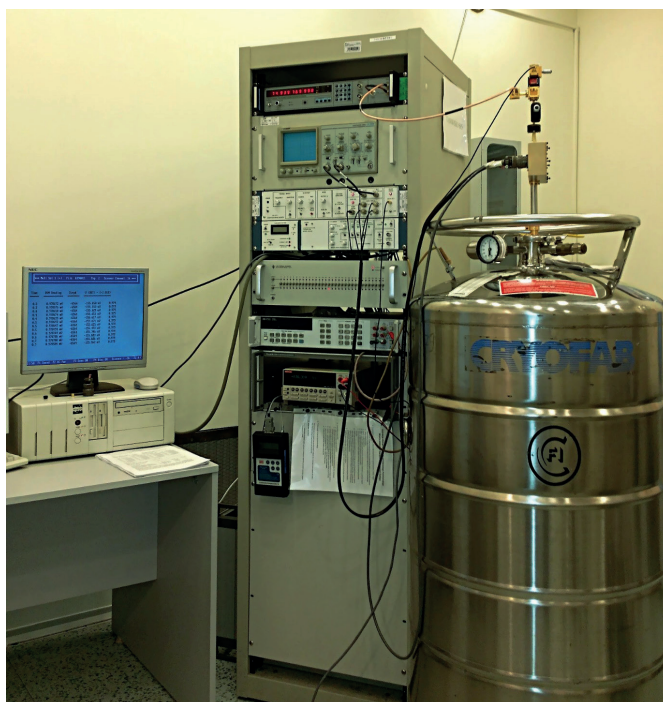
## Stanowiska pomiarowe

### Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary napięcia elektrycznego stałego

Państwowy wzorzec napięcia elektrycznego stałego, utrzymywany w GUM, stanowi najlepszą realizację jednostki napięcia. Taki wzorzec posiadają tylko wiodące instytucje metrologiczne na świecie.

Wykorzystuje on kwantowe zjawisko Josephsona. Sercem układu jest szereg kilkunastu tysięcy złącz zbudowanych z nadprzewodników przedzielonych cienką warstwą dielektryka. Aby zaistniało zjawisko nadprzewodnictwa, konieczna jest niska temperatura. Z tego powodu sonda zawierająca złącza zanurzona jest w skroplonym helu o temperaturze  $-268,95\text{ °C}$  ( $4,2\text{ K}$ ). Pod wpływem promieniowania mikrofalowego wytwarzane jest napięcie stałe, które może przyjmować tylko ściśle określone poziomy, zależne jedynie od stałych fizycznych i częstotliwości mikrofal. Częstotliwość mikrofal z przedziału ( $74 \div 76$ ) GHz mierzona jest bardzo dokładnie, w odniesieniu do wzorca czasu i częstotliwości.

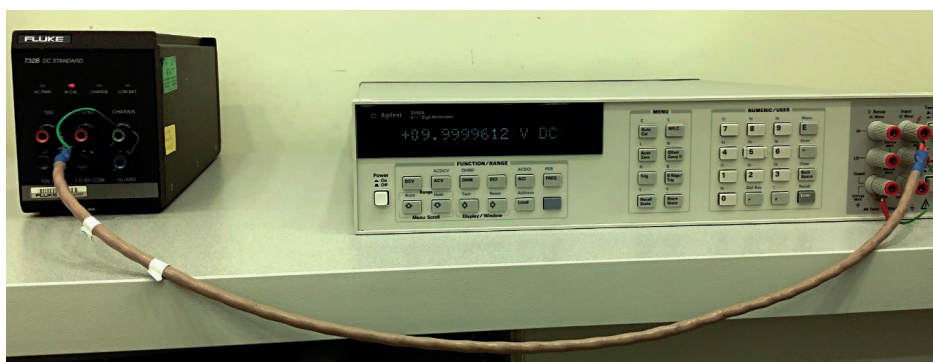
Napięcie, wytwarzane przez wzorzec kwantowy, porównywane jest z napięciem wytwarzanym przez wzorce wtórne – półprzewodnikowe wzorce napięcia stałego. Urządzenia te służą do wykonywania wzorcowań i kalibracji laboratoryjnych przyrządów pomiarowych. Z kolei laboratoryjne przyrządy pomiarowe służą do sprawdzania i wzorcowania przemysłowych i użytkowych przyrządów pomiarowych, np. liczników energii elektrycznej czy woltomierzy.



