

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ПРОФЕСІЙНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
КОЛЕДЖ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗПО «Дніпровський професійний технологічний
коледж»


Сергій Овдієнко
« 28 » серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Електротехніка в будівництві»**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ - G Інженерія, виробництво та будівництво

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ - G19 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійний ступінь Фаховий молодший бакалавр

Викладач: Володимир ПУСТОВОЙТ

Дніпро - 2026

ВСТУП

Шановні здобувачі фахової передвищої освіти!

Даний навчально-методичний посібник розроблено відповідно до робочої програми дисципліни «Електротехніка в будівництві» для проведення лабораторних занять. Головною метою лабораторних робіт є практичне закріплення теоретичного матеріалу, вивчення будови та принципів роботи електротехнічного обладнання, яке застосовується у будівництві, а також набуття навичок вимірювання електричних величин.

Виконання лабораторних робіт формує фахові компетентності, необхідні для раціональної організації роботи будівельних машин і механізмів з дотриманням вимог охорони праці та енергоефективності.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли інструктаж з охорони праці. Робота в лабораторії вимагає суворого дотримання наступних правил:

- Перебувати в лабораторії дозволяється лише в присутності викладача або лаборанта.
- Складання електричних схем, перемикання проводів та підключення приладів здійснювати **тільки на знеструмленому стенді** (при вимкненому джерелі живлення).
- Використовувати тільки справні з'єднувальні проводи з надійною ізоляцією та спеціальними наконечниками. Забороняється використовувати проводи з оголеними струмоведучими жилами.
- Після збирання схеми необхідно запросити викладача для її перевірки. **Подавати напругу на стенд дозволяється виключно після перевірки та дозволу викладача.**
- Не торкатися неізольованих струмоведучих частин, клем та контактів при увімкненій напрузі.
- У разі виникнення іскріння, запаху диму або ненормального гудіння обладнання слід **негайно вимкнути живлення** та повідомити викладача.
- Після завершення роботи необхідно вимкнути джерело живлення, розібрати схему та скласти прилади і проводи на відведені місця.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Дослідження нерозгалуженого кола змінного струму з активним, індуктивним та ємнісним опорами

Кількість годин: 2 год.

Мета роботи: Дослідити співвідношення між напругою і струмом у послідовному RLC-колі, навчитися вимірювати параметри змінного струму, будувати топографічні векторні діаграми та експериментально підтвердити явище резонансу напруг.

Короткі теоретичні відомості

При послідовному з'єднанні котушки (яка має активний опір R_K та індуктивність L), реостата (активний опір R) і конденсатора (ємність C) через усі елементи протікає однаковий струм I . Напруга на затискачах кола дорівнює геометричній (векторній) сумі напруг на окремих ділянках кола.

Повний опір кола змінного струму (імпеданс) позначається літерою Z і обчислюється за формулою:

$$Z = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + (X_L - X_C)^2}$$

де $R_{\Sigma} = R + R_K$ — сумарний активний опір кола, Ом;

$X_L = 2\pi fL$ — індуктивний опір, Ом;

$X_C = 1 / (2\pi fC)$ — ємнісний опір, Ом.

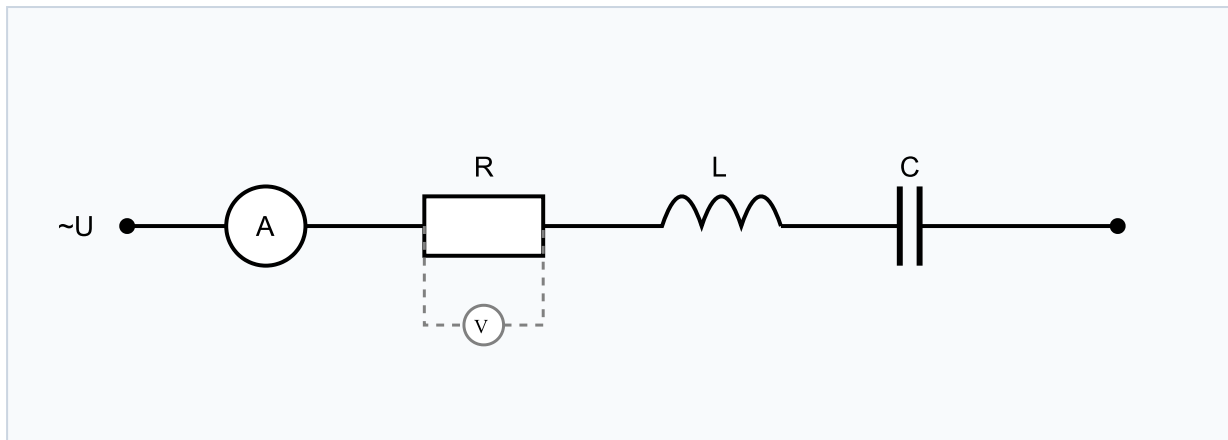
Згідно із законом Ома для кола змінного струму, діюче значення струму дорівнює:

