

(Ф 03.02.–91)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий Аерокосмічний інститут  
Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. Ректора

"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2017р.



Система менеджменту якості

**НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**"Основи метрології та електричних вимірювань"**

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація: «Енергетичний менеджмент»

Курс – 2 Семестр –3,4


Аудиторні заняття – 85 Диференційований залік – 3 семестр

Самостійна робота – 95 Екзамен –4 семестр

Усього (годин/кредитів ECTS)– 180/6

Індекс НБ - 1- 141/16-2.1.13

**СМЯ НАУ НП 07.01.05-01-2017**

	Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни "Основи метрології та електричних вимірювань"	Шифр документа	СМЯ НАУ НП 07.01.05 – 01-2017
		Стор.2 із 12	

Навчальну програму дисципліни «Основи метрології та електричних вимірювань» розроблено на основі освітньо-професійної програми та навчального плану № НБ – 1 - 141/16 підготовки фахівців освітнього ступеня "Бакалавр" за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та спеціалізацією «Енергетичний менеджмент» та відповідних нормативних документів.

Навчальну програму розробили  
доцент кафедри автоматизації  
та енергоменеджменту \_\_\_\_\_ С. Єнчев

доцент кафедри автоматизації  
та енергоменеджменту \_\_\_\_\_ І. Прохоренко

Навчальна програма обговорена та схвалена на засіданні випускової кафедри за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та спеціалізацією «Енергетичний менеджмент» - кафедри автоматизації та енергоменеджменту, протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_2017 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ В. Захарченко

Навчальна програма обговорена та схвалена на засіданні науково-методично-редакційної ради навчально-наукового Аерокосмічного інституту, протокол №\_\_ від "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_2017 р.

Голова НМРР \_\_\_\_\_ В. Кравцов

УЗГОДЖЕНО

Директор ННАКІ

\_\_\_\_\_ В. Шмаров  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**



## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальна програма навчальної дисципліни “Основи метрології та електричних вимірювань” розроблена на основі “Методичних вказівок до розроблення та оформлення навчальної та робочої навчальної програм дисциплін», введених в дію розпорядженням від 16.06.2015р. №37/роз .

Дана навчальна дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця з електротехніки та електротехнологій в області основ метрології, методів опрацювання результатів вимірювань, засобів вимірювання електричних і магнітних фізичних величин.

Метою викладання дисципліни є формування у студентів знань і вмінь проведення вимірювання електричних і магнітних величин, принципів побудови та застосування приладів, метрологічних норм і правил.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивченні метрології як наукової основи сучасної вимірювальної техніки;
- обчислення можливих похибок вимірювань та опрацювання результатів вимірювань,
- планування та організація вимірювального експерименту в електроенергетичних системах і комплексах;
- оволодіння методів і засобів призначених для проведення вимірювання фізичних величин на об’єктах електроенергетичної галузі, а також методики їх застосування.

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен:

### **Знати:**

- правові основи метрологічної діяльності в Україні та світі;
- причини виникнення похибок вимірювання;
- міжнародні рекомендації з оцінювання невизначеності результатів вимірювання;
- технічні вимоги до приладів і систем, які забезпечують візуальний та автоматичний контроль параметрів у електроенергетичних системах і комплексах;
- принципи дії, особливості конструкції та експлуатаційні характеристики приладів та систем вимірювання електричних величин;
- основні методи аналізу і обробки інформації вимірювань;
- правила техніки безпеки при обслуговуванні електровимірювальних приладів.

### **Вміти:**

- проводити обробку результатів спостережень та оцінювати похибки результатів вимірювання;
- планувати та організовувати вимірювання;
- проводити аналіз і обробку контрольованих електричних параметрів;



- проводити перевірку, налагодження і регулювання електровимірювальних приладів і систем;
- обґрунтовувати та оцінювати достатність контрольованих параметрів електроенергетичних систем, визначати фактори та умови, необхідні для забезпечення їх надійної роботи.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з чотирьох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля №1 "Основи метрології";
- навчального модуля №2 «Обробка результатів вимірювання та вимірювальні механізми»;
- навчального модуля №3 «Вимірювання електромагнітних величин»;
- навчального модуля №4 «Вимірювання неелектричних величин»

кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Навчальна дисципліна «Основи метрології та електричних вимірювань» базується на знаннях таких дисциплін, як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Електричні системи та мережі», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Енергоресурсозбереження» та інших.

## 2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Модуль №1 " Основи метрології " .

#### Тема 2.1.1. Вступ.

Мета і задачі вивчення дисципліни „Основи метрології та електричних вимірювань”. Загальні відомості про метрологію, її розділи та функції. Основні визначення. Правові основи метрологічної діяльності в Україні та світі. Законодавча база метрології. Юридична відповідальність за порушення нормативних вимог з метрології.

#### Тема 2.1.2. Фізичні величини та вимірювання

Фізична величина та види величин. Розмір фізичної величини. Скалярні та векторні величини. Вимірювання і вимірювальна інформація. Вимірювальний сигнал і перетворення вимірювальної інформації. Результат і похибка вимірювання. Одиниці фізичних величин.

Види та методи вимірювань. Види вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні та сумісні вимірювання. Методи вимірювань. Методи одночасного та різночасового порівняння. Метод зіставлення. Метод збігу. Метод подвійного збігу. Метод зрівноваження. Диференційний метод. Метод заміщення.



### **Тема 2.1.3. Засоби вимірювань.**

Види засобів вимірювань: міра, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, допоміжні засоби вимірювань, вимірювальні установки, вимірювальні системи. Вимірювальні сигнали. Сигнали постійного рівня. Синусоїдні сигнали. Послідовність імпульсів. Класифікація вимірювальних сигналів за рівнем і в часі.

Метрологічні показники засобів вимірювань. Метрологічні характеристики засобів вимірювань: характеристики призначені для визначення результатів вимірювань; характеристики похибок засобів вимірювань; характеристики чутливості засобів вимірювань; динамічні характеристики. Класи точності засобів вимірювань. Метрологічна надійність засобів вимірювань. Метрологічна атестація засобів вимірювань.

Державна система промислових приладів та засобів автоматизації. Класифікація засобів державної системи приладів. Принципи побудови державної системи приладів. Еталони одиниць фізичних величин. Державний метрологічний нагляд.

### **Тема 2.1.4. Похибки вимірювань.**

Характеристики якості вимірювань. Точність вимірювань. Похибка результату вимірювання. Невизначеність результату вимірювання. Складові похибок вимірювань. Абсолютна і відносна похибки. Класифікація похибок залежно від причини та місця виникнення. Інструментальні похибки. Нормальні та робочі умови роботи засобів вимірювання.

Основна та додаткова похибки. Зведена похибка вимірювального приладу. Додаткові температурні, магнітні та похибки просторового встановлення приладу. Похибки від впливу завод на вимірювальне коло. Особиста, обчислювальна та методичні похибки. Адитивна, мультиплікативна та нелінійна похибки. Похибка квантування.

Систематичні та випадкові похибки. Основні характеристики випадкової похибки. Функція розподілу випадкової похибки. Довірчі границі похибки. Математичне сподівання та дисперсія випадкових похибок. Основні характеристики сукупності випадкових похибок. Сумісна густина розподілу. Числові характеристики незалежних випадкових похибок. Статистичний (імовірнісний) зв'язок між похибками, кореляція. Коваріаційна матриця. Динамічні похибки. Часова та частотна динамічні похибки. Динамічні похибки при цифрових вимірюваннях.

## **2.2. Модуль №2 " Обробка результатів вимірювань та вимірювальні механізми "**

### **Тема 2.2.1. Опрацювання результатів вимірювання**

Етапи опрацювання результатів вимірювань. Нехтування похибками та заокруглення похибок. Коригування систематичних похибок методами



заміщення та протиставлення. Корекція прогресуючих похибок. Аналітичний розрахунок поправок. Підсумовування систематичних похибок.

Опрацювання результатів прямих вимірювань. Одноразові та багаторазові прямі вимірювання. Зменшення впливу випадкових похибок. Опрацювання результатів при нормально розподілених випадкових похибках. Сумісне підсумовування систематичних та випадкових похибок.

Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань. Одноразові та багаторазові опосередковані вимірювання. Опрацювання результатів сумісних вимірювань. Апроксимація результатів експериментів функціями. Метод найменших квадратів. Лінійна апроксимація. Опрацювання результатів сукупних вимірювань. Задачі сукупних вимірювань. Складання і розв'язування системи рівнянь сукупних вимірювань.

### **Тема 2.2.2. Електромеханічні вимірювальні механізми та прилади.**


Переваги електричних вимірювань. Основні принципи електричних вимірювань неелектричних величин. Контактні і безконтактні методи електричних вимірювань неелектричних величин. Класифікація вимірювань. Технічні та лабораторні вимірювання. Прямі та опосередковані вимірювання. Класифікація вимірювальних приладів. Основні елементи вимірювальних приладів. Основні метрологічні характеристики приладів.

Основні визначення та класифікація електромеханічних приладів. Узагальнена структурна схема електровимірювального приладу електромеханічної групи. Принцип дії електромеханічних приладів. Утворення обертового та протидійного моментів. Вплив тертя на покази приладів, варіація показів приладу. Принцип дії логометричного вимірювального механізму, особливості утворення протидійного моменту. Класифікація показувальних приладів електромеханічної групи. Будова і принцип дії магнітоелектричного вимірювального механізму. Розширення меж вимірювання за напругою та струмом за допомогою додаткових резисторів та шунтів.

Використання термоелектричних і випрямних перетворювачів для вимірювання змінних напруг і струмів магнітоелектричними вимірювальними механізмами. Будова, принцип дії та використання магнітоелектричних логометрів. Особливості будови та використання магнітоелектричного вимірювального механізму з рухомим магнітом і нерухою котушкою. Будова, принцип дії, застосування та характеристики приладів з електромагнітним вимірювальним механізмом.

Будова, принцип дії, застосування та характеристики електростатичних приладів. Будова, принцип дії, застосування та характеристики приладів з електродинамічним і феродинамічним вимірювальними механізмами. Будова, принцип дії та використання електродинамічних і феродинамічних логометрів. Прилади з індукційним вимірювальним механізмом: будова, принцип дії. Будова і принцип аналогових електронних приладів. Будова і принцип біметалевих амперметрів.



	Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни "Основи метрології та електричних вимірювань"	Шифр документа	СМЯ НАУ НП 07.01.05 – 01-2017
		Стор. 7 із 12	

## 2.3. Модуль №3 " Вимірювання електромагнітних величин "

### Тема 2.3.1. Цифрові засоби вимірювальної техніки.

Розвиток цифрової вимірювальної техніки, її переваги. Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу. Визначення термінів: цифровий вимірювальний прилад; цифрова вимірювальна система; вимірювальний канал; інтерфейс. Основні метрологічні характеристики аналогово-цифрових перетворювачів. Класифікація аналогово-цифрових перетворень. Будова і принцип дії цифрового мультиметра (за структурною схемою).

### Тема 2.3.2. Вимірювання електричних та магнітних величин.

Вимірювання постійних струму і напруги. Прилади безпосереднього вимірювання. Схеми вимірювання напруги та струму за допомогою компенсатора напруги та компаратора струму. Вимірювання змінних струму та напруги приладами безпосереднього вимірювання. Розширення меж вимірювання. Вимірювання змінних струмів і напруг за допомогою компараторів. Вимірювання діючих значень несинусоїдних напруг і струмів.

Вимірювання потужності постійного та однофазного змінного струму. Метод вольтметра-амперметра. Ватметри. Кутова похибка ватметра. Варметри. Вимірювання активної та реактивної потужності в трифазних мережах змінного струму. Вимірювання електричної енергії. Схема однофазного індукційного лічильника. Схема електронного лічильника електричної енергії.

Вимірювання частоти. Електродинамічний частотомір. Схема резонансного частотоміра. Схема обчислювального частотоміра. Прямі та опосередковані вимірювання опорів. Омметри. Метод вольтметра-амперметра. Похибка методу. Мостовий метод вимірювання опору.

Вимірювання опору ізоляції електричних пристроїв. Мегомметр. Визначення місця пошкодження ізоляції електричного кабелю способом петлі Муррея. Вимірювання опору заземлення. Вимірювання опору цифровими приладами. Схема цифрового моста. Вимірювання ємності. Фарадметри. Вимірювання індуктивності резонансним способом. Вимірювання взаємної індуктивності. Мостові схеми вимірювань параметрів комплексного електричного опору.

Вимірювання параметрів магнітного поля. Індукційний метод. Схема фотогальванометричного веберметра. Схема феромодуляційного тесла метра. Вимірювання параметрів магнітних матеріалів. Схема моста змінного струму для вимірювання параметрів магнітних матеріалів.

### Тема 2.3.3. Вимірювання електричного опору.

Прямі та опосередковані вимірювання опорів. Омметри. Метод вольтметра-амперметра. Похибка методу. Мостовий метод вимірювання опору. Вимірювання опору ізоляції електричних пристроїв. Мегомметр. Визначення місця пошкодження ізоляції електричного кабелю способом петлі Муррея.



Вимірювання опору заземлення. Вимірювання опору цифровими приладами. Схема цифрового моста. Вимірювання ємності. Фарадметри. Вимірювання індуктивності резонансним способом. Вимірювання взаємної індуктивності. Мостові схеми вимірювань параметрів комплексного електричного опору.

#### **Тема 2.3.4. Дистанційні системи передачі інформації.**

Електричні аналогові перетворювачі. Будова, принцип дії, застосування, переваги та недоліки диференціально-трансформаторного перетворювача. Принцип дії феродинамічних і сельсинних перетворювачів. Конструкція і принцип дії пневматичних перетворювачів. Вимірювальні інформаційні та телевимірювальні системи: класифікація; структурні схеми, принцип дії, застосування.

#### **Тема 2.3.5. Реєструючі прилади та системи відображення інформації.**

Призначення та принцип побудови приладів реєстрації (за узагальненою функціональною схемою). Класифікація способів реєстрації вимірювальної інформації. Конструкція, принцип дії та призначення самописних приладів прямої дії. Будова, принцип дії та застосування світловимірювальних осцилографів. Призначення, конструкція та принцип дії осцилографічного гальванометра.

Магнітний спосіб реєстрації вимірювальної інформації. Будова та призначення електронно-променевого осцилографа. Принцип дії каналів горизонтального та вертикального відхилення. Призначення та основні характеристики каналу розгортки. Режими роботи електронно-променевого осцилографа. Основні метрологічні характеристики. Особливості будови багатопроменевих та запам'ятовувючих осцилографів. Цифрові запам'ятовувальні осцилографи.

### **2.4. Модуль №4 " Вимірювання неелектричних величин ".**

#### **Тема 2.4.1. Особливості вимірювання неелектричних величин.**

Основні групи неелектричних величин, що найбільш часто вимірюються в технологічних процесах авіаційного та трубопровідного транспорту. Причини застосування електричних приладів для вимірювання неелектричних величин. Структурні схеми приладів прямого перетворення та з диференціальним вимірювальним перетворювачем. Особливості їх застосування, методичні похибки та приклади застосування. Структурний метод сполучення первинних перетворювачів з цифровими вимірювальними пристроями.





### **Тема 2.4.2. Вимірювальні перетворювачі.**

Класифікація перетворювачів неелектричних величин в електричні. Коротка характеристика принципу дії. Основні метрологічні та експлуатаційні характеристики вимірювальних перетворювачів. Корекція показів, таблиці поправок. Будова, застосування, принцип дії, переваги та недоліки параметричних та реостатних вимірювальних перетворювачів. Будова, застосування, принцип дії, переваги та недоліки тензочутливих перетворювачів. Принцип дії, застосування, переваги та недоліки термочутливих перетворювачів. Електролітичні перетворювачі.

Будова, застосування, принцип дії, переваги та недоліки індуктивних перетворювачів. Будова, застосування, принцип дії, переваги та недоліки ємнісних перетворювачів. Іонізаційні перетворювачі. Будова, застосування, принцип дії, переваги та недоліки генераторних, термоелектричних та індукційних перетворювачів. П'єзоелектричні перетворювачі. Гальванічні перетворювачі.

### **Тема 2.4.3. Прилади вимірювання температури.**

Загальні відомості про вимірювання температури, класифікація термометрів. Будова, принцип дії та призначення рідинних термометрів розширення. Будова, принцип дії, призначення та класифікація манометричних термометрів. Будова, принцип дії та призначення біметалічних термометрів.

Термоелектричні термометри. Принцип дії та будова термопар. Схеми підключення термопар: диференціальна термопара; термобатарея; термопара в мостовій схемі. Структурна схема та принцип дії термоелектричного термометра. Потенціометричний метод вимірювання термо-ЕРС.

Електричні термометри опору. Вимоги, що висуваються до чутливого елемента. Принцип дії термометрів опору за схемами врівноваженого моста постійного струму та автоматичного врівноваженого моста.

### **Тема 2.4.4. Прилади вимірювання тиску.**

Класифікація манометрів. Будова та принцип дії рідинних манометрів та мановакууметрів. Конструкція, принцип дії, призначення, переваги та недоліки пружинних манометрів. Будова, принцип дії, призначення, переваги та недоліки манометрів опору. Установка та захист приладів вимірювання тиску.

### **Тема 2.4.5. Прилади вимірювання витрати газів і рідин.**

Класифікація витратомірів. Суть методу змінного перепаду тиску. Типи звужувальних пристроїв. Принцип дії та конструкція витратоміра зі звужувальною діафрагмою. Витратоміри швидкісного напору: конструкція, принцип дії, застосування. Будова, принцип дії та використання витратомірів постійного перепаду тиску. Турбінні витратоміри: будова, принцип дії, застосування.



### **Тема 2.4.6. Прилади вимірювання параметрів вібрації.**

Загальні відомості про вібрацію. Параметри вібрації. Вплив вібрації на технічні пристрої та конструкції будівлі. Періодична та випадкова вібрації. Призначення та класифікація вібростендів. Типи та характерні особливості віброперетворювачів (індуктивні, трансформаторні, електродинамічні, електромагнітні, ємнісні, омичні, п'єзоелектричні. Типова структурна схема віброперетворюючого приладу. Будова, принцип дії та застосування індукційного віброакселерометра.

## **3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ**

### **3.1. Основні рекомендовані джерела**

3.1.1. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / За ред. проф. Поліщука Є.С. – Львів: Видавництво «Бескит Біт», 2003. – 544 с.

3.1.2. Зюзько А.К., Сущенко О.А. Технологічні вимірювання і прилади: Навчальний посібник. – К.:НАУ, 2007. – 176 с.

3.1.3. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб.для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 205 с.

3.1.4. Основы метрологии и электрические измерения: Учеб. для вузов / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480с.

3.1.5. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.

3.1.6. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

### **3.2. Додаткові рекомендовані джерела**

3.2.1. Авиационные приборы. Пособие по курсовому проектированию. Часть 1. / Сост. А.Л. Грохольский, И.А. Иванов, А.П. Меньшиков и др. – К.:КИИГА, 1971. – 168 с.

3.2.2. Положення про курсове проектування / Кулик М.С., Полухін А.В. – К.: НАУ, 2002. – 32 с.

3.2.3. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики. – М.: Высшая школа, 1983. – 408 с.

3.2.4. Асс Б.А., Антипов Е.Ф., Жукова Н.М. Детали авиационных приборов. – М.: Машиностроение, 1979. – 232 с.

3.2.5. ДСТУ 3008-95. Державний стандарт України. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

3.2.6. Чурабо Д.Д. Детали и узлы приборов. Конструирование и расчет: Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 1975. – 560 с.

3.2.7. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 280с.