Stanowisko państwowego wzorca napięcia



Częstościomierz



Adjustacja multimetru za pomocą wtórnego źródła napięcia

Stanowisko wzorca jest obiektem zainteresowań środowiska naukowego w kraju i zagranicą. Pomiary wykonywane w laboratorium są podstawą w realizacji projektów badawczych.

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki rezystancji

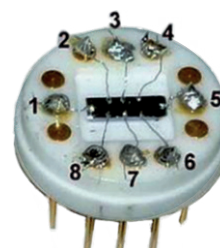
Kwantowy wzorzec rezystancji, utrzymywany w GUM, stanowi najlepszą realizację jednostki rezystancji.



Stanowisko państwowego wzorca rezystancji

Wzorzec ten wykorzystuje kwantowy efekt Halla. W temperaturze poniżej  $-272\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1\text{ K}$ ), pod wpływem bardzo silnego pola magnetycznego wytwarzanego przez nadprzewodnikowy elektromagnes, rezystancja półprzewodnikowego elementu (diody), wykonanego z arsenku galu, przyjmuje ściśle określone wartości wynikające jedynie ze stałych fizycznych.

Aby uzyskać tak niską temperaturę wykorzystywane są przemiany gazowe bardzo rzadkiego izotopu helu  $^3\text{He}$ . W procesie przygotowania pomiarów wykorzystywane są także skroplony azot oraz hel.



Półprzewodnikowy układ, w którym zachodzi kwantowe zjawisko Halla



Schładzanie kriostatu



Kriogeniczny komparator rezystancji



Kontroler temperatury i magnesu nadprzewodnikowego

Po uzyskaniu odpowiednich warunków (temperatura, indukcja pola magnetycznego) porównuje się rezystancję opornika wzorcowego, umieszczonego w termostacie, z rezystancją wzorca.

Porównanie tych rezystancji następuje przy użyciu najdokładniejszego przyrządu do pomiaru rezystancji: kriogenicznego komparatora prądowego.

Wywzorcowane oporniki wykorzystywane są do wzorcowania, kalibracji mierników rezystancji, a także stosowane są jako elementy systemów pomiarowych, służących do pomiaru temperatury (rezystancyjne czujniki temperatury), czy też pomiaru naprężenia lub odkształcenia (tensometry).

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary indukcyjności

Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności jest układem pomiarowym, składającym się z grupy czterech cewek indukcyjnych wzorcowych typu 1482-H, o wartości indukcyjności 10 mH oraz z precyzyjnych komparatorów i mostków (KWL, RLC, L-C).

Ze względu na duży współczynnik temperaturowy wzorców, umieszczone są w termostacie powietrznym, pozwalającym na stabilizację ich wartości indukcyjności. Wartością wzorca grupowego jest wartość średnia indukcyjności grupy wzorców, określana przy częstotliwości 1 kHz, na podstawie wyników okresowego wzorcowania przynajmniej jednego wzorca z grupy, w wiodącym instytucie metrologicznym (zwykle PTB). W laboratorium GUM przeprowadza się okresowe wzajemne porównywanie czterech cewek wzorcowych dla oceny stabilności krótko i długoterminowej.

Przeprowadza się również porównania wzorców 10 mH z wzorcami odniesienia z grup 1 mH, 100 mH, 1 H, co z kolei pozwala na przenoszenie jednostki indukcyjności do wzorców roboczych, a następnie na wzorcowanie przyrządów do pomiaru wielkości RLC.

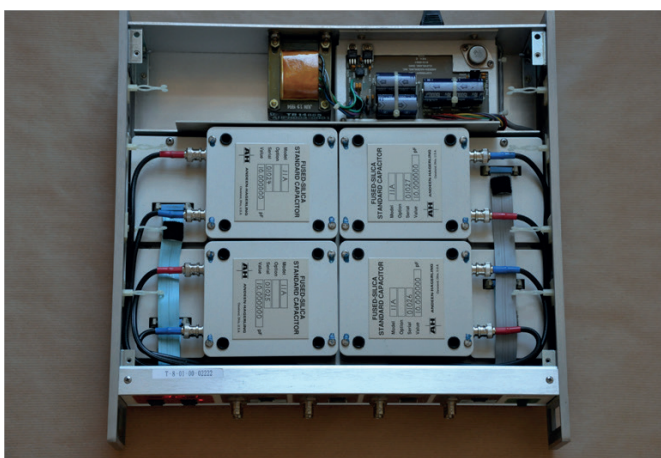


Cewki wzorcowe typu 1482-H, główny element państwowego wzorca indukcyjności

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary pojemności elektrycznej

Państwowy wzorzec jednostki miary pojemności elektrycznej jest układem pomiarowym, składającym się z grupy czterech termostatyzowanych kondensatorów z dielektrykiem kwarcowym, o wartości nominalnej pojemności elektrycznej 10 pF oraz z precyzyjnych mostków transformatorowych.