$$I = U / Z$$

У такому колі можливі три режими роботи залежно від співвідношення реактивних опорів:

- **Активно-індуктивний:** $X_L > X_C$. Напруга випереджає струм на кут $\varphi > 0$.
- **Активно-ємнісний:** $X_L < X_C$. Напруга відстає від струму на кут $\varphi < 0$.
- **Резонанс напруг:** $X_L = X_C$. Реактивні опори компенсують один одного, повний опір кола стає мінімальним ($Z = R_{\Sigma}$), а струм досягає максимального значення. Кут зсуву фаз $\varphi = 0$.

Схема електричного кола



Хід роботи

1. Зберіть електричне коло за наведеною схемою. Конденсатор підключіть через магазин ємностей для можливості її зміни.
2. Після перевірки схеми викладачем увімкніть живлення.
3. Змінюючи ємність батареї конденсаторів (від мінімальної до максимальної), встановіть три режими роботи: індуктивний (до резонансу), резонансний (струм максимальний) та ємнісний (після резонансу).
4. Для кожного режиму виміряйте загальний струм I , напругу на затискачах кола U , напругу на реостаті U_R , котушці U_L та конденсаторі U_C .
5. Результати вимірювань занесіть до таблиці.

Режим роботи	C	U	I	U_R	U_L	U_C	$\cos \varphi$
	мкФ	В	А	В	В	В	-
Активно-індуктивний							
Резонанс напруг							
Активно-ємнісний							

Контрольні запитання

- Які умови виникнення резонансу напруг у нерозгалуженому колі?
- Чому при резонансі напруг напруга на реактивних елементах може значно перевищувати напругу джерела живлення? Чим це небезпечно на будмайданчику?
- Як будується топографічна векторна діаграма напруг? Що приймається за основний (базовий) вектор?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Дослідження трифазного кола при з'єднанні приймачів «зіркою»

Кількість годин: 2 год.

Мета роботи: Дослідити співвідношення між лінійними і фазними напругами та струмами при з'єднанні навантаження «зіркою». З'ясувати призначення нульового проводу при симетричному та несиметричному навантаженнях, а також змодельовати аварійні режими.

Короткі теоретичні відомості

Трифазна система є основною системою електропостачання в будівництві. З'єднання «зіркою» утворюється, коли кінці трьох фаз приймача (X, Y, Z) об'єднуються в одну спільну точку — нейтраль (N). Початки фаз (A, B, C) підключаються до лінійних проводів мережі.

Напруга між лінійним проводом і нейтраллю називається фазною (U_ϕ , наприклад U_A , U_B , U_C). Напруга між двома лінійними проводами називається лінійною (U_L , наприклад U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}).

У симетричній трифазній системі між лінійними та фазними напругами існує співвідношення:

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi$$

При з'єднанні «зіркою» струм, що протікає по лінійному проводу, проходить і через фазу приймача, тому лінійні струми дорівнюють фазним:

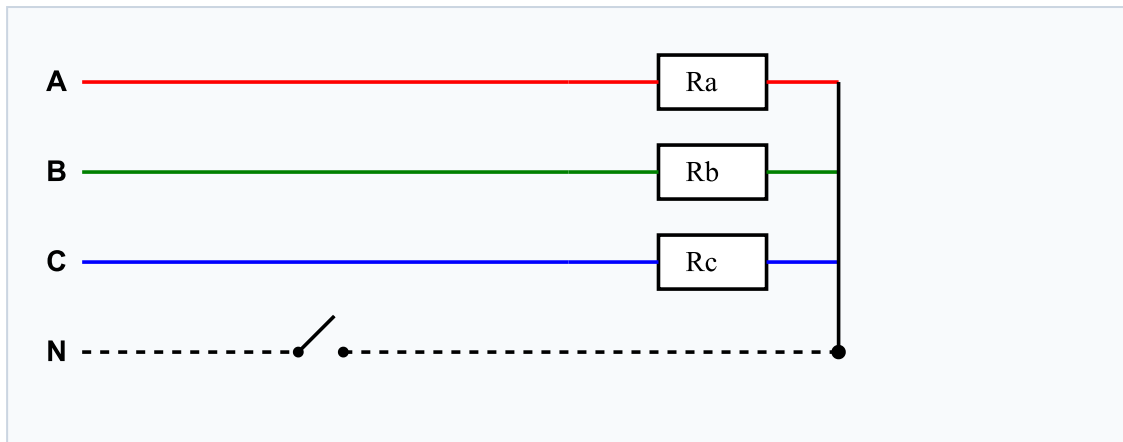
$$I_L = I_\phi$$

Провід, що з'єднує нейтраль джерела з нейтраллю приймача, називається **нульовим (нейтральним) проводом**. Струм у нульовому проводі дорівнює векторній сумі фазних струмів:

$$I_N = I_A + I_B + I_C \text{ (векторно)}$$

Якщо навантаження симетричне (опори фаз однакові), фазні струми рівні за величиною, і струм у нульовому проводі дорівнює нулю ($I_N = 0$). Якщо навантаження несиметричне, по нульовому проводу протікає зрівнювальний струм, який утримує напругу на фазах приймача незмінною ($U_\phi = \text{const}$). При обриві нульового проводу в несиметричній системі відбувається «перекіс фаз»: на менш завантажених фазах напруга небезпечно зростає, а на перевантажених — падає.

Схема електричного кола



Хід роботи

1. Зберіть схему з'єднання приймачів «зіркою» з нульовим проводом. Як навантаження використовуйте блоки ламп розжарювання або реостати.
2. Встановіть симетричне навантаження (однакова кількість ламп у кожній фазі). Увімкніть живлення. Виміряйте фазні (U_A , U_B , U_C) та лінійні (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}) напруги, а також струми у фазах та нульовому проводі.
3. Встановіть несиметричне навантаження (вимкніть частину ламп у фазах B і C). Повторіть вимірювання.
4. Розімкніть нульовий провід за допомогою вимикача на стенді (аварійний режим «обрив нуля») при несиметричному навантаженні. Зафіксуйте різку зміну фазних напруг (перекіс фаз).

Режим навантаження	Нульовий провід	Фазні напруги, В			Струми у фазах, А			Струм нейтралі, А
		U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	I_N
Симетричне	Увімкнено							
Несиметричне	Увімкнено							
Несиметричне	Вимкнено (Обрив)							0

Контрольні запитання

- Чому в нульовий провід чотирипровідної мережі заборонено встановлювати запобіжники або однополюсні вимикачі?
- Чому при підключенні трифазного електродвигуна нульовий робочий провід не використовується, а для освітлювальної мережі будмайданчика він обов'язковий?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Випробування однофазного трансформатора малої потужності

Кількість годин: 2 год.

Мета роботи: Вивчити будову та принцип дії однофазного трансформатора. Провести досліди холостого ходу, короткого замикання та роботи під навантаженням. Визначити коефіцієнт трансформації, втрати енергії та розрахувати ККД.

Короткі теоретичні відомості

Трансформатор — це статичний електромагнітний апарат, призначений для перетворення змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої напруги тієї ж частоти. В будівництві вони застосовуються для живлення інструменту безпечною напругою (наприклад, 36 В), для електрозварювання та прогріву бетону (КТПТО).

Основні режими роботи трансформатора:

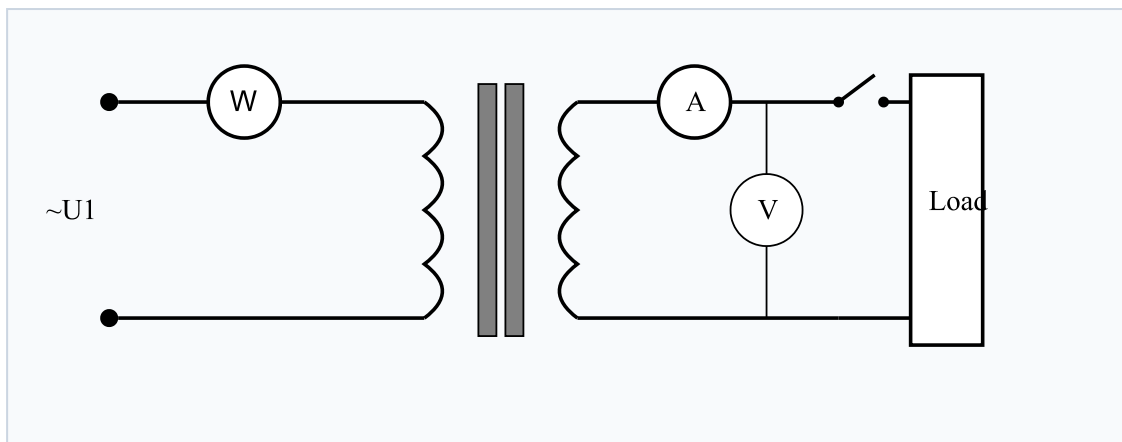
- **Холостий хід (ХХ):** вторинна обмотка розімкнена ($I_2 = 0$). Споживана з мережі потужність P_0 дорівнює втратам у сталевому магнітопроводі (втрати на вихрові струми та перемагнічування). У цьому режимі визначають коефіцієнт трансформації $k = U_1 / U_{20}$.
- **Коротке замикання (КЗ):** вторинна обмотка замкнена накоротко, а до первинної підводиться знижена напруга U_K , за якої струми в обмотках дорівнюють номінальним. Потужність P_K , що споживається, йде на покриття втрат в міді обмоток.
- **Навантаження:** до вторинної обмотки підключений споживач. Корисна потужність $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$.

Коефіцієнт корисної дії (ККД, η) трансформатора розраховується як відношення корисної потужності на виході до активної потужності на вході, або через втрати:

$$\eta = (P_2 / (P_2 + P_0 + P_{K_{нав}})) \cdot 100\%$$

де $P_{K_{нав}}$ — втрати в міді при поточному навантаженні (залежать від квадрата струму).

Схема електричного кола



Хід роботи

- Дослід холостого ходу:** Розімкніть вимикач навантаження. Подайте на первинну обмотку номінальну напругу. Запишіть покази приладів: струм ХХ (I_0), потужність ХХ (P_0), напругу на вторинній обмотці (U_{20}). Обчисліть коефіцієнт трансформації k .
- Дослід короткого замикання:** (Виконується лаборантом за допомогою ЛАТРа). Вторинна обмотка замикається накоротко. Напруга на первинній обмотці плавно підвищується від нуля до значення U_K , при якому струми стають номінальними. Фіксується потужність P_K (втрати в міді).
- Робота під навантаженням:** Увімкніть вимикач навантаження. Змінюючи опір, встановіть 3-4 значення струму навантаження. Виміряйте U_2 , I_2 , P_1 .

Режим	Первинне коло		Вторинне коло		k	ККД, %
	U_1 , В	P_1 , Вт	U_2 , В	I_2 , А		
Холостий хід		$P_0 =$	$U_{20} =$	0		-
Навантаження 1					-	

Контрольні запитання

- З якого матеріалу і чому виготовляють магнітопровід трансформатора? Чому його набирають з окремих ізольованих листів?
- Що характеризує потужність, виміряна при досліді холостого ходу, і від чого вона залежить?
- Як змінюється напруга на вторинній обмотці при збільшенні активного навантаження?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Дослідження пуску та реверсування трифазного асинхронного двигуна

Кількість годин: 2 год.

Мета роботи: Ознайомитися з будовою та принципом дії асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Навчитися читати та збирати схему реверсивного магнітного пускача, яка є базовою для приводів баштових кранів, підйомників та бетонозмішувачів.

Короткі теоретичні відомості

Асинхронні двигуни (АД) є найпоширенішими електричними машинами у будівельній техніці завдяки своїй простоті, надійності та відсутності колекторно-щіткового вузла.

