

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

**Методичні вказівки до виконання
лабораторно-практичних робіт**

СУМИ – 2022

Укладачі: асистент кафедри «Енергетики та електротехнічних систем»
Юрченко О. Ю.

Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Електротехнічні матеріали» для студентів ОС «Бакалавр» зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» інженерно-технологічного факультету денної і заочної форми навчання. – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2022. - 37 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт призначені студентам, що навчаються ОС «Бакалавр». Для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензенти:

Герасименко В.О. – к.ф.-м.н., доцент кафедри вищої математики.

Саржанов О.А. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортні технології.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент, завідувач кафедри «Енергетики та ЕТС» - Чепіжний А.В.

Рекомендовано до видання методичною радою інженерно-технологічного факультету

протокол № 3 від 28 листопада 2022 року

ЗМІСТ

Лабораторно-практична робота 1	5
Лабораторно-практична робота 2	8
Лабораторно-практична робота 3	11
Лабораторно-практична робота 4	14
Лабораторно-практична робота 5	18
Лабораторно-практична робота 6	21
Лабораторно-практична робота 7	24
Лабораторно-практична робота 8	28
Лабораторно-практична робота 9	32

Лабораторно-практична робота 1.

Тема: Визначення провідникових матеріалів за питомим опором шляхом вимірювання опору непрямыми методами.

Мета: Вивчити та оволодіти методами визначення провідникових матеріалів за питомим опором шляхом вимірювання електричного опору непрямыми методами.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити основні відомості щодо визначення провідникових матеріалів за питомим опором.

1.2. Вивчити методи визначення електричного опору провідникових матеріалів шляхом вимірювання електричного опору непрямыми методами.

1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи, програму лабораторних досліджень, принципові схеми вимірювання електричного опору провідникових матеріалів методами вольтметра, амперметра та вольтметра, амперметра; таблиці для запису результатів вимірювання та обчислень.

2. Програма лабораторних досліджень

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, провідниковими матеріалами що досліджуються та обладнанням, необхідним для виконання лабораторної роботи.

2.2. Визначити геометричні розміри (довжину, діаметр та площу перерізу) досліджуваних зразків провідникових матеріалів.

2.3. Виконати наближені вимірювання електричного опору досліджуваних зразків провідникових матеріалів за допомогою омметра або комбінованого електровимірювального приладу згідно з індивідуальним завданням.

2.4. Визначити питомий опір досліджуваних зразків провідникових матеріалів.

2.5. За отриманими результатами вимірювань, обчислень та довідковими даними питомих опорів визначити матеріали, з яких виготовлені досліджувані зразки.

3. Прилади, матеріали і обладнання

3.1. Зразки провідників, виготовлені з різних провідникових матеріалів.

3.2. Мікрометр МК 0-25 мм.

3.3. Штанген-циркуль ШЦ-II-150-0.05 або ШЦ-III-1 50-0.05.

3.4. Масштабна лінійка з межами вимірювання від 0 до 350 мм.

3.5. Омметр типу М471 або Ф410 чи комбінований вимірювальний прилад (тестер), призначений для вимірювання електричного опору провідників постійному струмові.

3.6. Вольтметр типу Э515 або Э543, Д5081 та інші класи точності не нижче 0,5.

3.7. Амперметр типу Э514 або Э537 та інший, призначені для

вимірювань в електричному колі постійного струму, класу точності не нижче 0.5.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, матеріалами та обладнанням, записати паспортні дані приладів і обладнання та їх технічні характеристики.

4.2. Виміряти за допомогою мікрометра або штанген-циркуля діаметр, а за допомогою масштабної лінійки - довжину трьох-чотирьох зразків досліджуваних провідникових матеріалів.

4.3. Обчислити площу поперечного перерізу зразків досліджуваних провідникових матеріалів.

4.4. Результати вимірювань та обчислень геометричних розмірів зразків досліджуваних провідникових матеріалів записати до таблиці 1.

1. Результати вимірювань та розрахунків геометричних розмірів зразків провідникових матеріалів

Номер зразка	Довжина L, м	Діаметр d, мм	Площа поперечного перерізу S, мм ²

4.5. Виміряти електричний опір зразків провідникових матеріалів за допомогою омметра або комбінованого електровимірювального приладу (тестера). Результати вимірювань занести до таблиці 2.

4.6. Виміряти електричний опір зразків провідникових матеріалів згідно з індивідуальним завданням методом:

- одного вольтметра;
- одного амперметра;
- амперметра і вольтметра.

Результати вимірювань та розрахунків записати до таблиці 2.

2. Результати вимірювань і розрахунків електричного та питомого опорів зразків провідникових матеріалів

Метод вимірювання	Номер зразка	Вимірювання		Обчислено		
		опір R_x , Ом	напруга U, В	струм I, А	опір R_x , Ом	питомий опір ρ , Ом·мм

5. Оформлення звіту

5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи, її мету,

програму та дату виконання.

5.2. Привести перелік приладів, матеріалів і обладнання, використаних для виконання лабораторної роботи, а також їх основні технічні дані (тип, заводський номер, клас точності, межі вимірювань, внутрішні опори та ін.).

5.3. Накреслити електричні схеми за якими вмикались електровимірювальні прилади.

5.4. Результати вимірювань і розрахунків записати до таблиць 1 і 2.

5.5. За результатами досліджень подати висновки.

Контрольні запитання

1. Що собою являє електричний опір провідникових матеріалів?
2. Що називається питомим опором провідникових матеріалів?
3. В яких одиницях вимірюються електричний опір та питомий опір у міжнародній системі вимірювання СІ?
4. Від чого залежить питомий опір провідникового матеріалу?
5. Вказані межі питомого опору провідників, напівпровідників і діелектриків?
6. Названі значення питомого опору мідних та алюмінієвих провідників?
7. Назвати методи та прилади вимірювання безпосереднім (прямим) і посереднім (непрямим) методами вимірювання електричного опору провідникових матеріалів?
8. Які методи та прилади використовують для вимірювання малих електричних опорів (до 1 Ом)?

Лабораторно-практична робота 2.

Тема: Визначення провідникових матеріалів за питомим опором шляхом вимірювання електричного опору приладами порівняння.

Мета: Вивчити та оволодіти методами визначення провідникових матеріалів за питомим опором шляхом вимірювання електричного опору порівнянням.

Час: 4 год.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити основні відомості для визначення провідникових матеріалів за питомим опором шляхом вимірювання електричного опору порівнянням.

1.2. Вивчити методи вимірювання питомого опору провідникових матеріалів шляхом вимірювання електричного опору приладами порівняння.

1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи, програму лабораторних досліджень, принципові схеми вимірювання електричного опору провідникових матеріалів методами одинарного та подвійного мостів постійного струму, таблиці для запису результатів вимірювань та розрахунків.

2. Програма лабораторних досліджень

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, досліджуваними зразками провідникових матеріалів, та обладнанням, необхідним для виконання лабораторної роботи.

2.2. Виміряти геометричні розміри (довжину, діаметр та площу перерізу) досліджуваних зразків провідникових матеріалів.

2.3. Воконати наближені (орієнтовні) вимірювання електричного опору досліджуваних зразків провідникових матеріалів за допомогою омметра або комбінованого електровимірювального приладу згідно з індивідуальним завданням.

2.4. Обчислити питомий опір досліджуваних зразків провідникових матеріалів методом порівняння.

2.5. За одержаними результатами вимірювань, розрахунків та довідковими даними питомих опорів визначити матеріал, з якого виготовлені зразки.

3. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Зразки провідників, виготовлені із різних провідникових матеріалів.

3.2. Мікрометр з межами вимірювань 0...25мм або штанген-циркуль ШЦ-II-150-0.05 або ШЦ-III-150-0,05.

3.3. Масштабна лінійка з межами вимірювання від 0 до 0,3 м.

3.4. Омметр типу М471 або Ф410 чи комбінований вимірювальний прилад (тестер), призначений для вимірювання електричного опору провідників постійному струмові.

3.5. Вимірювальний одинарний міст постійного струму типу Р333.

3.6. Вимірювальний подвійний або одинарно-подвійний міст постійного струму типу МОД-61 або МОД-61М.

3.7. Гальванометр типу М2031/1 або М314.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, зразками матеріалів та обладнанням, записати паспортні дані приладів і обладнання та їх технічні характеристики.

4.2. При необхідності виміряти за допомогою мікрометра або штангенциркуля діаметр, а за допомогою масштабної лінійки - довжину зразків досліджуваних провідникових матеріалів.

4.3. Обчислити площу поперечного перерізу зразків досліджуваних провідникових матеріалів.

4.4. Результати вимірювань та обчислень геометричних розмірів зразків досліджуваних провідникових матеріалів записати в таблицю 1.

Результати вимірювань та розрахунків геометричних розмірів
зразків провідникових матеріалів

Номер зразка	Довжина L, м	Діаметр d, мм	Площа поперечного перерізу S, мм ²

4.5. Виміряти електричний опір зразків провідникових матеріалів за допомогою омметра або комбінованого електровимірювального приладу (тестера). Результати вимірювань занести в таблицю 2.

4.6. Виміряти електричний опір зразків провідникових матеріалів згідно з індивідуальним завданням: методом одинарного моста; методом подвійного моста.

Результати вимірювань та розрахунків записати в таблицю 2.

5. Оформлення звіту

5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи її мету, програму та дату виконання.

5.2. Привести перелік приладів, зразків матеріалів і обладнання, використаних для виконання лабораторної роботи, а також їх основні технічні дані (тип, заводський номер, клас точності, межі вимірювань, внутрішні опори та ін.).

5.3. Накреслити електричні схеми, за якими вмикаються вимірювальні прилади.

5.4. Скласти таблиці 1 і 2 та занести до них результати вимірювань і розрахунків.

5.5. Дати аналіз результатів досліджень.

Результати вимірювань і розрахунків електричного та питомого опорів зразків провідникових матеріалів

Метод вимірювання	Номер зразка	Вимірювання		Обчислено		
		опір R_x , Ом	напруга U , В	струм I , А	опір R_x , Ом	питомий опір ρ , Ом·м

Контрольні запитання

1. Що собою являє електричний опір провідникових матеріалів?
2. Що називається питомим опором провідникових матеріалів?
3. В яких одиницях вимірюють електричний опір та питомий опір у міжнародній системі вимірювання СІ?
4. Від чого залежить питомий опір провідникового матеріалу?
5. Назвати межі питомого опору провідників, напівпровідників і діелектриків?
6. Назвати питомий опір мідних та алюмінієвих провідників?
7. Які методи та прилади використовують для вимірювання малих електричних опорів (до 1 Ом)?

Лабораторно-практична робота 3.

Тема: Визначення температурного коефіцієнта питомого опору металевих провідників.

Мета: Оволодіти методами визначення дослідним шляхом температурного коефіцієнта питомого опору металевих провідників.

Час: 4 год.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити основні відомості про залежність електричного опору металевих провідникових матеріалів від температури.

1.2. Вивчити способи визначення температурного коефіцієнта питомого опору металевих провідників.

1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи, програму лабораторних випробувань і формули для визначення питомого опору та температурного коефіцієнта питомого опору металевих провідників.

2. Програма лабораторних досліджень

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, матеріалами та обладнанням, необхідним для виконання лабораторної роботи.

2.2. Визначити (виміряти) електричний опір одержаних зразків різних металевих провідників при двох значеннях їх температури.

2.3. Визначити питомі опори одержаних зразків провідникових матеріалів при різних значеннях температури.

2.4. Визначити температурний коефіцієнт питомого опору кожного з одержаного зразка металевих провідників.

2.5. Дані вимірювань та розрахунків занести у таблицю 1.

Результати вимірювань і розрахунків

Номер зразка металевих матеріалів	Виміряно		Обчислено		
	електричний опір зразка R, Ом при температурі		питомий опір зразка, Ом		температурний коефіцієнт α_p 1/град
	20 (25)°C	60 (65) °C	ρ_1	ρ_2	
1					
2					
3					

2.6. Порівняти одержані дані температурних коефіцієнтів питомих опорів зразків металевих провідників з довідковими даними, наведеними в загальних теоретичних відомостях (таблиця 3).

1. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Зразки провідникових матеріалів.

3.2. Електронагрівальна установка (сушильна шафа) для нагрівання зразків провідникових матеріалів від кімнатної температури $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ до температури $(60...70)^\circ\text{C}$.

3.3. Стекляний або електричний термометр з межами вимірювання від 0°C до 100°C .

3.4. Одинарний міст постійного струму РЗЗЗ або подвійний чи одинарно-подвійний міст постійного струму типу МОД-61М.

2. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись з робочим місцем, приладами, матеріалами та обладнанням. Записати паспортні та технічні дані приладів і обладнання.

4.2. Підготувати електронагрівальну установку, закріпити у ній одержані зразки металевих провідників і термометр або датчик електротермометра та підключити установку до електричної мережі.

При використанні електротермометра типу ЄТП-М скласти електричну схему для живлення термометра постійним струмом напругою 6 В. Датчик термометра закріпити в електронагрівальній установці поруч із закріпленими зразками металевих провідників.

4.3. Одержати дозвіл викладача на вмикання установки в електричну мережу.

4.4. Виконати вимірювання електричного опору одержаних зразків через кожні 10 градусів в межах від $(20...25)^\circ\text{C}$ до $(60...65)^\circ\text{C}$.

При кожному значенні температури виконати не менше трьох вимірювань електричного опору кожного зразка металевих провідників, і визначити середнє значення їх електричного опору при двох значеннях температури.

4.5. Визначити питомий опір кожного зразка досліджуваного провідникового матеріалу при початковій T_1 і кінцевій T_2 температурах.

4.6. Визначити температурний коефіцієнт питомого опору кожного із досліджуваних зразків металевих за формулою

$$\alpha_p = (\rho_2 - \rho_1) / [\rho_1 (T_2 - T_1)] \text{ або } \alpha_p = (R_2 - R_1) / [R_1 (T_2 - T_1)].$$

4.7. Результати вимірювань і розрахунків записати в таблицю 1.

3. Оформлення звіту

5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи, її мету і програму виконання роботи.

5.2. Навести перелік приладів, матеріалів і обладнання, використаних під час виконання лабораторної роботи, а також їх основні технічні та паспортні дані (тип, клас точності, межі вимірювання та ін.).

5.3. Накреслити електричну схему вмикання електровимірювальних приладів для вимірювання електричного опору зразків металевих провідникових матеріалів.

5.4. Скласти таблицю і записати до неї результати вимірювань та розрахунків.

5.5. Дати аналіз результатів досліджень.