Niepewność rozszerzona względna odtwarzania jednostki miary pojemności elektrycznej wynosi  $0,5 \times 10^{-6}$  dla częstotliwości 1000 Hz i 1592 Hz. Do ustalania wartości wzorców stosowana jest



Kondensatory typu 11A, główny element państwowego wzorca pojemności elektrycznej

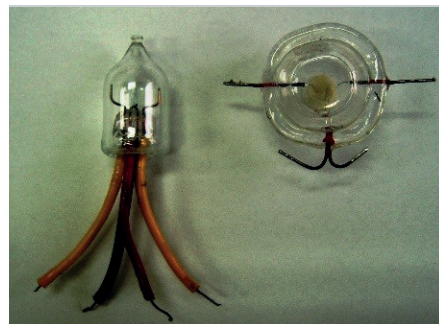
tzw. metoda grupowa. Wartość grupowa grupy wzorców wyznaczona jako średnia z wartości poprawnych pojemności czterech kondensatorów i przyjmowana jako stała, aż do następnego wzorcowania w laboratorium referencyjnym. Wartości kondensatorów, wchodzących w skład grupy, ustalane są na podstawie zmierzonych różnic między ich wartościami przy porównaniu „każdego z każdym”. Pomiarów dokonuje się mostkiem pojemności typu AH 2700A oraz komparatorem RLC typu 2100. Wzorcami odniesienia są kondensatory: typu 11A o wartościach nominalnych: 0,1 pF, 1 pF i 100 pF, typu 1408 o wartościach nominalnych 10 pF i 100 pF oraz typu 1404 o wartościach: 10 pF, 100 pF i 1000 pF. Przekazywanie jednostki z wzorca państwowego na kondensatory odniesienia odbywa się przy pomocy komparatora RLC 2100 dla częstotliwości 1 kHz i 1,59 kHz w stosunkach 1:1 i 1:10.

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego

Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego jest układem pomiarowym, który służy do bardzo dokładnego transferu napięcia elektrycznego przemiennego, poprzez porównanie jego wartości skutecznych z dokładnie znanymi wartościami napięć elektrycznych stałych. Podstawowymi elementami wzorca są termiczne przetworniki napięciowe wartości skutecznych AC/DC. Klasyczny przetwornik termiczny składa się z tzw. żarnika, czyli odcinka drutu oporowego oraz dołączonej do niego, ale izolowanej galwanicznie termopary lub baterii termopar. Cały układ zamknięty jest w próżniowej bańce szklanej, z której wyprowadzone są wejście i wyjście układu.

Działanie termicznego przetwornika napięciowego polega na tym, że do żarnika przykładane jest naprzemiennie wzorcowe napięcie elektryczne stałe (DC) i badane napięcie elektryczne przemiennie (AC). W wyniku przykładania tych napięć przez żarnik zaczyna płynąć prąd elektryczny. Rezystancja żarnika powoduje wydzielanie się mocy elektrycznej, która zamienia się w ciepło, wywołując wzrost temperatury elementu oporowego. Temperatura ta generuje określone napięcie termoelektryczne. Idea działania przetwornika AC/DC opiera się na zasadzie, która mówi, że jeżeli wartości skuteczne przykładanych na wejście przetwornika napięć DC i AC będą równe, to na żarniku będzie wydzielana się taka sama moc, co przełoży się na taką samą temperaturę grzania się żarnika, a więc i na takie same napięcia termoelektryczne na wyjściu przetwornika.

Stanowisko pomiarowe wzorca składa się z dwóch zestawów termoelektrycznych przetworników napięciowych AC/DC: z przetwornika elektronicznego, który służy do transferu napięcia na zakresach od 22 mV do 700 mV i zestawu trzech termicznych przetworników napięcia AC/DC oraz pięciu rezystorów zakresowych, służących do transferu napięcia na zakresach od 1 V do 1000 V.



Termoelektryczne przetworniki jednozłączowe AC/DC





Termiczne przetworniki napięciowe AC/DC wykorzystywane do wzorcowania innych przetworników AC/DC oraz precyzyjnych źródeł napięć elektrycznych przemiennych (kalibratorów)

Dzięki tym przetwornikom możliwy jest transfer napięcia elektrycznego przemiennego w zakresie częstotliwości od 10 Hz do 1 MHz.

Termiczne przetworniki AC/DC wykorzystywane są do wzorcowania innych przetworników oraz źródeł napięć elektrycznych przemiennych, także multimetrów cyfrowych z względnie małymi niepewnościami.

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec jest złożony z: kondensatora gazowego typ NK 400, dwóch kondensatorów powietrznych typ 3330/10000, kondensatora powietrznego typ 3330/2000. Znamionowe napięcie to  $(1 \div 400)$  kV, a znamionowe wartości stosunku napięć to 40:1 lub 400:1. Stosunek napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz jest wielkością elektryczną o szerokim zastosowaniu w branży elektroenergetycznej. Podstawowym obszarem zastosowania wzorców pomiarowych, odtwarzających stosunek napięć elektrycznych przemiennych zwanych przekładnikami napięciowymi, jest pomiar energii elektrycznej (we współpracy z licznikami energii elektrycznej) u wytwórców energii (elektrownie) oraz przy przesyłaniu energii elektrycznej, od wytwórców energii do jej odbiorców (sieci elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia). Liczniki energii elektrycznej, ze względu na swoje parametry, nie mogą zmierzyć bezpośrednio tej energii, tak więc istnieje



Państwowy wzorzec stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

konieczność zastosowania systemu pomiarowego, w skład którego wchodzi element pośredniczący, przekładnik napięciowy, podłączony do sieci oraz licznik energii elektrycznej, pracujący przy małej wartości napięcia wtórnego przekładnika. W sieciach elektroenergetycznych dokładny pomiar energii elektrycznej ma również istotne znaczenie dla określenia strat energii przy jej przesyłce. Na podstawie wskazań systemu pomiarowego następują rozliczenia finansowe między energetyką a wytwórcami i dużymi odbiorcami energii elektrycznej. Dokładny pomiar ww. wielkości ma także zastosowanie podczas produkcji przekładników, które muszą sprostać określonym wymaganiom, w szczególności w zakresie dokładności oraz w laboratoriach badawczych i wzorcujących, dla których źródłem spójności pomiarowej są wzorce GUM.

## Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz



Państwowy wzorzec stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec jest złożony z: komparatora typ 4764, komparatora pomocniczego typ 4781, przekładnika prądowego typ NCD 200. Stosunek prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz jest wielkością elektryczną o szerokim zastosowaniu w branży elektroenergetycznej. Podstawowym obszarem zastosowania wzorców pomiarowych odtwarzających stosunek prądów elektrycznych przemiennych, zwanych przekładnikami prądowymi, jest pomiar energii elektrycznej (we współpracy z licznikami energii elektrycznej) u wytwórców energii (elektrownie) oraz przy przesyłce energii elektrycznej od wytwórców energii do jej odbiorców (sieci elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia). Istnieje zapotrzebowanie na dokładny pomiar energii elektrycznej przy wysokim napięciu i dużych prądach. Liczniki energii elektrycznej, ze względu na swoje parametry, nie mogą zmierzyć bezpośrednio tej energii, tak więc istnieje konieczność

zastosowania systemu pomiarowego, w skład którego wchodzi element pośredniczący, przekładnik prądowy, podłączony do sieci oraz licznik energii elektrycznej, pracujący przy małej wartości prądu wtórnego przekładnika. W sieciach elektroenergetycznych dokładny pomiar energii elektrycznej ma również istotne znaczenie dla określenia strat energii przy jej przesyle.

Na podstawie wskazań systemu pomiarowego następują rozliczenia finansowe między energią a wytwórcami i dużymi odbiorcami energii elektrycznej. Dokładny pomiar ww. wielkości ma także zastosowanie podczas produkcji przekładników, które muszą sprostać określonym wymaganiom, w szczególności w zakresie dokładności oraz w laboratoriach badawczych i wzorcujących, dla których źródłem spójności pomiarowej są wzorce GUM. Wzorzec funkcjonuje od 30 stycznia 2015 roku (wcześniej miał status wzorca odniesienia).



Warszawa, 2018