При підключенні статорних обмоток до трифазної мережі виникає обертове магнітне поле, частота обертання якого (синхронна швидкість n_1) залежить від частоти мережі f та кількості пар полюсів p :

$$n_1 = (60 \cdot f) / p$$

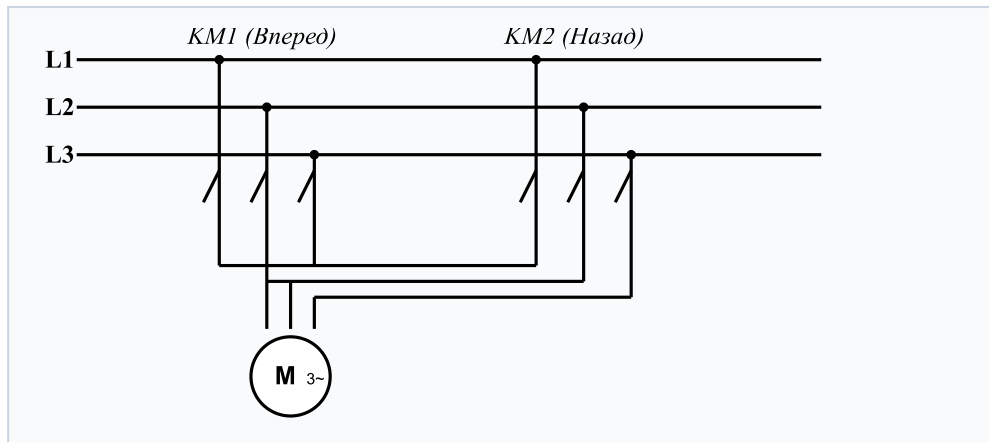
Ротор обертається з частотою n_2 , яка завжди трохи менша за n_1 . Відставання ротора характеризується ковзанням s :

$$s = (n_1 - n_2) / n_1$$

Для зміни напрямку обертання ротора (**реверсування**) необхідно змінити напрямок обертання магнітного поля статора. Для цього достатньо поміняти місцями будь-які дві фази живлення на клеммах двигуна.

В промисловості реверс здійснюється за допомогою схеми з двома контакторами (або реверсивним магнітним пускачем). Один контактор (КМ1) подає фази в прямому порядку (А-В-С), а другий (КМ2) — у зворотному (С-В-А). Одночасне включення обох контакторів призведе до міжфазного короткого замикання, тому в схемі керування обов'язково передбачається електричне блокування.

Схема силового кола реверсивного пуску



Хід роботи

1. Ознайомтеся з апаратурою на стенді: автоматичний вимикач, два магнітні пускачі, кнопковий пост керування («Вперед», «Назад», «Стоп»), електродвигун.
2. Зберіть силове коло згідно зі схемою. *Зверніть увагу на перехрещування двох фаз після пускача KM2!*
3. За вказівкою викладача зберіть коло керування з кнопками та блок-контактами (для самопідхоплення та взаємного блокування).
4. Здійсніть пуск двигуна в прямому напрямку. За допомогою струмовимірювальних кліщів зафіксуйте пусковий (у момент натискання кнопки) та номінальний струм статора.
5. Натисніть «Стоп», після зупинки двигуна натисніть кнопку «Назад». Перевірте зміну напрямку обертання валу.

Режим	Напрямок обертання поля (послідовність фаз)	Пусковий струм $I_{\text{п}}$, А	Номінальний струм $I_{\text{ном}}$, А	Кратність пускового струму ($I_{\text{п}} / I_{\text{ном}}$)
Контактор KM1	Прямий (A-B-C)			
Контактор KM2	Зворотний (C-B-A)			

Контрольні запитання

- Чим небезпечний прямий пуск потужних асинхронних двигунів для електричної мережі будівельного майданчика?
- Для чого в схемі реверсивного пускача застосовується електричне блокування (нормально закритими контактами)? Що станеться, якщо натиснути кнопку «Назад» під час роботи двигуна «Вперед» без такого блокування?
- Що таке ковзання асинхронного двигуна і чому ротор не може обертатися синхронно з магнітним полем?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Дослідження ефективності захисного заземлення та занулення

Кількість годин: 2 год.

Мета роботи: Вивчити принципи дії захисного заземлення та занулення. Дослідити на лабораторній моделі вплив цих систем на безпеку людини при дотику до корпусу обладнання, що опинилося під напругою. Ознайомитись з методикою вимірювання опору контуру заземлення.