Контрольні запитання

1. Що таке температурний коефіцієнт питомого опору?
2. Якими одиницями вимірюється температурний коефіцієнт питомого опору?
3. Як змінюється температурний коефіцієнт питомого опору металевих провідників з підвищенням їх температури?
4. При яких температурах питомий опір металевих провідників має лінійну залежність від температури?
5. Як змінюється питомий опір металевих провідників при переході з твердого агрегатного стану у рідкий?
6. Чому дорівнює температурний коефіцієнт питомого опору металевих провідників, виготовлених із чистих металів?
7. Які фактори впливають на точність визначення температурного коефіцієнта питомого опору?
8. У чому полягає механізм збільшення питомого опору металевих провідників з підвищенням температури?

Лабораторно-практична робота 4.

Тема: Визначення питомих опорів твердих діелектриків.

Мета: Навчитись дослідним шляхом визначати питомі опори твердих діелектриків. Одержати навички по визначенню питомих опорів твердих електроізоляційних матеріалів.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити теоретичні відомості про електропровідність твердих діелектриків і методи визначення їх повних та питомих об'ємних і поверхневих опорів.

1.2. Вивчити порядок визначення питомих об'ємних і поверхневих опорів твердих діелектриків дослідним шляхом.

1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати програму лабораторних випробувань твердих діелектриків та схеми досліджень.

2. Програма виконаний роботи

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, записати до робочого зошита перелік приладів та іншого обладнання, необхідного для виконання лабораторної роботи, а також основні їх технічні і паспортні дані: назву, систему, межі вимірювань, клас точності та ін.

2.2. Виконати вимірювання необхідних геометричних розмірів:

- товщину зразків плоских твердих діелектриків (електроізоляційних матеріалів);

- діаметр електродів триелектродного пристрою:

- зовнішній та внутрішній діаметри кільцевого електрода.

Результати вимірювань геометричних розмірів занесім в таблицю 1.

Результати вимірювань геометричних розмірів (діаметрів)
електродів

Назва електрода, умовне позначення	Розмір діаметра, мм
Вимірювальний електрод, d_1	
Кільцевий електрод d_2 (внутрішній) d_3 (зовнішній)	
Електрод напруги d_4	

2.3. Зібрати електричну схему для вимірювання об'ємного I_v поверхневого I_s струмів витoku зразків твердих діелектриків (рисі) та отримати дозвіл викладача на вмикання установки.

2.4. Провести вимірювання об'ємного I_v і поверхневого I_s струмів витоку для декількох зразків плоских тонколистових діелектриків.

2.5. Обчислити об'ємні R_v і поверхневі R_s електричні опори та питомі об'ємні r_v і поверхневі r_s опори досліджених зразків твердих діелектриків.

2.6. Результати вимірювань та розрахунків занести в таблицю 2.

3. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Зразки тонколистових твердих діелектриків (електрокартону плівкоелектрокартону, лакотканини, склолакотканини та ін.. товщиною не більше 0.5 мм).

3.2. Мікрометр МК 0-25 мм.

3.3. Триелектродний пристрій.

3.4. Штанген-циркуль ШЦ-II-150-0,05 або ШЦ-III-150-0,05.

3.5. Гальванометр магнітоелектричної системи з динамічною постійною G_g не менше 10^{-9} А/поділку.

3.6. Вольтметр магнітоелектричної або електродинамічної системи з межами вимірювання 100...1000В.

3.7. Резистор захисний з опором не менше 1 МОм.

3.8. Джерело постійного струму напругою 0...1000В.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця та вимогами з техніки безпеки. Під час виконання лабораторної роботи; отримати необхідні прилади, інструменти, матеріали та обладнання.

4.2. Виміряти геометричні розміри електродів і товщину зразків листових діелектриків та занести їх у таблицю 1.

4.3. Розмістити один із зразків тонколистового діелектрика між електродами вимірювального пристрою.

4.4. Зібрати електричну схему для вимірювання об'ємною струму та отримати дозвіл викладача на вмикання установки.

4.5. Виміряти об'ємний струм, що протікає через зразок тонколистового діелектрика; виміряне значення записати в таблицю 2.

4.6. Повторити п.п. 4.3. і 4.5. для вимірювання поверхневого струму.

4.7. Повторити п.п. 4.3...4.6 для кожного зразка тонколистового діелектрика.

4.8. Обчислити об'ємний R_v та поверхневий R_s , електричні опори зразків твердих діелектриків і занести результати розрахунків в таблицю 2. Обчислення здійснювати за законом Ома для ділянки електричного кола.

4.9. Обчислити об'ємний r_v і поверхневий r_s питомі опори зразків діелектриків та занести результати розрахунків у таблицю 2.

4.10. Порівняти значення об'ємних і поверхневих електричних опорів та питомих опорів отриманих зразків діелектриків.

Результати вимірювань та розрахунків при визначенні питомих опорів твердих діелектриків

Назва діелектрика	Виміряно			Обчислено			
	U, В	I _v , А	I _s , А	R _v , Ом	R _s , Ом	p _v , Омм	p _s , Омм

5. Оформлення звіту

- 5.1. Записати назву лабораторної роботи, її мету та програму.
- 5.2. Привести перелік приладів і обладнання, що використовувались під час виконання лабораторної роботи, та їх основні технічні характеристики.
- 5.3. Накреслити принципові електричні схеми, які використовувались в роботі.
- 5.4. Написати порядок визначення об'ємного і поверхневого електричних опорів та питомих об'ємного і поверхневого опорів зразків твердих діелектриків (електроізоляційних матеріалів).
- 5.5. Скласти таблиці та занести до них результати вимірювань і обчислень.

Контрольні запитання

1. Чим пояснюється електропровідність діелектриків?
2. Які бувають види електропровідності діелектриків?
3. Що таке наскрізний струм витоку (убутку) діелектрика?
4. Чим відрізняється об'ємний струм витоку від поверхневого струму витоку діелектрика?
5. Що собою являє об'ємний та поверхневий опори твердих діелектриків?
6. Які фактори впливають на значення питомих об'ємного та поверхневого опорів твердих діелектриків?
7. Як визначають питомий об'ємний та питомий поверхневий опори твердих діелектриків?
8. Якими електровимірювальними приладами вимірюють опір електроізоляційних матеріалів (твердих діелектриків) шляхом прямих вимірювань?
9. В яких одиницях вимірюється електричний та питомі опори діелектриків у міжнародній системі вимірювань СІ?
10. Які матеріали використовують для виготовлення електродів в установках для визначення питомих об'ємних та поверхневих опорів твердих діелектриків?
11. Яке призначення захисного електрода?
12. Вказати межі значень питомих об'ємних та поверхневих опорів твердих діелектриків.

Правила безпеки при виконанні лабораторної роботи

1. До виконання лабораторної роботи допускаються особи, які пройшли інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні робіт в електроустановках напругою понад 1000 В.

2. Установка повинна бути заземлена гнучким мідним проводом перерізом не менше 4 мм² шляхом приєднання затискача заземлення установки до нульового затискача силового щитка на робочому місці.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ ПРАЦЮВАТИ БЕЗ ЗАЗЕМЛЕННЯ УСТАНОВКИ

3. Триелектродний вимірювальний пристрій вмикати в електричну мережу дозволяється лише після повного складання електричної схеми і отримання дозволу викладача на виконання.

4. Не допускається збільшення вимірювальної напруги понад 1100 В. Категорично забороняється проводити будь-які зміни в схемі при увімкненій установці.

5. Після кожного вимірювання струму витoku (спливу) відключити установку, від електричної мережі і за допомогою кнопки короткозамикача або перемикача, з'єднаних із заземленням, зняти залишковий потенціал у системі вимірювання.

Лабораторно-практична робота 5.

Тема: Вимірювання опорів електроізоляційних матеріалів мегаомметрами.

Мета: Вивчити та оволодіти методикою вимірювання електричного опору електроізоляційних матеріалів мегаомметрами.

1. Програма підготовки лабораторних досліджень

1.1. Вивчити основні відомості та вимоги до електроізоляційних матеріалів, методи вимірювання їх повного електричного опору та прилади, за допомогою яких його вимірюють.

1.2. Вивчити порядок визначення електричного опору електроізоляційних матеріалів за допомогою мегаомметра.

1.3. Ознайомитись з будовою, електричними схемами та вмиканням мегаомметрів при вимірюваннях опору електроізоляційних матеріалів.

1.4. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи та програму лабораторних вимірювань опору електроізоляційних матеріалів.

2. Програма виконання роботи

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, зразками електротехнічних виробів з електроізоляційними матеріалами, наприклад, обмотками електричних машин, трансформаторів та інших апаратів, для визначення їх опору за допомогою логометричних і електронних мегаомметрів.

2.2. Записати до робочого зошита перелік виробів з електричною ізоляцією, то підлягає вимірюванню, клас її нагрівостійкості і основні технічні дані мегаомметрів: тип, клас точності, напругу живлення, вихідну напругу, межі вимірювання електричного опору, схеми під'єднання вимірюваних опорів до мегаомметрів.

2.3. Скласти електричну схему для вимірювання опору ізоляції електротехнічного виробу за допомогою мегаомметра.

2.4. Виміряти електричний опір виробів з різними електроізоляційними матеріалами за допомогою логометричного і електронного мегаомметрів.

2.5. Обчислити питомий опір ізоляції кожного із випробуваних виробів.

2.6. Результати вимірювань та розрахунків занести в таблицю 1.

Результати вимірювань та розрахунків при визначенні опорів електроізоляційних матеріалів

Назва виробу та характеристика ізоляційного матеріалу	Мегаометр, тип	Виміряно	Обчислено	
		вихідна напруга U, В	опір ізоляції R _x , МОм	питомий опір ізоляції ρ _x , Ом

3. Прилади матеріали та обладнання

- 3.1. Мегаомметр логометричного типу М4100/1 або М14100/2... М4100/5, М4102/1.
- 3.2. Мегаомметр електронного типу Ф4102/1 або Ф4102/2, Ф4102/І -1 М. Ф4102/2-1М, Ф4108/1.
- 3.3. Зразки проводів ПБ, ПЭВ, АПВ, 1 НІВ та інших марок.
- 3.4. Зразки кабелів СБГ, АСБ, НРГ та ін.
- 3.5. Котушки електровимірювальних приладів та апаратів керування і захисту, виготовлені з проводу ПЭВ-1, ПЭВТ та ін.
- 3.6. Автотрансформатор.
- 3.7. Електропаяльник.
- 3.8. Асинхронний двигун (обмотка статора).

4. Порядок виконання роботи

- 4.1. Ознайомитись з робочим місцем: обладнанням, приладами (зокрема правилами користування) та електротехнічними виробами з досліджуваними електроізоляційними матеріалами.
- 4.2. Під'єднати вимірюваний опір виробу до логометричного (електронного) мегаомметра і виміряти електричний опір згідно з індивідуальним завданням.
- 4.3. Обчислити питомі опори досліджуваних виробів.
- 4.4. Занести результати вимірювань і обчислень у таблицю 1.

5. Оформлення звіту

- 5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи, її мету і програм} виконання.
- 5.2. Подати перелік обладнання і зразків виробів з електроізоляційними матеріалами, із зазначенням класу нагрівості й кисті їх ізоляції.
- 5.3. Записати основні технічні характеристики мегаомметрів, що використовувались для вимірювання опорів.
- 5.4. Подати таблицю із записаними до неї результатами вимірювань та розрахунків.

Контрольні запитання

1. Назвати межі питомих опорів електроізоляційних матеріалів?
2. Які електричні опори вимірюються за допомогою мегаомметрів?
3. Названі типи і типорозміри логометричних мегаомметрів, які використовують для вимірювання опор) електроізоляційних матеріалів?
4. Назвати типи і типорозміри електронних мегаомметрів?
5. Назвати стандартні значення вихідних напруг, які використовують при вимірюванні опорів електроізоляційних матеріалів за допомогою мегаомметрів?
6. При яких температурах вимірюють опір ізоляції електротехнічних матеріалів?
7. Що являють собою мегаомметри?
8. В чому полягає принцип роботи магнітоелектричного логометра?
9. Назвати вид джерела струму логометричних та електронних мегаомметрів?
10. Що покладено в основу будови електронних мегаомметрів?

Лабораторно-практична робота 6.

Тема: Визначення питомих опорів твердих діелектриків за допомогою тераомметра.

Мета: Оволодіти методом визначення питомих опорів твердих діелектриків за допомогою тераомметра.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Ознайомитись з методом визначення питомих об'ємних і поверхневих опорів плоских тонколистових твердих діелектриків за допомогою тераомметра.

1.2. Вивчити порядок визначення питомих об'ємних і поверхневих опорів тонколистових твердих діелектриків за допомогою тераомметра.

1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи та програму лабораторних випробувань тонколистових твердих діелектриків.

2. Програма виконання роботи

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, записати у робочий зошит перелік обладнання, необхідного для виконання лабораторної роботи, та основні технічні дані тераомметра: тип, клас точності, напругу живлення, межі вимірювання електричного опору.

2.2. Виміряти середню товщину зразків плоских твердих діелектриків (тонколистових електроізоляційних матеріалів).

2.3. Зібрати електричну схему для вимірювання об'ємного R_v і поверхневого R_s електричних опорів зразків тонколистових твердих діелектриків (рисі) та отримати дозвіл викладача на вмикання схеми в електричну мережу.

2.4. Провести вимірювання об'ємного та поверхневого електричних опорів трьох-чотирьох зразків тонколистових твердих діелектриків.

2.5. Обчислити об'ємний ρ_v і поверхневий ρ_s питомі опори випробуваних зразків діелектриків.

2.6. Результати вимірювань та розрахунків занести у таблицю 1.

3. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Зразки тонколистових твердих діелектриків (електрокартон, лакотканина, кабельний папір та ін.).

3.2. Мікрометр МК 0-50 мм.

3.3. Триелектродна система для вимірювання питомих об'ємного ρ_v та поверхневого ρ_s опорів тонколистових твердих діелектриків.

Результати вимірювань та розрахунків при визначенні питомих опорів твердих діелектриків

Назва діелектрика	Виміряно			Обчислено	
	h , мкм	R_v , Ом	R_s , Ом	ρ_v , Ом·мм	ρ_s , Ом

1					
2					
3					

3.4. Тонколисткові діелектрики (товщиною до 0,5 мм): папір писальний, конденсаторний, трансформаторний, кабельний, телефонний, обгортувальний; електрокартон, азбокартон, плівкокартон.

3.5. Тераомметр типу Е6-13А.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця і зразками тонколисткових твердих діелектриків для визначення їх питомих опорів.

4.2. Виміряти товщину h зразків тонколисткових діелектриків у чотирьох-п'яти різних точках кожного зразка, і визначити середнє арифметичне значення товщини, яке занести у таблицю 1.

4.3. Розмістити зразок тонколисткового твердого діелектрика між електродами триелектродної системи і зібрати схему для прямого вимірювання електричних опорів діелектриків за допомогою тераомметра.

4.4. Виміряти об'ємний електричний опір R_v зразка тонколисткового твердого діелектрика, для чого:

4.4.1. Встановити перемикач напруги 4 тераомметра (рис.4) у положення "100 V" або "10 V".

4.4.2. Встановити ручкою 5 «УСТ.0 ГРУБО» (рис.4), що знаходиться на задній панелі, стрілку приладу на нульову відмітку нижніх шкал циферблата.

4.4.3. Встановити перемикач піддіапазонів 8 (рис.3) у положення, відповідне вимірюваному опорів.

4.4.4. Підключити триелектродну систему до тераомметра (рис. 1 ,а).

4.4.5. Натиснути кнопку 2 (рис.3) замикання входу.

4.4.6. Штепсельну вилку шнура приладу ввімкнути в електричну мережу.

4.4.7. Отримати дозвіл викладача на вмикання установки в електричну мережу.

4.4.8. Натиснути кнопку «СЕТЬ ВКЛ.» на передній панелі. При цьому засвічується індикаторна лампа.

4.4.9. Профіти прилад: не менше 5 с - на піддіапазонах $10^2 \dots 10^{12} \text{ Ом}$ і 30с - на піддіапазоні 10^{13} Ом .

4.4.10. Ручкою "УСТ.0 ТОЧНО" встановити стрілку в крайнє ліве положення шкал циферблата.

4.4.11. Перевести кнопку "УСТ.О" у відтиснуте положення (режим вимірювання).

4.4.12. Встановити перемикач піддіапазонів на передній панелі у положення, що відповідає вимірюваному опорів, і виконати вимірювання опорів зразка тонколисткового плоского твердого діелектрика. Відрахування опорів до 10^6 Ом вести за лінійними (нижніми) шкалами, а опорів $10^6 \dots 10^{13} \text{ Ом}$ - обернено пропорційними (верхніми) шкалами циферблата.

4.4.13. При вимірюваннях опорів на піддіапазонах понад 10^9 Ом

користуватися вимірювальною камерою, з'єднавши між собою затискачі заземлення камери і приладу (рис.5).

4.4.14. Натиснути кнопку 2 (рис.3) замикання входу.

4.4.15. Замінити зразок тонколистового діелектрика.

4.4.16. Повторити дії, викладені у п.п 4.4.10...4.4.14 для усіх зразків тонколистових твердих діелектриків.

4.5. Підключити триелектродну систему до тераомметра згідно рис.1,6 та виконати вимірювання поверхневого електричного опору R_s зразків тонколистових твердих діелектриків, для чого повторити дії, п.п. 4.4.10...4.4.14 для всіх зразків.

4.6. Обчислити об'ємні ρ_v і поверхневі ρ_s питомі опори зразків плоских діелектриків та занести результати вимірювань і розрахунків у таблицю 1.

5. Оформлення звіту

5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи, її мету і програму виконання.

5.2. Записати перелік обладнання, інструментів і матеріалів, які використовувались під час виконання лабораторної роботи, та основні технічні характеристики тераомметра.

5.3. Накреслити принципові схеми (рисі), які використовувались в роботі.

5.4. Подати таблицю 1 із записаними до неї результатами вимірювань та розрахунків.

Контрольні запитання

1. Що собою являє питомий опір твердого діелектрика?
2. Які існують методи вимірювання питомих опорів твердих діелектриків?
3. Що собою являє електровимірювальний прилад тераомметр?
4. Назвати межі вимірювання електричних опорів тераомметра типу Е6-ІЗА..
5. Для чого до тераомметра додається вимірювальна камера?

Лабораторно-практична робота 7.

Тема: Визначення електричної міцності повітря в однорідному та неоднорідному електричному полі.

Мета: Ознайомитися з особливостями пробою повітря в однорідному та неоднорідному електричних полях залежно від форми і міжелектродної відстані.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

- 1.1. Вивчити питання електричної міцності газоподібних діелектриків.
- 1.2. Ознайомитись з порядком визначення пробивної напруги за допомогою випробувального апарата АИИ-70.
- 1.3. Підготувати робочий зошит, у якому записати назву та мету лабораторної роботи, програму лабораторних випробувань.

2. Програма лабораторних випробувань

- 2.1. Ознайомитися з робочим місцем та обладнанням для проведення випробувань.
- 2.2. Визначити дослідним шляхом залежність пробивної напруги повітря в однорідному та неоднорідному електричному полі від міжелектродної відстані (електроди типу: площа-площина, площа-стержень та стержень-стержень).
- 2.3. Визначити залежність електричної міцності повітря від міжелектродної відстані в однорідному і неоднорідному електричному полі (тип електродів: площа-площина, площа-стержень та стержень-стержень).
- 2.4. Побудувати графіки залежності пробивної напруги та електричної міцності від міжелектродної відстані в однорідному і неоднорідному електричному полі.

3. Прилади, матеріали та обладнання

- 3.1. Апарат для випробування електричної міцності рідких діелектриків (і трансформаторного масла) типу АИИ-70, переобладнаний для шімробування газоподібних діелектриків.
- 3.2. Випробувальна установка із захисною огорожею та захисною і сигнальною апаратурою, обладнана повітряним проміжком (зазором) із ІМІННИМИ електродами типу: площа-площина, площа-стержень та і гержень—стержень.
- 3.3. Електроди круглі (плоскі) із закругленими краями, діаметром не менше 50 мм (2 шт.) та у вигляді конусного стержня (2 шт.).
- 3.4. Ізоляційна штанга, з'єднана з контуром заземлення, для знімання з електродів установки залишкового потенціалу.
- 3.5. Індивідуальні захисні засоби: гумовий килимок або гумові боти чи рукавички.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Увімкнути установку і перевірити роботу випробувального апарата АИИ-70. Провертаючи рукоятку, встановлену на передній панелі випробувального апарата, проти годинникової стрілки, встановити стрілку кіловольтметра в нульове положення.

4.2. Вимкнути випробувальну установку, відкрити двері захисної огорожі і за допомогою заземлюючої штанги зняти з вузлів повітряного проміжку установки можливий залишковий електричний потенціал.

4.3. Закріпити в повітряному проміжку установки плоскі електроди на відстані 10 мм один від одного.

4.4. Закрити двері захисної огорожі і за допомогою автоматичного вимикача і пускової кнопки, вмонтованих на передній панелі захисної огорожі увімкнути електроблокіровку і захисну сигналізацію випробувальної установки.

4.5. Натиснути кнопку "Пуск" автоматичного вимикача на панелі випробувального апарата АИИ-70.

4.6. Плавна обертання за годинниковою стрілкою рукоятку апарата АИИ-70, встановлену на передній панелі, підвищувати випробувальну напругу до пробою повітряного проміжку (зазора).

4.7. Зафіксувати пробивну напругу на кіловольтметрі, встановленому на панелі випробувального апарата АИИ-70, та записати її значення до таблиці.

4.8. Повернути до відказу рукоятку випробувального апарата АИИ-70 проти годинникової стрілки і повторити дії, описані у п.п. 4.5 та 4.6 не менше 2...3 рази, і визначити середнє арифметичне значення пробивної напруги та електричної міцності при повітряному проміжку, що дорівнює i 0 мм.

4.9. Виключити випробувальну установку за допомогою автоматичного вимикача, встановленого на передній панелі захисної огорожі, та повторити дії, описані в п. 4.2.

4.10. Провести випробування пробивної напруги повітря для міжелектродних відстаней 20, 30, 40, 50 та 60 мм, дотримуючись послідовностей, описаних у п.п. 4.4...4.9.

4.11. Виконати випробування пробивної напруги повітря для електродів типу: площа-стержень та стержень-стержень, дотримуючись послідовностей, описаних в п.п. 4.3...4.10.

4.12. Обчислити значення електричної міцності для всіх виконаних випробувань.

4.13. Результати вимірювань та розрахунків записати в таблицю 1.

4.14. Побудувати графіки залежності електричної міцності $E_{пр}$ та пробивної напруги $U_{пр}$ від міжелектродної відстані h для однорідного електричного поля (електроди типу площа-площина) і неоднорідного електричного поля (електроди типу: площа-стержень, стержень-стержень).

Результати вимірювань та розрахунків

Тип	Міжелектронна відстань h , мм
-----	---------------------------------

електродів	10	20	30	40	50	60
	U _{пр} /E _{пр}					
Площина	1					
–	2					
Площина	3					
Площина	1					
–	2					
стержень	3					
Стержень	1					
–	2					
стержень	3					

Примітка: U_{пр} - пробивна напруга, кВ;
E_{пр}- електрична міцність, МВ/м.

4.15. Відключити випробувальну установку і за допомогою заземлюючої штанги зняти з електродів залишковий потенціал, а потім закрити двері захисної огорожі.

5. Оформлення звіту

5.1. Записати в робочий зошит номер і назву лабораторної роботи, її мету і програму виконання.

5.2. Записати основні технічні характеристики випробувального апарата АИИ-70.

5.3. Записати основні технічні дані кіловольтметра апарата АИИ-70.

5.4. Скласти таблицю і записати до неї результати вимірювань і розрахунків.

5.5. Дати аналіз результатів випробувань.

Правила техніки безпеки при випробуваннях за допомогою апарата типу АИИ-70

1. До випробувань за допомогою апарата АИИ-70 допускаються особи, які пройшли інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні робіт в установках напругою більше 1000 В.

2. Перед користуванням апаратом перевірити наявність його заземлення та заземлення одного із електродів пристрою з повітряним проміжком (зазором).

Працювати без заземлення забороняється!

3. Перевірити наявність ізолюючої штанги та її приєднання до контура заземлення.

4. Повернути проти годинникової стрілки до відказу рукоятку, встановлену на передній панелі апарата.

5. Перевірити з'єднання вивода високої напруги випробувальної установки (всередині захисної огорожі) з незаземленим електродом пристрою з повітряним проміжком (зазором).

6. Щільно закрити двері захисної огорожі установки та перевірити сигналізацію подачі напруги на випробувальну установку. Для цього ввімкнути автоматичний вимикач, встановлений на панелі установки. Сигнальні лампи повинні загорітись.

7. Перевірити наявність поданої напруги на вимірювальний апарат, для чого: натиснути на пускову кнопку кнопкового поста, встановленого на панелі захисної огорожі установки, та кнопку вмикання автоматичного вимикача, встановленого на горизонтальній панелі випробувальної установки. При цьому повинні загорітись сигнальні лампи на панелі апарата.

8. Випробування за допомогою випробувального апарата типу АИИ-70 слід виконувати, стоячи на гумовому килимку або у діелектричних ботах чи гумових рукавичках.

Контрольні запитання

1. Що називається електричною міцністю діелектрика?
2. Яке електричне поле називається однорідним?
3. Чому дорівнює електрична міцність повітря при нормальних умовах в однорідному електричному полі?
4. Як змінюється електрична міцність газоподібних діелектриків залежно від міжелектродної відстані?
5. Як змінюється пробивна напруга газоподібних діелектриків залежно від міжелектродної відстані?
6. Від яких факторів залежить електрична міцність газоподібних діелектриків?
7. В яких одиницях вимірюється електрична міцність та пробивна напруга діелектрика в системі СІ?
8. Що являє собою стример?
9. Чим відрізняється електрична дуга від іскрового розряду?
10. Пояснити механізм лавинного та лавинно-стримерного характеру розвитку електричного пробою?

Лабораторно-практична робота 8.

Тема: Визначення електричної міцності рідких діелектриків.

Мета: Ознайомитись з методами випробування рідких діелектриків трансформаторного, конденсаторного та кабельного масел.

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити питання електричної міцності рідких діелектриків, що використовуються в електротехніці.

1.2. Ознайомитись з порядком визначення пробивної напруги за допомогою переносного випробувального апарата АИМ-80.

1.3. Вивчити значення електричної міцності найбільш розповсюджених рідких діелектриків, що використовуються в електротехнічному обладнанні та засобах автоматики, зокрема, трансформаторного, конденсаторного і кабельного масел.

1.4. Вивчити основні вимоги до випробувань рідких діелектриків: порядок підготовки зразків (проб) рідких діелектриків; порядок підготовки випробувальної комірки; порядок виконання випробувань та оброблювання їх результатів.

1.5. Підготувати робочий зошит, у якому записати мету роботи, програму лабораторних випробувань та таблицю 1 для запису результатів випробувань і розрахунків.

2. Програма лабораторних випробувань

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, обладнанням і матеріалами для ВИ конання випробувань.

2.2. Підготувати до випробувань та заповнити випробувальну комірку рідким діелектриком, який підлягає випробуванням.

2.3. Ознайомитись з вимогами техніки безпеки при роботі з шпиробувальним апаратом типу АИМ-80.

2.4. Підготувати випробувальний апарат до проведення випробувань, і Одержати дозвіл викладача на вмикання її в електричну мережу.

2.5. Ввімкнути випробувальну установку в електричну мережу і виконати 5...6 вимірювань пробивної напруги досліджуваного рідкого діелектрика.

2.6. Визначити середнє арифметичне значення пробивної напруги випробуваного рідкого діелектрика.

2.7. Визначити відповідність випробуваних рідких діелектриків експлуатаційним вимогам.

3. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Переносний апарат типу АИМ-80 для випробувань трансформаторного масла та інших рідких діелектриків.

3.2. Досліджувані рідкі діелектрики - трансформаторне, конденсаторне і

кабельне масла у кількості не менше 500 мл кожного.

3.3. Скляна або текстолітова паличка для перемішування рідкого діелектрика після заливання його у випробувальну комірку та для видалення бульбашок газу і сажі між електродами після кожного пробою.

3.4. Посудина для зливання рідкого діелектрика після випробування.

3.5. Щуп для перевірки віддалі між електродами вимірювальної комірки.

3.6. Індивідуальні засоби захисту - килимок гумовий або діелектричні боти.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Перевірити наявність обладнання і матеріалів згідно з п. 3.

4.2. Перевірити стан випробувального апарата АИМ-80 та наявність його заземлення.

4.3. Підготувати вимірювальну комірку та протерти контакти сухою ганчіркою; якщо електроди потемніли, то відполірувати їх за допомогою замші.

4.4. Перевірити за допомогою щупа відстань між електродами, яка повинна складати $(2,5 \pm 0,05)$ мм.

4.5. Промити посудину вимірювальної комірки рідким діелектриком, який підлягає випробуванням.

4.6. Заповнити випробувальну комірку рідким діелектриком так, щоб електроди були покриті шаром діелектрика не менше ніж на 15 мм.

4.7. Витримати залитий рідкий діелектрик у випробувальній комірці до повного виділення на поверхню бульбашок повітря (10 хвилин не менше).

4.8. Встановити випробувальну комірку з рідким діелектриком в апарат і закрити кришку апарата.

4.9. Під'єднати за допомогою гнучкого кабелю з штекерною вилкою випробувальний апарат до електричної мережі напругою 220 В.

4.10. Встановити тумблер-вимикач у положення - «включено».

4.11. Тумблер-вимикач ($\rightarrow 0$) встановити в одне із двох положень: автоматичного або ручного повернення щітки регулятора напруги у нульове положення після пробою досліджуваного діелектрика.

4.12. Спеціальним ключем з позначенням ($\sim$) ввімкнути вимикач мережі. Про ввімкнення апарата в електричну мережу судять по загоранні зеленої сигнальної лампочки.

4.13. Після ввімкнення випробувального апарата спеціальним ключем з позначенням ($\sim$) стрілка вимірювального приладу повинна стояти на нулі, і повинна горіти жовта сигнальна лампа. Якщо тумблер-вимикач ($\rightarrow 0$) встановлено у положення, а стрілка вимірювального приладу (кіловольтметра) стоїть не на нулі - тумблер-вимикач ($\rightarrow 0$) встановлено у положення, то необхідно натиснути кнопку з позначенням.

4.14. Через 10 хвилин з моменту заповнення випробувальної комірки натиснути кнопку. У цьому разі повинна загорітись червона сигнальна лампа і погаснути жовта.

4.15. Записати покази вимірювального приладу в момент, що передуює пробою, пробивну напругу діелектрика - $U_{пр}$,

4.16. Якщо тумблер-вимикач ($\rightarrow 0$) встановлено на автоматичне повернення

щітки регулятора напруги, то після пробою діелектрика діждатися повернення стрілки вимірювального приладу (кіловольтметра) у нульове положення при якому загоряється жовта сигнальна лампа.

4.17. Вимкнути спеціальним ключем з позначенням (~) випробувальний апарат, відкрити дверцята випробувальної комірки і за допомогою скляної чи текстолітової палички обережно видалити із-за зазору між електродами та з самих електродів частинки сажі, що утворилися під час пробою масла.

4.18. Закрити випробувальну комірку кришкою і підготувати апарат до повторного випробування рідкого діелектрика.

4.19. Не раніше, ніж через 1 хвилину після зникнення випадково утворених повітряних бульбашок у рідкому діелектрику в випробувальній комірці, виконати повторне випробування.

4.20. Виконати не менше 5 повторних пробоїв рідкого діелектрика, повторюючи дії, викладені в п.п. 4.14...4.19.

4.21. Записати в табл.1 результати випробувань і розрахунків та визначити середнє арифметичне значення пробивної напруги для кожного рідкого діелектрика. Враховуючи розкидання значень пробивної напруги, значення першого пробою до уваги не брати.

4.22. Обчислити електричну міцність кожного із випробуваних рідких діелектриків.

4.23. Зробити висновки про якість випробуваних рідких діелектриків.

Результати вимірювань і розрахунків при дослідженнях рідких діелектриків

Назва рідкого діелектрика (масла)	Виміряно						Обчислено	
	пробивна напруга $U_{пр}$, кВ						середня пробивна напруга $U_{прс}$, кВ	середня електрична міцність $E_{пр}$, МВ/м
	1	2	3	4	5	6		
Трансформаторне								
Конденсаторне								
Кабельне								

Правила безпеки при випробуваннях за допомогою апарата ЛІМ-80

1. Заземлити апарат гнучким мідним проводом, перерізом не менше 4мм² і шляхом приєднання корпусу апарата до нульового затискача щитка електричного живлення.

Працювати без заземлення забороняється!

2. Не вмикати високу напругу при відсутності в апараті випробувальної посудини (комірки).

3. Встановлювати та виймати випробувальну посудину (комірку) з апарата тільки при вимкнутій напрузі за допомогою вимикача зі спеціальним ключем.

4. Не працювати на апараті при напрузі більше 80 кВ. При досягненні під час вимірювань напруги 80 кВ - негайно вимкнути апарат вимикачем за допомогою

спеціального ключа.

5. Випробування виконувати, стоячи на гумовому килимку або в діелектричних ботах.

Контрольні запитання

1. Які матеріали належать до рідких діелектриків?
2. Назвати типи апаратів, що використовуються для випробування рідких діелектриків на пробій.
3. Що таке електрична міцність діелектрика?
4. Що таке пробій діелектрика?
5. Що являє собою пробивна напруга?
6. Який взаємозв'язок між електричною міцністю і пробивною напругою?
7. Від чого залежить електрична міцність рідких діелектриків?
8. Що собою являє вимірювальна комірка для визначення пробивної напруги?
9. При якій температурі визначають пробивну напругу рідких діелектриків?
10. Скільки виконують вимірювань для визначення пробивної напруги?
11. Які фактори впливають на значення електричної міцності рідких діелектриків?

Лабораторно-практична робота 9.

Тема: Визначення електричної міцності твердих діелектриків.

Мета: Вивчити та оволодіти методами визначення електричної міцності твердих діелектриків (електроізоляційних матеріалів).

1. Програма підготовки до лабораторних досліджень

1.1. Вивчити основні відомості про електричну міцність твердих діелектриків та методи її визначення дослідно.

1.2. Оформити робочий зошит, у якому записати назву лабораторної роботи, мету роботи, принципову електричну схему визначення електричної міцності твердих діелектриків.

2. Програма лабораторних досліджень

2.1. Ознайомитись з робочим місцем, випробувальною установкою та зразками твердих діелектриків для визначення їх електричної міцності.

2.2. Виміряти товщину та визначити пробивну напругу в однорідному полі одержаних зразків твердих діелектриків.

2.3. Визначити електричну міцність кожного із одержаних зразків тонколистових твердих діелектриків.

2.4. Порівняти одержані дані електричної міцності випробуваних зразків твердих діелектриків з довідковими даними.

3. Прилади, матеріали та обладнання

3.1. Переносний апарат типу АИМ-80 для випробувань трансформаторного масла та інших рідких діелектриків.

3.2. Вимірювальна комірка з електродами для випробувань плоских твердих діелектриків.

3.3. Зразки плоских тонколистових твердих діелектриків.

3.4. Штанген-циркуль ШЦ-II-150-0,05 або ШЦ-I 1-150-0,05.

3.5. Мікрометр МК 0-25 мм.

3.6. Індивідуальні засоби захисту - килимок гумовий або діелектричні боти.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Перевірити наявність обладнання і зразків матеріалів згідно з п.3.

4.2. Перевірити стан випробувального апарату АИМ-80 та наявність його заземлення.

4.3. Підготувати вимірювальну комірку; потемнілі електроди протерти за допомогою замші.

4.4. Встановити один із зразків тонколистових твердих діелектриків між електродами випробувальної комірки та закріпити електроди так, щоб вони з обох боків щільно прилягали до зразка діелектрика.

4.5. Встановити випробувальну комірку у відсік апарата і закріпити його кришку.

4.6. Під'єднати випробувальний апарат до електричної мережі напругою 220 В за допомогою гнучкого кабелю з штекерною вилкою.

4.7. Встановити тумблер-вимикач у положення «включено».

4.8. Тумблер-вимикач встановити в одне із двох положень: автоматичного або ручного повернення щітки регулятора напруги у нульове положення (після пробою діелектрика).

4.9. Спеціальним ключем ввімкнути вимикач мережі ($\sim$). Про ввімкнення апарата в електричну мережу свідчить загорання зеленої сигнальної лампи.

4.10. Після ввімкнення випробувального апарата спеціальним ключем ($\sim$) стрілка вимірювального приладу повинна стояти на нулі і повинна горіти жовта сигнальна лампа. Якщо тумблер-вимикач встановлено у положення та стрілка вимірювального приладу стоїть не на нулі, а тумблер-вимикач встановлено у положення, то необхідно натиснути кнопку. У цьому разі повинна загорітись червона сигнальна лампа.

4.11. Записати покази вимірювального приладу в момент, що передують пробією - пробивну напругу діелектрика $U_{пр}$.

4.12. Якщо тумблер-вимикач встановлено на автоматичне повернення щітки регулятора напруги, то після пробою діелектрика дочекатися повернення стрілки вимірювального приладу (кіловольтметра) у нульове положення (до загорання жовтої сигнальної лампи).

4.13. Вимкнути спеціальним ключем ($\sim$) випробувальний апарат, відкрити кришку, вийняти із засіку випробувальну комірку і замінити зразок тонколистового твердого діелектрика.

4.14. Повторити дії, описані у п.п. 4.5...4.13.

4.15. Записати в таблицю 1 результати вимірювань товщини p та пробивної напруги $U_{пр}$ кожного зразка плоского твердого діелектрика.

4.16. Обчислити електричну міцність $E_{пр}$ кожного із випробуваних твердих діелектриків та записати результати розрахунків у таблицю 1.

Результати вимірювань та розрахунків, одержаних при випробуваннях твердих діелектриків

Назва твердого діелектрика	Виміряно		Обчислено	Примітка
	товщина діелектрика h , мм	пробивна напруга $U_{пр}$, кВ	електрична міцність $E_{пр}$, МВ/м	

4.17. Порівняти дані випробувань з довідковими даними і зробити висновки.

5. Оформлення звіту

5.1. Записати у робочому зошиті назву лабораторної роботи, її мету і програму виконання.

5.2. Записати перелік матеріалів і обладнання, використаних під час виконання лабораторної роботи, та вказати їх основні технічні і паспортні дані (тип, межі вимірювання та ін.).

5.3. Накреслити принципову електричну схему випробувального апарата АИМ-80.

5.4. Скласти таблицю і записати до неї результати вимірювань та обчислень. Дати аналіз результатів випробувань.

Правила безпеки при виконанні лабораторної роботи

1. До виконання лабораторної роботи допускаються особи, які знають порядок виконання роботи та пройшли інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні робіт в електроустановках напругою більше 1000 В.

2. Випробувальна установка повинна бути заземлена гнучким мідним проводом перерізом не менше 4 мм² шляхом приєднання затискача заземлення установки до нульового затискача силового щитка на робочому місці.

Працювати без заземлення установки забороняється

3. Випробувальну установку вмикати в електричну мережу допускається лише після повного зібрання електричної схеми і одержання дозволу викладача на вмикання.

4. Не допускається підвищення пробивної напруги більше 80 кВ.

5. Категорично забороняється виконувати будь-які зміни в схемі після вмикання випробувальної установки в електричну мережу.

Контрольні запитання

1. Що називається електричною міцністю діелектриків?
2. Як визначають електричну міцність твердих діелектриків?
3. Що таке пробивна напруга діелектрика?
4. Назвати форми пробою твердих діелектриків.
5. Які фактори впливають на пробій твердих діелектриків?
6. Які параметри характеризують пробій твердих діелектриків?
7. Чим характеризуються собою процеси електричного, електротеплового, електрохімічного і іонізаційного пробою твердих діелектриків?
8. Вказати час формування електричного, електрохімічного і іонізаційного пробоїв твердих діелектриків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудюк Д.Л., Мазепа С.С., Гнатишин Я.М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: - Навчальний посібник – Львів «Магнолія 2006» 2008 – 180с.
2. Мазепа С.С., Марущак Я.Ю., Куцик А.С. Електрообладнання промислових підприємств. Навчальний посібник – 2-ге вид., стереот. – Львів: «Магнолія 2006», 2008 – 260с.
3. Гамола О.Є., Коруд В.І., Мадай В.С., Мусихіна Н.П. Електротехнічний практикум: Навчальний посібник / За заг. ред В.І. Коруда – Львів: «Магнолія 2006», 2009 – 194с.
4. Стахін П.Г., Коруд В.І., Гамола О.Є. Черніван В.Я., Мусахіна Н.П. Основи електротехніки з елементами мікроелектроніки: Навчальний посібник – 2-ге вид., стереотип – Львів: «Магнолія плюс» Видавець СПД ФО В.М. Піча, 2006 – 225с.
5. Коруд В.І., Гамола О.Є. Малинівський С.М. Електротехніка: Підручник / За заг. редакцією В.І. Коруда – 3-тє вид., переобл. і доп. – Львів: «Магнолія 2006», 2007 – 447с.
6. В.К. Мурзін. Загальна електротехніка. – Полтава. «Кременчук», 2001. - 323с.
7. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електротехніка та мікромхсхемотехніка: теорія і практикум. – К., Каравела, 2003 – 368с.
8. Паначевный Б.И. Курс электротехники. – Х. – Ростов на Дону, 202. – 288с.
9. Електричні системи та мережі [Текст] : навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Г. О. Шеїна ; Держ. вищ. навч. закл. "Донец. нац. техн. ун-т". - Покровськ : ДВНЗ "ДонНТУ", 2020. - 200 с.
10. Карякін, Р. Н. Заземлюючі пристрої електроустановок: довідник / Р. Н. Карякін. - М.: Энергосервис, 2006. - 519 с.
11. Правила влаштування електроустановок: Усі діючі розділи ПУЕ-6 та ПУЕ-7 [Текст] : 6 випуск (з ізм. та доп. станом на 1 вересня 2006 р.). - Новосибірськ: Сиб. унів. вид-во, 2006. - 854 с., Іл.
12. Довідник з електротехнічних матеріалів: У 3 т. - / За ред. Ю. В. Корицького, В. В. Пасинкова, Б. М. Тарєєва. - М.: Вища школа, 1986. - Т.1, с. 35...37; 1987. – Т.2, с. 387...391.
13. Електротехнічні матеріали/Н.Н. Богородицький, В.В. Пасинков, Б.М.Тарєєв: Підручник для вузів. - Л.: Вища школа. Ленінгр. отд-ня, 1985. - З. 58...65.
14. Васильєв Н.П. Лабораторні роботи з електроматеріалознавства: Навчальний посібник середовищ, проф.-техн.уч-щ. - М: Вищ. шк., 1978. -С. 27...34.
15. Казарновський Д.М., Тарєєв Б.М. Випробування електроізоляційних матеріалів та виробів: Навч. для технікумів. - Л.: Енергія. Ленінгр. отд-ня, 1980. - З. 95...104
16. Практикум з технології монтажу та ремонту електрообладнання: Навч. посібник для вузів І.Д. Ірха, В.А. Буторін. В.Д. Дев'ятків та ін. Під. ред. А.А. Пястолова. - М: Агропромиздат, 1990. -С. 89...91.

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Методичні вказівки до виконання лабораторно- практичних робіт

для студентів
спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
інженерно-технологічного факультету
денної та заочної форми навчання
ОС «Бакалавр»

Сумський НАУ, вул. Г. Кондратьєва 160

Підписано до друку 2022 р. Тираж 2 екз. Гарнітура. Times New Roman.
Ум. др. арк. 2,0 заказ.