Короткі теоретичні відомості

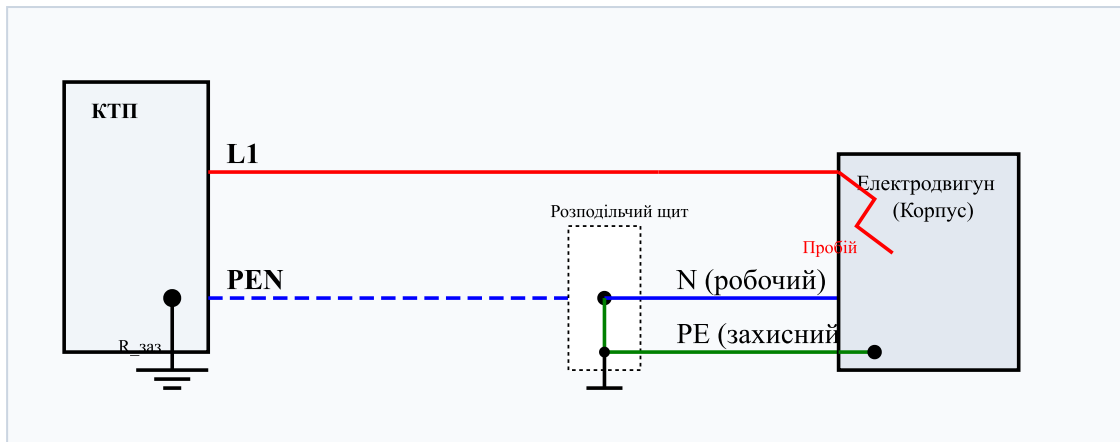
Згідно з нормами охорони праці та ПУЕ (Правила улаштування електроустановок), усі металеві неструмоведучі частини будівельних машин (корпуси кранів, бетономішалок, зварювальних трансформаторів), які внаслідок пробою ізоляції можуть опинитися під напругою, повинні бути надійно захищені.

Захисне заземлення — це навмисне електричне з'єднання металевих корпусів електроустановок із землею (заземлювальним пристроєм). Воно застосовується в мережах з ізольованою нейтраллю (наприклад, система IT). Принцип дії полягає у зниженні напруги дотику до безпечної величини. Струм замикання йде в землю через заземлювач, що має малий опір (за ПУЕ — не більше 4 Ом для установок до 1000 В).

Захисне занулення — це навмисне з'єднання корпусів з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення через нульовий захисний провідник (РЕ). Ця система (TN) є основною у сучасному будівництві (особливо системи TN-S та TN-C-S). Принцип дії занулення: замикання фази на корпус перетворюється на однофазне коротке замикання. Виникає великий струм короткого замикання, який миттєво викликає спрацювання апарата захисту (автоматичного вимикача або запобіжника), що відключає пошкоджену установку.

Важливо: На будівельних майданчиках, окрім заземлення/занулення, для мобільного та пересувного обладнання обов'язковим є використання **ПЗВ (пристроїв захисного відключення)**, які реагують на струми витоку (зазвичай 30 мА).

Схема захисного занулення (система TN-C-S)



Хід роботи

1. На лабораторному стенді змодельуйте мережу з ізолюваною нейтраллю. Штучно створіть пробій фази на незаземлений корпус установки. За допомогою вольтметра, що імітує опір людини (1000 Ом), виміряйте «напругу дотику» (між корпусом і «землею»).
2. Підключіть корпус до контуру захисного заземлення (опір 4 Ом). Знову виміряйте напругу дотику та струм, що пройде через імітатор людини. Зробіть висновок про ефективність захисту.
3. Змодельуйте мережу з глухозаземленою нейтраллю. Приєднайте корпус до нульового захисного проводу (занулення).
4. Здійсніть штучний пробій фази на корпус. Спостерігайте миттєве спрацювання автоматичного вимикача, що відключає пошкоджену ділянку.

Контрольні запитання

- Чому забороняється одночасно заземлювати одні корпуси і занулювати інші в одній мережі до 1000 В?
- Яка максимальна величина опору захисного заземлення допускається нормами ПУЕ для установок напругою 380/220 В?
- У чому полягає відмінність між нульовим робочим (N) та нульовим захисним (PE) провідниками у системі TN-S?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сидоренко О.В., Петренко І.М. Електротехніка в будівництві: Сучасні технології та безпека. Підручник. Київ: Знання, 2024. 380 с.
2. Кухтарьов В.І., Смірнов В.С. Основи електротехніки та електроустаткування будівель. Навчальний посібник. Львів: Магнолія 2006, 2023. 320 с.
3. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинна редакція.
4. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС).