

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет
будівництва і архітектури

Основи охорони праці

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
із забезпечення електробезпеки в будівництві
з дисципліни «Основи охорони праці»
для студентів усіх спеціальностей
і форм навчання

Київ 2018

УДК 658.382:621.3

ББК 31.29н

Е 50

Укладачі: О.Г.Вільсон, канд. техн. наук, доцент
В.Г.Дзюбенко, канд. техн. наук, доцент
О.Г.Дедечек, асистент
Н.В.Галушко, асистент

Рецензент І.В. Климова, канд. технічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, доктор. техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці і навколишнього
середовища, протокол N 8 від 18 травня 2017 року.*

Видається в авторській редакції.

Основи охорони праці. Електробезпека: Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи Уклад.: О.Г.Вільсон, В.Г.Дзюбенко, О.Г.Дедечек, Н.В. Галушко - К.: КНУБА, 2017. - 36 с.

Дані методичні вказівки призначені для вивчення теоретичних основ електробезпеки та перевірки основних положень теорії в лабораторних умовах

Призначено для студентів всіх спеціальностей усіх форм навчання.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки складені відповідно до навчальної програми нормативної дисципліни «Основи охорони праці» для вищих закладів освіти, затвердженої Міністерством освіти України 31 липня 1997 р.

Програма дисципліни «Основи охорони праці» розроблена з урахуванням того, що вивчення питань охорони праці у вищих закладах освіти здійснюється на трьох рівнях: при підготовці молодших спеціалістів, бакалаврів, спеціалістів і магістрів. Програма розроблена для всіх спеціальностей і форм навчання, що здійснюються в КНУБА.

В загальноінженерних і профілюючих курсах умови безпечних засобів праці розглядалися стосовно конкретних інженерних конструкцій і проведення окремих будівельних робіт. Дисципліна «Основи охорони праці» розглядає ці умови на основі аналізу причин травматизму, профзахворювань, узагальнення досвіду роботи з безпеки праці, а також на основі виявлення кращих інженерних рішень, що забезпечують безпечні методи праці в будівництві.

До обсягу матеріалу, який необхідно вивчити для засвоєння дисципліни належить: навчальна, законодавча та навчально-методична література, державні нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), будівельні норми і правила (СНиП, ДБН), нормативні акти системи стандартів безпеки праці (ССБП), нормативні акти з питань пожежної безпеки (ДБН, ДСТУ), інструктивні міжгалузеві та галузеві матеріали, проекти організації будівництва (ПОБ), проекти підготовчих робіт (ПрПР), проект виконання робіт (ПВР) - тобто рішення, прийняти у проектно-технологічній документації.

При вивченні літератури, нормативних та інструктивних документів рекомендується вести конспект, який є необхідним при виконанні контрольної роботи.

Суттєву допомогу при вивченні курсу може надати ознайомлення з матеріалами щомісячних науково-технічних та виробничих журналів, що видаються в Україні («Будівництво України», «Охорона праці», «Безпека життєдіяльності» та ін.).

Програма складена згідно будівельних спеціальностей у відповідності до навчальної програми нормативної дисципліни «Основи охорони праці» для вищих закладів освіти, затвердженої Міністерством освіти України (1997 р.).

Актуальність проблеми електробезпеки

Статистика

Електротравматизм становить у загальному травматизмі орієнтовно до – 1%, а в летальному - 15 – 20%.

Особливість розподілу електротравматизму з летальними наслідками:

- електроустановки до 1 кВ - 70÷80%;
- електроустановки більше 1 кВ - 20÷30% .

Зменшений процент електротравматизму на установках з напругою більше 1 кВ обумовлений тим, що до них має доступ обмежена кількість працівників, які отримали достатній рівень підготовки з питань електробезпеки та мають V групу з електробезпеки.

Особливості дії електричного струму на організм людини

- 1. Термічна дія струму** - полягає в нагріванні тканин, кровоносних судин, нервів, серця та інших органів, що веде до функціональних розладів.
- 2. Електролітична дія струму** проявляється в розкладі органічних речовин (їх електролізі), що приводить до зміни їх фізико-хімічних і біохімічних властивостей - до порушення біохімічних процесів у тканинах і органах людини, тобто підриву основи забезпечення життєдіяльності організму.
- 3. Біологічна дія струму** проявляється у подразненні та збуренні живих тканин організму (включно до клітинного рівня). При цьому порушуються внутрішні біоелектричні процеси, які забезпечують

нормальне функціонування організму (швидкість передачі нервового імпульсу = 27 м/с).

4. Механічна (динамічна) дія струму проявляється у розшаруванні, розриві та інших ушкодженнях тканин організму, стінок кровоносних судин, тканин легенів, що є проявою електродинамічного ефекту, а також від миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Види електротравм

Електротравма - травма, що сталася в результаті дії на організм електроструму та електродуги.

Виділяють три види електротравм; **місцеві, загальні і змішані.**

До **місцевих** (20% від загальної кількості) відносяться: електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, електроофтальмія, механічні ушкодження, що пов'язані з дією струму чи електродуги.

Електроопіки - найбільш поширена електротравма (85% травмованих – електромонтери), що виникає в результаті локального впливу струму на тканини. Вони бувають: контактні, дугові та змішані (залежно від умов виникнення).

Контактний опік є наслідком перетворення електричної енергії в теплову і виникає в основному в електроустановках напругою до 1 000 В.

Електричний опік - це як би аварійна система, захист організму, так як обвуглені тканини в силу більшого, ніж у звичайної шкіри, опору, зменшують електричний струм, що проникає вглиб, до життєво важливих систем і органів.

Коли тіло людини і джерело напруги стикалися нещільно, опіки утворюються на місцях входу і виходу струму. Якщо струм проходить по тілу кількома різними шляхами, виникають множинні опіки.

Дугові опіки (40%) виникають при різних величинах напруги у випадках коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках, частіше з напругою більше 1000 В.

Дуга виникає як між струмопровідними елементами установок, так і між струмопровідними елементами установок і тілом людини при небезпечному наближенні його до струмопровідних елементів.

В першому випадку небезпека визначається тепловою дією дуги; в другому - тепловою дією дуги та результатом проходження струму через тіло людини.

Електричні знаки (мітки) (7%) спостерігаються у вигляді різко окреслених плям сірого чи блідо жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту із струмопровідними елементами (знаки мають круглу чи овальну форму або форму струмопровідного елемента, до якого доторкнулась людина, з поглибленням у центрі).

Знаки з часом безслідно зникають.

Металізація шкіри (3%) - це проникання у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавляється під дією електричної дуги. Ці частки металу мають високу температуру, але малий запас теплоти, тому вони не здатні проникати через одяг - тобто небезпечні лише для відкритих ділянок тіла. В більшості випадків одночасно з металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електроофтальмія (1,5%) - запалення зовнішніх оболонок очей, що виникає в результаті впливу потужного потоку ультрафіолетових променів, які енергійно поглинаються клітинами організму і викликають в них хімічні зміни. Таке опромінення можливе при наявності електричної дуги, яка є джерелом інтенсивного випромінювання не тільки видимого світла, а і ультрафіолетових (УФ) та інфрачервоних (ІЧ) променів. Залежно від інтенсивності випромінювання електроофтальмія розвивається через 2-6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слъозоточінні, гнійних виділеннях, спазми вік і часткової втрати зору. Може виникати різкий головний біль, різкий біль в очах, що посилюється на світлі, тобто так звана світлобоязнь (тривалість захворювання від 3 до 5 днів). У важких випадках порушується прозорість рогової оболонки, звужується зіниця, руйнується кришталик.

Механічні ушкодження (0,5%) спричиняються не передбачуваними судорожними скороченнями м'язів в результаті подразнюючої дії струму. При цьому можливі розриви суглобів, шкіри, кровоносних судин, нервових тканин, вивихи суглобів, переломи кісток тощо (падіння з висоти - не відноситься).

Змішані електротравми: опіки + інші види травм = 23 %.

Загальні електричні травми: *електричний удар; електричний шок.*

Електричний удар - загальна електрична травма - порушення діяльності життєво важливих органів чи всього організму людини як наслідок збурення живих тканин організму електрострумом, яке супроводжується мимовільними судорожними скороченням м'язів - від

окремих м'язів до повної зупинки дихання і кровообігу (дії серця). При цьому зовнішні місцеві пошкодження можуть бути відсутні.

Залежно від наслідків ураження електричні удари поділяються на **IV** групи:

- I** - судомні скорочення м'язів без втрати свідомості,
- II** - судомні скорочення м'язів з втратою свідомості без порушень дихання і кровообігу (сильна біль);
- III** - втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності чи дихання, або серцевої діяльності і дихання разом;
- IV** - клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу.

Клінічна або "уявна" смерть – це перехідний стан від життя до біологічної істинної смерті.

При цьому кровообіг і дихання відсутні, в організм людини кисень не постачається. Тривалість клінічної смерті – 6÷7 хвилин.

Ознаки клінічної смерті - відсутні пульс і дихання, шкіряний покрив - синювато-блідий, зіниці очей різко розширені і не реагують на світло.

Електрошок – тяжка нервово-рефлекторна реакція організму людини на подразнення електричним струмом.

При проходженні струму через організм людини виникають глибокі розлади нервової системи і, як наслідок цього, розлади систем дихання, кровообігу, обміну речовин - функціонування організму в цілому, що може призвести до затухання життєвих функцій організму.

Стадії: коротка фаза збудження, стадія гальмування, стадія виснаження (різке падіння кров'яного тиску, падіння та пришвидшення пульсу, послаблення дихання, виникнення депресії (стану гноблення) та

повна байдужість до навколишнього середовища при збереженні свідомості).

Тривалість такого стану організму людини від десятків хвилин до доби, який закінчується або одужанням (при активному лікуванні), або смертю потерпілого.

Фактори, що впливають на тяжкість ураження електричним струмом

Фактори, що впливають на тяжкість ураження електричним струмом поділяються на три групи:

- електричного характеру;
- неелектричного характеру;
- чинники виробничого середовища.

Основні фактори *електричного* характеру:

- величина струму, що проходить через тіло людини (I);
- величина напруги, під яку попадає людина (U);
- опір тіла ($R_{\text{л}}$);
- рід і частота струму.

На тяжкість ураження найбільшою мірою впливає *величина струму*, що проходить через тіло людини, тобто *струм - основний фактор ураження*

Дія струму виникає, коли людина торкається не менше ніж до двох точок електричного ланцюга, між якими існує деяка напруга (напруга дотику).

Схеми включення людини в електричний ланцюг можуть бути різними. Частіше за інших відбувається однофазне включення людини в ланцюг між фазним проводом і землею і двофазне - між двома фазними (або фазним та нульовим) проводами.

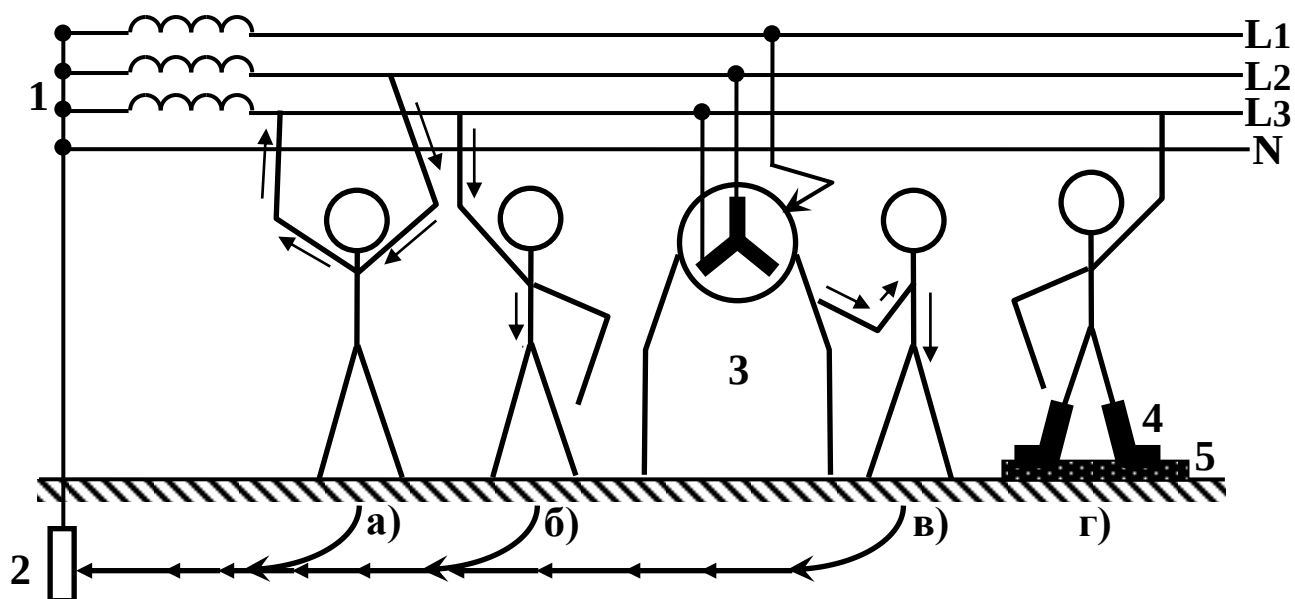


Рис. 1. Схеми включення людини в електричний ланцюг

а - двофазне; б і в - однофазне; г - включення в ланцюг не відбувається;

L1; L2; L3 - фазні дроти; N - нульовий провід.

1 - нейтраль джерела струму; 2 - заземлювач нейтралі; 3 - електроустановка;
4 - діелектричні боти; 5 - суха дерев'яна підлога (або діелектричний килимок);

При однофазному дотику струм, що проходить через тіло людини на електропровідну заземлену підлогу, може бути з достатньою для практики точністю визначено за формулою:

$$I = U_{\phi} / (R_{\text{л}} + R_{\text{ов}} + R_{\text{п}} + R_{\text{о}}), \quad (1)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга, В;

$R_{\text{л}}$ - розрахунковий опір тіла людини (1000 Ом);

$R_{\text{ов}}$ - опір взуття, Ом;

$R_{\text{п}}$ - опір підлоги, Ом;

$R_{\text{о}}$ - опір глухозаземленої нейтралі, Ом.

Чим більша напруга дотику і чим менше опір ділянок ланцюга

замикання, тим вище струм, що проходить через тіло людини. Якщо прийняти $U_{\phi} = 220\text{В}$, $R_{\text{ов}} = 0$, $R_{\text{п}} = 0$ (при хорошому контакті людини з землею), $R_0 = 10\text{ Ом}$, то сила струму, що проходить через людину, буде дорівнює $0,218\text{ А}$ (218 мА), що значно перевищує рівень смертельного струму ($90 - 100\text{ мА}$).

Якщо прийняти, що людина стоїть на сухий дерев'яній підлозі ($R_{\text{п}} = 100\text{ кОм}$) в гумовому взутті ($R_{\text{ов}} = 45\text{ кОм}$) (див. Рис. 1), то сила струму дорівнюватиме $0,0015\text{ А}$ ($1,5\text{ мА}$). Такий струм не є небезпечним.

При двофазному включенні напруга дотику в $1,73$ рази більше, ніж при однофазному. Опір підлоги та взуття в цьому випадку не впливає на струм, а його величина визначається виразом

$$I = \sqrt{3} (U_{\phi} / R_{\text{л}}) \quad (2)$$

При $U_{\phi} = 220\text{ В}$ і $R_{\text{л}} = 1000\text{ Ом}$ сила струму, що проходить через людину, складе $0,38\text{ А}$ (380 мА), що значно більше, ніж при однофазному включенні. Отже, двофазне включення людини в електричний ланцюг є більш небезпечним.

Слід відзначити, що більшість тканин організму людини утримує значну кількість (до 65% по масі) органічної рідини, тому живу тканину людини можна розглядати як електроліт, тобто людина володіє **іонною** провідністю.

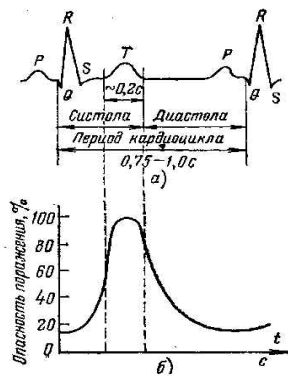
За характером дії струму на організм людини виділяють:

- **Пороговий відчутний струм** - під час проходження через організм людини викликає відчутні подразнення ($0,6 \div 1,5\text{ мА}$ при частоті $f = 50\text{ Гц}$ або $5 \div 7\text{ мА}$ для постійного струму); При струмі до 10 мА і частоті 50 Гц відчувається неприємна подразлива дія струму, яка супроводжується судорожними скороченнями м'язів.

- **Пороговий невідпускаючий струм** - викликає конвульсивні скорочення м'язів у зоні контакту тіла людини з провідником, найчастіше - скорочення м'язів руки, в якій затиснений провідник ($10 \div 18$ мА для $f = 50$ Гц та $50 \div 80$ мА для постійного струму) При струмі $25 \div 50$ мА (для змінного струму) *утруднюється дихання*, при струмі більше 50 мА і до 100 мА порушується і робота серця з одночасним паралічем дихання;

- **Пороговий фібриляційний струм** - найменше значення електричного струму ($50 \div 100$ мА при змінному струмі частотою 50 Гц, і 300 мА - при постійному струмі), проходження якого через організм людини спричинює фібриляцію серця. Струм в 100 мА при 50 Гц і вище вважають смертельним для людини (ймовірність летального виходу $50 \div 98\%$)

При дії струму більше 5 А як при змінному струмі частотою 50 Гц так і постійній напрузі, фібриляція серця, як правило, не виникає. При таких токах відбувається негайна зупинка серця і параліч дихання. Інколи, при короткочасній (протягом $1 \div 2$ секунд дії струму) зупинки серця – можливе самостійне поновлення його роботи.



а) електрокардіограма людини;
б) вірогідність виникнення фібриляції

Рис.2. Небезпека враження людини струмом у залежності від збігу часу його проходження з різними фазами кардіоциклу.

Встановлено, що чутливість серця до електричного струму неоднакова у різних фазах його діяльності. Найбільш вразливим серце є у фазі T , тривалість якої приблизно 0,2 с. Якщо під час фази T через серце проходить струм, то, як правило, виникає фібриляція серця. Збіг проходження струму з іншими фазами різко зменшує вірогідність виникнення фібриляції.

Таким чином, імовірність виникнення **фібриляції серця** внаслідок дії фібриляційного струму, залежить не тільки від величини струму, але і від того, з якою фазою серцевого циклу співпадає період проходження струму через серце.

Таблиця 1

Значення порогових перемінних струмів ($f = 50$ Гц)

Імовірність виникнення, %	99,9	50	10	5	1,0	0,1
1 – відчутний, мА	1,59	1,11	0,91	0,86	0,76	0,63
2 – невідпускаючий, мА	24,6	14,9	10,9	9,8	7,7	5,3
3 – фібриляційний, мА	367	157	111	100	83	67
Постійний струм	1600	681	428	432	358	290

Примітка: $t = 1 - 3$ с; $m_{\text{люд}} = 50$ кг.

Величина напруги (U), під яку попадає людина, впливає на тяжкість ураження електричним струмом в тій мірі, що зі **збільшенням прикладеної напруги зменшується опір тіла людини (в наслідок нагріву та зменшенням рівня пробивної напруги рогового шару)**, що приводить до збільшення струму в мережі замикання через тіло людини. Гранично

допустима в нормальному (неаварійному) режимі роботи напруга становить $U = 2 \div 3$ В при струмі $I = 0,3$ мА для змінного струму частотою 50 Гц і 8В при струмі $I = 1$ мА для постійного струму, тобто постійний струм приблизно в 3-4 рази безпечніший ніж змінний.

Частота і рід струму. Збільшення частоти струму f супроводжується зменшенням опору тіла людини через наявність в опорі людини ємкісної складової, але в наслідок її малої величини, збільшення струму, що проходить через людину, незначне і ним можна знехтувати. Практика засвідчує, що найнебезпечнішим є змінний струм частотою від 20 до 100 Гц, з максимумом на частоті $50 \div 60$ Гц. За інших частот небезпека ураження струмом значно знижується. Постійний струм відносно безпечніший за змінний. Але дія постійного струму величиною $0,09 \div 0,1$ А викликає параліч дихання. При частотах $450 \div 500$ Гц вірогідність загальних електротравм практично зникає, але зберігається небезпека опіків дугових і за рахунок проходження струму через тіло людини.

Електричний опір тіла людини.

Тіло людини – складний комплекс тканин, електричний опір яких суттєво відрізняється, а питомий об’ємний опір (Ом·м) знаходиться в межах:

шкіра суха - $3 \cdot 10^3 \div 2 \cdot 10^4$;

кістки - $10^4 \div 2 \cdot 10^6$;

м’язова тканина – $1,5 \div 3,0$;

жирова тканина – $30 \div 60$;

кров – $1,0 \div 2,0$;

спинномозкова рідина –

$0,5 \div 0,6$.

Таким чином шкіра є тим фактором, що визначає в цілому опір тіла людини. Однак опір шкіри різко знижується в наслідок:

- ушкодження її рогового шару;
- порушення її цілісності;
- вологи на її поверхні;
- збільшення потовиділення;
- забруднення електропровідними речовинами (у тому числі електролітами).

На опір шкіри впливають також щільність і площа контактів, величина напруги (U), величина струму (I), час його дії.

Опір тіла людини залежить також від статі та віку, товщини і ступеня огрублення верхнього шару шкіри.

В розрахунках опір тіла людини вважають стабільним, лінійним, активним і рівним **1000 Ом**.

Основними факторами *неелектричного* характеру є:

- шлях струму через тіло людини;
- індивідуальні особливості і стан організму;
- час, раптовість і непередбачуваність дії струму.

Шлях по якому проходить струм в тілі людини є важливим фактором, що впливає на наслідок ураження. Найбільш небезпечним є проходження струму через м'язи, які забезпечують здійснення вдиху і видиху, а також через серце та мозок. Результатом електричного ураження голови можуть стати судоми, крововиливи судин мозку, зупинка дихання.

Можливі шляхи проходження струму через тіло людини називають петлями струму. Існує більше 20 петель струму. Помічено, що шляхом "права рука – ноги" через серце проходить 6,7% загального струму; "ліва рука – ноги" – 3,7%; "рука – рука" – 3,3%; "нога – нога" – 0,4%.

Серед випадків із тяжкими і смертельними наслідками частіше зустрічаються петлі “голова-рука”, “рука-рука”, “права рука-ноги”, “ліва рука-ноги”. Особливе місце серед петель струму займає петля “нога-нога” - що виникає при дії так званої "крокової напруги". Медики стверджують, що при цьому через серце проходить лише 0,4% загального струму, однак ця петля виникає досить часто. Вона вважається найменш небезпечною, однак навіть при напрузі 50 – 80 В людина, в результаті скорочення м'язів ніг, падає на землю і, при спробі піднятися, опираючись на землю, виникає вже інша петля – "руки – ноги". Для неї напруга визначається вже величиною відстані між опорою ніг і рук.

Характеристика найбільш впливових шляхів струму, що проходять через тіло людини, наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика найбільш впливових шляхів струму в тілі людини

Шлях струму	Частота виникнення цього шляху струму, %	Для втрати свідомості під дією струму, %	Величина I, (мА), що проходить через серце, %
1. Рука - рука	40	83	3,3
2. Права рука - ноги	20	87	6,7 (3)
3. Ліва рука - ноги	17	80	3,7
4. Нога – нога (крокова напруга)	6	25	0,4
5. Голова - ноги	5	88	6,8 (2)
6. Голова - руки	4	92	7,0 (1)
Інші	8	65	

Індивідуальні особливості і стан організму:

- чутливість організму до дії струму;
- психічні особливості та риси характеру людини (холерики, сангвініки, флегматики, меланхоліки; більш чутливі до дії струму перші і останні).

Найбільш небезпечні стан збурення нервової системи, депресії, захворювання шкіри, серцево-судинної системи, легенів, органів внутрішньої секреції, різного роду запалення, стан алкогольного та наркотичного сп'яніння.

Час дії струму. Його небезпека визначається тим, що в організмі людини під дією напруги іде електроліз органічної рідини, що зменшує опір організму людини, збільшується його провідність, тобто збільшується величина сили струму. Час дії струму на організм є дуже важливим фактором – чим він більший тим більша вірогідність тяжкого чи смертельного наслідку. Зі збільшенням часу дії струму послаблюються захисні сили організму, збільшується вірогідність збігу максимуму струму, що протікає крізь людину з періодом систоли (найбільш вразливою фазою кардіоциклу).

Чинник раптовості дії струму. Встановлено, що при несподіваному попаданні людини під напругу захисні функції організму на 30 - 50% нижче, ніж стан, коли людина чітко усвідомлює загрозу можливості потрапити під напругу.

Чинники виробничого середовища, які впливають на небезпеку ураження людини електричним струмом:

- температура повітря в приміщенні;
- вологість повітря;

- запиленість повітря, особливо електропровідними речовинами;
- наявність в повітрі хімічно активних домішок (забруднення хімічно активними речовинами).

За чинниками виробничого середовища ПУЕ виділяють наступні типи приміщень: гарячі ($t > 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), сухі ($\phi \leq 60\%$); вологі ($\phi > 75\%$, але $< 100\%$), особливо сирі ($\phi = 100\%$); запилені (пил струмопровідний і не струмопровідний); приміщення з хімічно агресивним середовищем.

КЛАСИФІКАЦІЯ УМОВ РОБІТ ЗА СТУПЕНЕМ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕЧНОСТІ

Згідно ДСТУ БА.3.2-13.2011, приміщення за небезпекою електротравм поділяються на три категорії:

1. Без підвищеної небезпеки;
2. З підвищеною небезпекою;
3. Особливо небезпечні.

1. Умови **без підвищеної небезпеки** ураження людей електричним струмом: відсутність умов, що створюють підвищену або особливу небезпеку.

2. Умови **з підвищеною небезпекою** ураження людей електричним струмом:

- а) наявність вологості (пари або волога, що конденсується виділяються у вигляді дрібних крапель і відносна вологість повітря перевищує 75%);
- б) наявність пилу, що проводить струм (технологічний або інший пил, осідаючи на проводах, проникаючи усередину машин і апаратів і

відкладаючись на електроустановках, погіршує умови охолодження й ізоляції, але не викликає небезпеки пожежі або вибуху);

в) наявність основ, що проводять струм (металевих, земляних, залізобетонних, цегельних);

г) наявність підвищеної температури (незалежно від пори року й різних теплових випромінювань температура перевищує довгостроково 35 °С, короткочасно 40 °С);

д) наявність можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів тощо, що мають з'єднання із землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншого.

3. Особливо небезпечні умови ураження людей електричним струмом:

а) наявність вогкості- тобто відносної вологості, що дорівнює 100% (дощ, сніг, часте обприскування й покриття вологою стелі, підлоги, стін, предметів, що перебувають усередині приміщення);

б) наявність хімічно активного середовища (постійно або довгостроково утримуються агресивні пари, гази, рідина, утворюються відкладення або цвіль, що руйнують ізоляцію й струмоведучі частини електроустаткування);

в) наявність одночасно двох або більше умов підвищеної небезпеки.

Причини електротравм

Згідно Постанови КМ України від 30.11.2011р. №1232 «Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» виділяють такі причини: 1 – технічні; 2 – організаційні; 3 – психофізіологічні.

До технічних причин відносяться:

- конструктивні недоліки, недосконалість конструкції електроустановки і засобів захисту;
- допущені недоліки при виготовленні, монтажі і ремонті електроустановки;
- несправності установки, що виникають у процесі її експлуатації;
- невідповідність конструкції електроустановки і засобів захисту умовам застосування;
- використання електрозахисних засобів із простроченою датою чергових випробувань;
- незадовільний стан виробничого середовища;
- помилки в накладанні та знятті переносних методів захисту.

До організаційних причин відносяться:

- відсутність на підприємстві особи, відповідальної за електрогосподарство або невідповідність кваліфікації цієї особи чинним вимогам;
- недостатня укомплектованість електротехнічної служби працівниками відповідної кваліфікації;
- низка якість інструкцій для електротехнічного персоналу із безпечного обслуговування та експлуатації електроустановок;
- невідповідність групи з електробезпеки персоналу характеру робіт, що виконуються;

- низка якість організації безпечного виконання робіт в електроустановках за нарядами-допусками, розпорядженнями та у порядку поточної експлуатації;
- неефективний нагляд, відомчий і громадський контроль за дотриманням вимог, норм і правил безпеки при виконанні робіт в електроустановках та їх експлуатації.

До психофізіологічних причин відносяться:

- залучення працівників до понадурочних робіт;
- незадовільний психологічний клімат у колективі;
- незадовільні фізичні дані або стан здоров'я;
- алкогольне, наркотичне, токсикологічне отруєння або сп'яніння;
- низка нервово-психічна стійкість;
- особиста необережність потерпілого;
- травмування внаслідок протиправних дій інших осіб,
- інші причини.

До числа безпосередніх причин попадання людей під напругу відносяться:

- дотик до неізольованих струмопровідних частин - 55 %;
- дотик до не струмопровідних частин, які опинилися під напругою 23%;
- дія напруги кроку - 2,5 %;
- ураження через електричну дугу - 1,2%;
- інші причини - < 20 %.

Короткі теоретичні відомості

Земля як елемент електричної мережі.

Земля є специфічним провідником електричного струму. При проходженні струму по землі на її поверхні виникає специфічне поле потенціалів. Розглянемо явище протікання струму в землі для напівсферичного заземлювача (*заземлювач - будь-який електропровідний елемент, який має контакт з землею*), що знаходиться на поверхні землі (рис. 3).

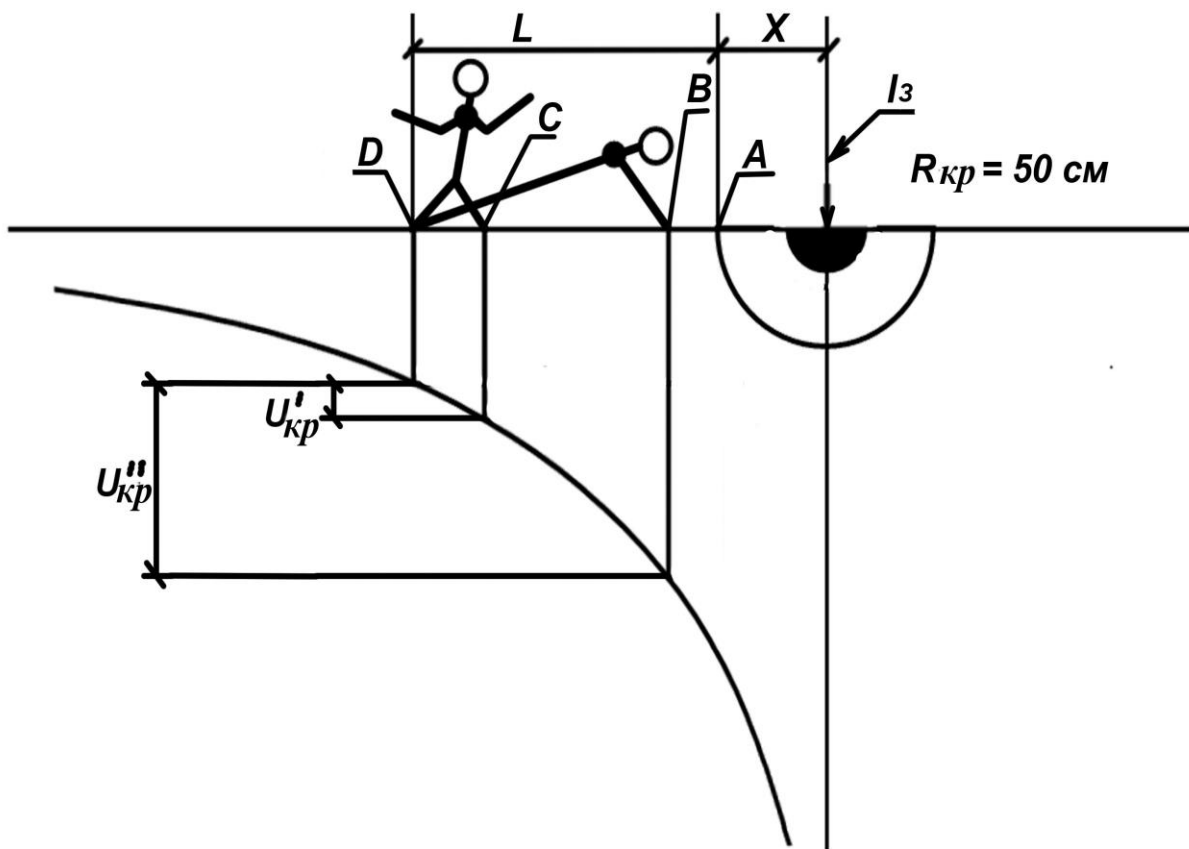


Рис. 3. Розподіл потенціалів на поверхні землі навколо напівсферичного заземлювача.

В умовах однорідності та електричної ізотропності ґрунту струм у всіх напрямках буде розтікатися рівномірно і буде дорівнювати I_3 . Виділимо на відстані x елемент напівсферичної форми $R_{кр} = 50 \text{ см}$.

Потенціал ϕ_A в точці A на поверхні землі буде визначатись:

$$\varphi_A = \frac{I_z \cdot \rho}{2\pi \cdot X} \quad (3)$$

де ρ - питомий об'ємний опір землі, Ом·м;

X - відстань до точки А (довжина провідника, $X=50$ см);

I_z - струм, що протікає від заземлювача.

Напруга кроку

Пересуваючись в зоні дії електроструму людина попадає під так звану **напругу кроку** – напругу між двома точками на поверхні землі, які знаходяться одна від одної на відстані кроку і на яких одночасно стоїть людина. Тому забороняється наближуватися до місця замикання на землю ближче 8 м поза приміщенням і 4 м в приміщенні без застосування засобів захисту.

Розподіл напруги кроку надано на рис. 3.

Крокова напруга $U_{кр}$ становить:

$$U_{кр} = \varphi_C - \varphi_D, (В) \quad (4)$$

де φ_C та φ_D - потенціали у точках С та D відповідно.

Величина $R_{кр}$ є кроковим опором:

$$R_{кр} = 6\rho_z, (Ом) \quad (5)$$

де ρ_z - питомий об'ємний опір, Ом·м.

Таким чином, струм через людину $I_{кр}$, який виникає під дією напруги кроку, становитиме:

$$I_{кр} = U_{кр} / (R_{кр} + R_{л}), (A) \quad (6)$$

Треба знати, що при напрузі кроку $U_{кр}' = 50 \div 80 \text{ В}$, в результаті скорочення м'язів ніг, людина, падає на землю. При спробі піднятися, опираючись на землю, виникає контакт з землею між ногами та руками витягнутого тіла людини (петля – "руки – ноги"). У цьому випадку напруга $U_{кр}''$ визначається вже різницею потенціалів у точках опори ніг і рук, за формулою:

$$U_{кр}'' = \varphi_B - \varphi_D, (B) \quad (7)$$

де φ_B та φ_D - потенціали у точках В та D відповідно.

Ця напруга $U_{кр}''$ значно вища, ніж попередня ($U_{кр}'$), тому й наслідки її дії більш небезпечні.

Форма зони підвищених потенціалів на поверхні землі і розподіл потенціалів в цій зоні залежить від конструкції заземлювача.

При контурній конструкції заземлювача розподіл потенціалів на поверхні землі представлений на рис. 4.

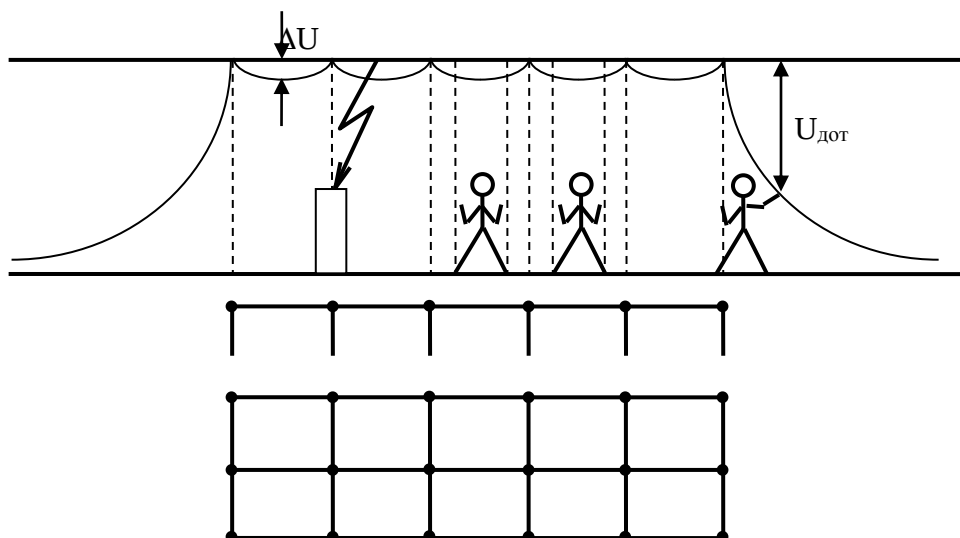


Рис. 4. Розподіл потенціалів на поверхні землі при контурній конструкції заземлювача

Трифазна чотирипровідна мережа з глухо заземленою нейтраллю

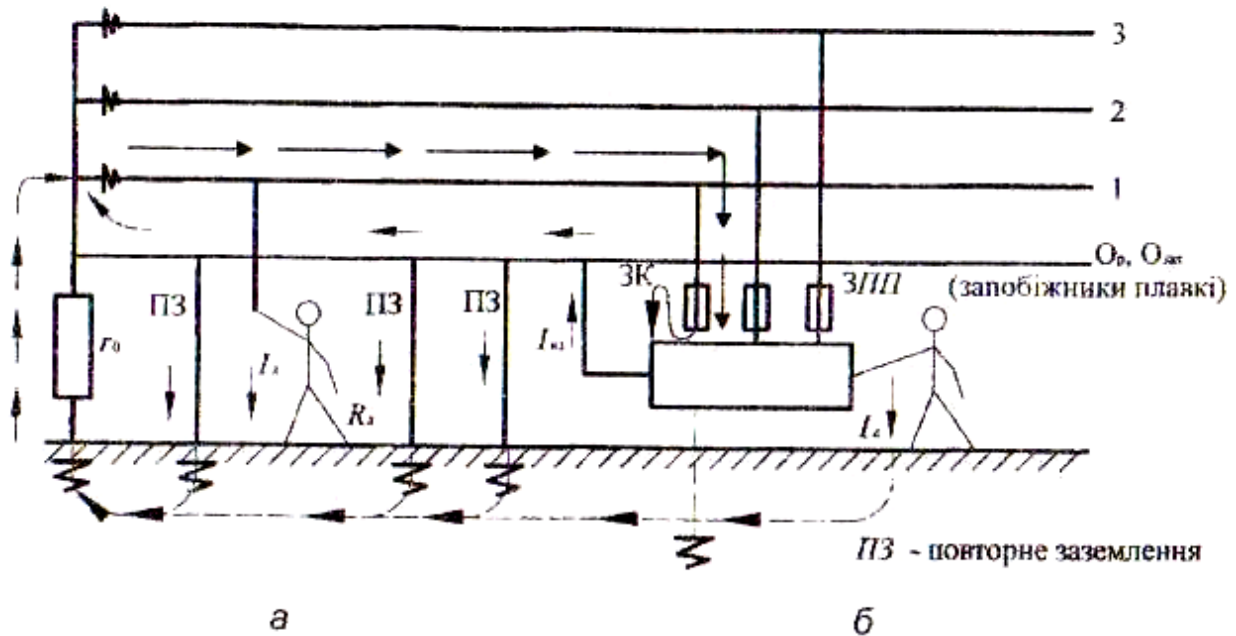


Рис. 5. Схема трифазної чотирипровідної мережі з глухо заземленою нейтраллю: а – дотик людини до неізовьованого проводу при непошкодженій ізоляції інших проводів; б – дотик людини до корпусу споживача при аварійній появі напруги на неструмовідних частинах.

При доторканні людини до проводу 1 утворюється мережа "провід-1 – людина – земля – r_0 – фаза-1". Величина струму, що проходить через людину:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + r_{\text{зем}} + r_0}, \text{ (A)}, \quad (8)$$

де $r_{\text{зем}}$ – опір землі, Ом.

В знаменнику: $R_{\text{л}} = 10^3 \text{ Ом}$, $r_{\text{зем}}$ і r_0 = десятки Ом ($r_0 \ll R_{\text{л}}$), тому можна вважати, що людина попадає практично під фазну напругу ($U_{\text{дом}} = U_{\phi}$), а величина струму $I_{\text{л}}$ залежить, в основному, від $R_{\text{л}}$.

Захисне заземлення, яке показано пунктиром на рис 5,б, застосовується з метою зменшення струму, що протікає через людину I_d та напругу дотика **U_{dot}** і не розраховане на аварійне відключення споживача при замиканні на корпус.

Більш ефективним засобом попередження електротравм при замиканні на корпус фази вважається **занулення**.

Таким чином, до **основних чинників**, які впливають на тяжкість ураження електричним струмом можна віднести величину напруги мережі живлення (В), напругу дотика **U_{dot}** (В), конструктивні особливості мережі живлення (кількість фаз, режим нейтралі), величину опору і стан ізоляції, протяжність і розгалуженість мережі живлення, які впливають на опір ізоляції **R_{iz}** і ємність відносно землі.

Системи засобів та заходів щодо електробезпеки.

Електробезпека, згідно ГОСТ 12.1.019-79, повинна забезпечуватися:

- конструкцією електроустановки;
- технічними заходами та засобами захисту;
- організаційними та технічними заходами.

При цьому технічні засоби та заходи забезпечення електробезпеки поділяються на дві групи:

- технічні засоби та заходи, що діють при нормативному режимі роботи електроустановок;
- технічні засоби та заходи, що діють при аварійних режимах роботи електроустановок.

Для забезпечення електробезпеки, в основному, використовуються одночасно декілька або окремо такі технічні заходи та засоби:

- захисне заземлення;
- занулення;
- вирівнювання потенціалів;
- малі напруги;
- захисне розділення електричних мереж;
- захисне відключення;
- ізоляція струмопровідних частин (робоча, додаткова, підсилена, подвійна);
- огорожувальні улаштування;
- блоківки безпеки;
- засоби захисту та запобіжні пристосування.

Вимоги до технічних засобів та заходів захисту повинні бути встановлені в стандартах і технічних умовах. Більш того, вказані способи та засоби повинні бути вказані в нормативно-технічній документації на конкретні електроустановки.

Особливо небезпечні випадки *переходу напруги на металеві неструмопровідні частини електроустановок*, що, як правило, пов'язано з пошкодженням ізоляції і замиканням фази на корпус. В цьому разі основними технічними заходами щодо попередження електротравм є захисне заземлення, занулення та захисне відключення.

Захисне заземлення.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 **захисне заземлення** – це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою при

аварійній ситуації. Принципова схема захисного заземлення наведена на рисунку 6.

Захисне заземлення (далі – заземлення) забезпечує струмопровід малого опору (шунт), що діє паралельно можливому включенню людини в мережу замикання на землю. Тобто між двома точками одночасно пролягає дві мережі, що діють паралельно:

- перша – через тіло людини;
- друга – через мережу заземлення.

Згідно закону Кірхгофа, величина струму, що проходить через ті мережі, буде обернено пропорційна їх опору. Тому, величину опору заземлення слід зробити такою, щоб обмежити величину струму, що проходить через людину, меншою порогового невідпускаючого струму(<15 мА).

Крім того, заземлення зменшує і напругу дотика $U_{\text{дот}}$ до величини, що дорівнює

$$U_3 = R_3 \cdot I_3. \text{ (В)} \quad (9)$$

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою від 380 В і більше змінного струму і 440 В і більше постійного струму;
- електроустановки з напругою більше 25 В змінного і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливо підвищеною небезпекою, а також електроустановки, що розміщені поза приміщеннями;
- всі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах.

Ефективність заземлення залежить від величини перехідного опору між виводом заземлюючого пристрою та землею.

Конструктивно заземлення включає (у загальному випадку):

- внутрішню магістраль (контур) заземлення;
- з'єднуючі провідники;
- магістраль заземлення;
- контур заземлення (заземлюючий пристрій).

В якості заземлюючих провідників використовують неізольовані провідники з міді площиною в перерізі не менше 4 мм² або сталеві струмопроводи діаметром 5 – 10 мм (з'єднання – зварюванням або за допомогою гвинтового з'єднання).

Заземлюючі пристрої можуть бути *природними і штучними*.

До **природних** заземлювачів відносяться:

- прокладені в землю трубопроводи (не вибухонебезпечних газів і речовин);
- оболонки кабелів (в основному – свинцевих);
- арматура будівельних конструкцій і самі металеві будівельні конструкції, що мають надійний контакт з землею;
- обсадні труби.

До **штучних** заземлювачів відносяться:

- металеві вертикально закладені в ґрунт електроди (стрижні, труби – (Ø50 і $l = 2,5 - 3,0$ м), кутова сталь (кутик 50х50; 60х60 і $l = 2,5 - 3,0$ м) тощо);
- смугова та листова сталь (min 40х4 мм і $l \geq 5,0$ м) і т.ін.

Заземлюючі пристрої виконуються у вигляді *контурного* або *виносного заземлення*.

При виносному заземленні заземлюючий пристрій споруджується поза приміщенням.

Заземлюючі пристрої виконуються двох типів:

- 1 – тимчасові (електроди занурюються в ґрунт на довжину електрода);
- 2 – постійні (верх електрода повинен бути занурений на 0,7 – 0,8 м від поверхні ґрунту).

При виборі – розрахунку опору заземлюючого пристрою необхідно дотримуватись вимог:

$$R_{зп} \leq R_d, \quad (10)$$

де $R_{зп}$ і R_d – відповідно фактичний (розрахунковий) і допустимий опори пристрою (Ом).

Для природних заземлювачів:

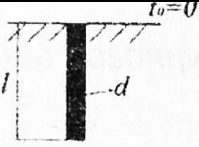
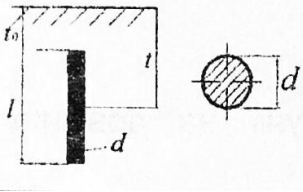
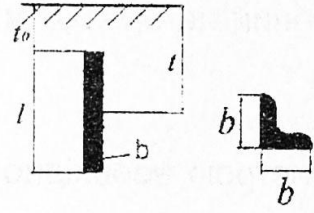
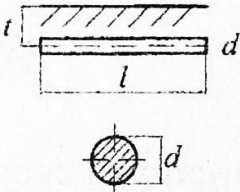
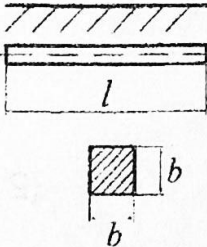
$$R_{п} \leq R_d. \quad (11)$$

Якщо $R_{зп}$ виявиться більше R_d , споруджується штучний заземлюючий пристрій, необхідний опір якого $R_{ш}$ визначається виразом:

$$R_{ш} \leq R_{п} \cdot R_d / (R_{п} - R_d), \text{ (Ом)}. \quad (12)$$

Розрахунок штучного заземлювача виконується по формулам, що наведені у таблиці 3.

Дані для розрахунку опору одиночних заземлювачів

Схема заземлювача	Тип заземлювача	Формула для визначення опору заземлювача
	Стрижень, Труба	$R = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{4 \cdot l}{d}$; при $l \geq d$
	Стрижень, Труба в ґрунті	$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$; $R \approx \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d}$; при $l > d$; $t_0 \geq 0,5 \text{ м}$;
	Кутиковий в ґрунті	$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2,1 \cdot l}{b} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4,2 \cdot t + l}{4,2 \cdot t - l} \right)$; При $l > b$; $t_0 \geq 0,5 \text{ м}$
	Стрижень, Труба або оболонка кабелю в ґрунті	$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}$; $R \approx \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d}$; $R_k = \frac{R_{o.k.}}{\sqrt{n}}$; при $l \geq 4 \cdot t$; $l > d$; n – кількість комбінацій
	Протяжний смуговий в ґрунті	$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t}$.

Опір одиничного штучного заземлювача розтіканню струму замикання на землю залежить від таких чинників:

- питомого опору ґранта розтіканню струму (ρ);

- розмірів електродів заземлення (l);
- форми електродів заземлення;
- розміщенню в ґрунті електродів.

Загальний опір заземлюючого пристрою визначається сумою R електродів заземлення R магістралі заземлення, R з'єднуючих провідників.

При використанні групового заземлювача потенціал кожного електрода визначається величиною особистого потенціалу та сумою потенціалів, що наведені на ньому іншими електродами, тобто

$$\varphi_{\text{гр}} = \varphi_{\text{ос}} + \sum_{i=1}^k \varphi_n . \quad (13)$$

Опір групового заземлювача розтіканню струму при кількості n однакових електродів та значних відстанях (більше 40 м) між ними:

$$R_{\text{гр}} = R_0/n, (\text{Ом}) \quad (14)$$

де R_0 – опір одиночного електрода;

n – кількість електродів.

При відстанях менше ніж 40 м зони розтікання струму одиночних електродів перетинаються, тому запроваджують коефіцієнт використання електродів, який завжди менше 1,0 – η . Тобто опір групи електродів розтіканню струму однакових електродів визначається за формулою:

$$R_{\text{сп}} = R_0 / n \cdot \eta, (\text{Ом}) \quad (15)$$

Відповідно до чинних нормативів величина опору заземлюючого пристрою в установках напругою:

а) – до 1000 В не повинна перевищувати

- 10 Ом при сумарній потужності устаткування до 100 кВА;
- 4 Ом при сумарній потужності устаткування більше 100 кВА;

б) – більше 1000 В повинна бути:

- не більше 0,5 Ом в мережах з ефективно заземленою нейтраллю;

- в мережах ізольованих від землі, не більше визначеного з виразу $125/I_{3.3}$ і приймається розрахунковим, але не більше 10 Ом,
де $I_{3.3}$ – величина розрахункового струму замикання на землю:

$$I_{3.3} = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{100}, (\text{A}). \quad (16)$$

В установках напругою більше 1000 В при ізольованій від землі мережі:

$$I_{3.3} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot (35 \cdot l_k + l_l)}{350}, (\text{A}), \quad (17)$$

де l_k і l_l – відповідно загальна довжина кабельної і повітряної мережі, км.

Кожен діючий заземлюючий пристрій повинен мати паспорт, в якому наводиться його схема, конструкція, а також дані про проведені перевірки, ремонтні роботи тощо. Опір заземлення контролюється з веденням відповідної документації, на шахтах – 1 раз на 6 місяців, у цехах – 1 раз на рік, у підстанціях – 1 раз на три роки.

Занулення

Занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які в нормальних умовах не знаходяться під напругою:

- з глухозаземленою нейтраллю генератора, трансформатора в межах трифазного струму;
- з глухозаземленою точкою джерела в мережах постійного струму.

Принципова схема заземлення та занулення наведена на рис. 6.

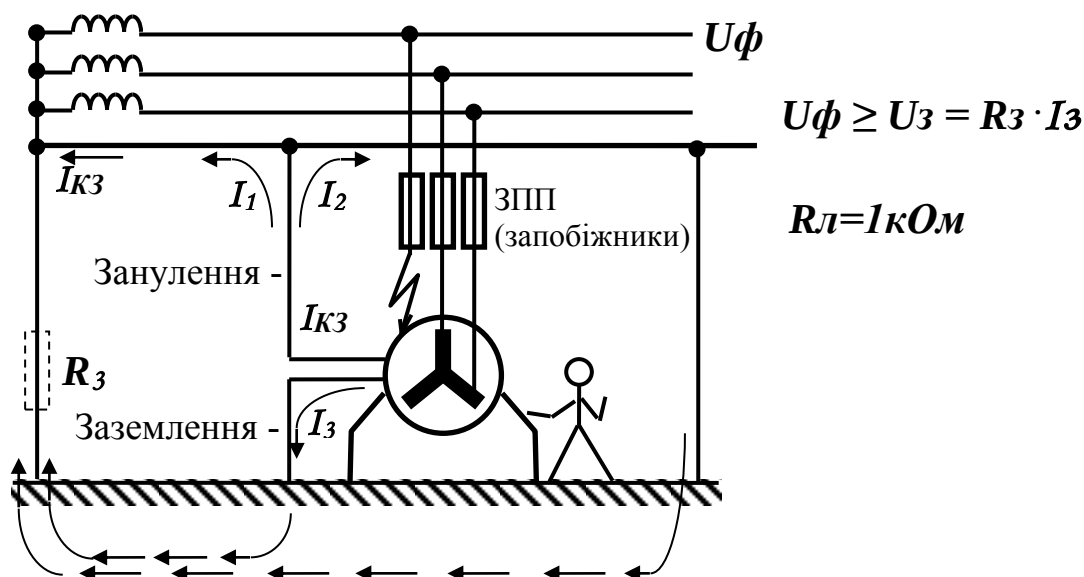


Рис. 6. Схема заземлення та занулення трифазної чотирипровідної мережі з глухозаземленою нейтраллю

Принцип дії – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання з ціллю виклику струму, що здатний забезпечити спрацювання засобів захисту і автоматичне відключення електроустановки від джерел живлення.

В якості автоматів відключення використовуються плавкі вставки запобіжників, струмові автомати, магнітні пускові пристрої із струмовим захистом тощо.

За величиною напруги мережі живлення застосування занулення обмежується $U = 1000 \text{ В} = 1,0 \text{ кВ}$.

Можливі два варіанти реалізації занулення:

- 1 – функції нульового-робочого і нульового-захисного провідника (одночасно) виконує заземлена через 100-200 (багаторазово) нейтраль мережі живлення;
- 2 – для виконання функції занулення обладнання прокладається окремий провідник – нульовий провідник (цей варіант – обов'язковий для житлових, адміністративно-побутових приміщень, а також приміщень масового перебування людей, що будується).

В приміщеннях з однофазною мережею внутрішня мережа виконується трипровідною: фаза, нуль робочий і нуль захисний (контакт цього провідника замикається з упередженням відносно контактів фази і нульового робочого провідника!).

В приміщеннях з трифазними споживачами внутрішня мережа виконується п'ятипровідною: три фази, нуль робочий і нуль фазний.

Призначення нульового захисного провідника – забезпечити струм однофазного короткого замикання шляхом створення для цього струму мережі з малим опором.

Захисне відключення

Призначення – відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмопровідні металеві елементи.

Застосовується як доповнення до захисного заземлення, занулення для забезпечення надійного захисту людини при наявності сухих або скальних ґрунтів, коли захисні функції цих пристроїв можуть бути втрачені.

Захисне відключення може працювати і в разі витоку струмів на землю з корпусу електроустановки, зниженням опору ізоляції фази відносно землі, перерозподілом навантаження на фази тощо.

При нормальному режимі роботи електроустановок використовують інші технічні заходи та засоби забезпечення електробезпеки. До них відносяться:

1. Вирівнювання потенціалів

Застосовується з метою зниження можливих напруг дотику (U_{dot} , В) і кроку ($U_{кр}$, В) при експлуатації електроустановок.

Вирівнювання потенціалів досягається за рахунок навмисно підвищення потенціалу опорної поверхні, на якій може стояти людина, до рівня потенціалу струмових частин, яких вона може торкатися (зменшення U_{dot}), або за рахунок зменшення перепаду потенціалів на поверхні землі чи підлозі приміщень в зоні можливого розміщення струму.

2. Малі напруги

До малих напруг віднесені напруги менше 25 В змінного струму $f=50$ Гц, а також менше 110 В постійного струму.

Застосовуються в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також поза приміщеннями – для живлення ручного електрифікованого інструменту, в яких конструктивно не включена можливість контакту із струмопровідними частинами; світильників загального освітлення при висоті підвісу $< 2,5$ м.

3. Захисне розділення електричних мереж

Загальний опір ізоляції проводів електричної мережі відносно землі ($r_{із}$) і ємкісна складова струму замикання на землю залежать від протяжності мережі і її розгалуженості. Зі збільшенням протяжності і розгалуженості $r_{із}$ - *зменшується*, але *збільшується ємність*. Тому виконується розділення протяжної мережі на окремі, електрично не зв'язані між собою частини за допомогою трансформаторів з коефіцієнтом трансформації, що дорівнює 1,0, що сприяє підвищенню $r_{із}$ і зменшенню *ємності* (рис. 7).

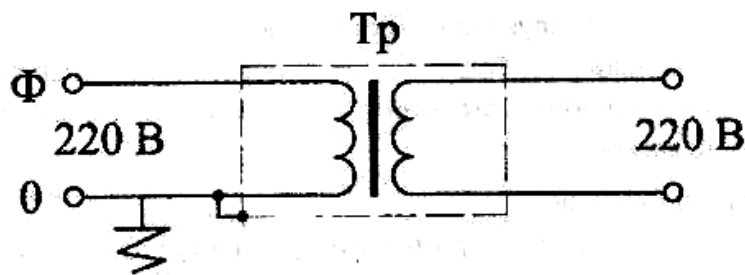


Рис. 7. Захисне розділення електричних мереж

4. Виконання електричних мереж, що ізольовані від землі

При однофазному включенні людини в мережу і відсутності пошкодження ізоляції інших фаз величина струму, що проходить через людину визначається опором ізоляції фаз відносно землі, мінімальний розмір якого 10^5 Ом, що обмежує величину струму через людину.

При наявності фаз з пошкодженою ізоляцією і доторканні людини до фазного проводу з непошкодженою ізоляцією величина струму, що проходить через людину, значно зростає, тому застосування таких мереж потребує обов'язкового контролю величини опору ізоляції.

В особливо небезпечних умовах такий контроль повинен бути постійним з застосуванням автоматичного відключення електроустановок з пошкодженою ізоляцією.

5. Ізоляція струмопровідних частин

ГОСТ 12.1.009-76 виділяє такі види ізоляції:

- **робочу** – забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження електричним струмом;
- **додаткову** – забезпечує додатковий захист від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції;
- **подвійна** – складається з двох незалежних одна від одної робочої та додаткової ізоляції;
- **підсилену** – поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий рівень захисту, як і подвійна.

При розробці електроустановок нормативна величина опору ізоляції приймається рівною 1 кОм/В.

При контролі стану ізоляції визначаються:

- а) електрична міцність ізоляції;
- б) величина електричного опору;
- в) величина діелектричних втрат.

Слід відзначити, що в установках з напругою більше 1000 В проводяться всі види випробувань ізоляції (а, б, в), а в установках з напругою до 1000 В – тільки електричний опір і міцність.

Нормами з експлуатації встановлені строки проведення випробувань ізоляції. Так, для переносних світильників, електрифікованого ручного інструменту – 6 місяців; для зварювального обладнання – 12 місяців.

6. Блоківки безпеки.

Призначення блоківки – унеможливити доступ до неізольованих струмопровідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допустити порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього відключення його від джерел живлення. Основні види блоківки безпеки – механічні, електричні, електромагнітні.

Механічні блоківки – механічні конструкції, які не дозволяють знімати захисні огороження електроустановок, відкривати апарати тощо без попереднього зняття з них напруги.

Електричні блоківки – забезпечують розрив мережі живлення спеціальними контактами, змонтованими на дверях огорожень, кришках і дверцятах кожухів електрообладнання.

Електромагнітні блоківки – вимикачів, роз'єднувачів заземлюючи ножів використовуються з метою забезпечення необхідної послідовності вмикання і вимикання обладнання.

7. Недоступність струмопровідних частин – забезпечується застосуванням захисних огорожень, закритих комутаційних апаратів, розміщенням струмопровідних частин на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них, а також обмеженням доступу сторонніх осіб в електротехнічні приміщення.

На будівельних майданчиках лінії електропередач (ЛЕП) розміщуються

- над робочими місцями – на висоті 2,5 м;
- над ходами – на висоті 3,5 м;
- над проїздами – на висоті 6,0 м.

Організаційні заходи, що забезпечують безпеку працівників під час виконання робіт при експлуатації електроустановок

Згідно розділу 3 НПАОП 40.1-1.21-98 „Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів” роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються:

- за нарядом-допуском (нарядом);
- за розпорядженням;
- в порядку поточної експлуатації.

До числа організаційних заходів відносяться:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;

- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердження робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи;
- нагляд під час виконання робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

При цьому відповідальними за безпеку робіт, що виконуються в електроустановках, є:

- 1 – працівник, який видає наряд, розпорядження (адміністративно-технічний працівник підприємства, що має групу V з електробезпеки в електроустановках з напругою понад 1000 В або групу IV – в електроустановках з напругою до 1000 В);
- 2 – працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця (оперативний працівник з групою V в електроустановках з напругою понад 1000 В, або групою IV – в електроустановках з напругою до 1000 В);
- 3 – працівник, який готує робоче місце, допуск (черговий або оперативно-ремонтний працівник, який допущений до оперативних перемикачів в даній електроустановці);
- 4 – допускач – працівник, який допускає до роботи (оперативний або оперативно-ремонтний працівник, який має IV групу - в електроустановках з напругою понад 1000 В, або групу III – в електроустановках з напругою до 1000 В);
- 5 – керівник робіт (повинен мати IV групу з електробезпеки під час виконання робіт в електроустановках понад 1000 В і III групу – в електроустановках з напругою до 1000 В);
- 6 – наглядач – працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт (електротехнічний працівник з групою не нижче III);
- 7 – члени бригади.

Лабораторна робота

Тема: Дослідження ефективності занулення та захисного заземлення в електричній мережі.

Мета роботи: Вивчити пристрій; принцип дії занулення та заземлення та їх основні характеристики; вивчити вплив параметрів занулення та захисного заземлення на міру ураження людини електричним струмом; дослідити небезпеку застосування заземлення корпусів електроприймачів без їх занулення в мережах з глухозаземленою нейтраллю.

Порядок виконання роботи

1. Визначити залежність струму ураження від величини опору захисного заземлення.
2. Визначити час спрацювання захисту при зануленні електроприймачів.
3. Визначити залежність сили струму ураження від опору повторного заземлення .

Дослідження ефективності занулення

в чотирьохпроводній мережі з глухозаземленою нейтраллю

$R_0=3$ Ом - Опір глухого заземлення (на підстанції)

$R_{\text{л}}=1$ кОм – Опір людського тіла;

$R_z=4$ Ом – Опір землі (опір між землею та заземленням);

$R_n=10$ Ом – Опір повторного занулення;

Змінні параметри:

$Z_n= 3; 10; 15$ Ом - Опір нульового проводу

Таблиця 1

№ п\п	Z_n , Ом	R_z , Ом	R_n , Ом	R_l , кОм	$I_{кз}$, мА	$I_{люд.}$, мА	Час спрацювання захисту, с
1							
2							
3							

Норматив: час спрацювання захисту $t_{пер} < 0.2$ сек

**Дослідження ролі повторного заземлення нульового проводу (при його
можливному обриві) у випадку «пробою» фази на корпус
електроприймача.**

$R_0 = 3$ Ом

$R_l = 1$ кОм – Опір людського тіла.

$R_z = \infty$ – Опір землі (опір між землею та заземленням);

$Z_n = 3$ Ом - Опір нульового проводу

Змінні параметри:

$R_n = \infty; 3; 4; 10; 30$ Ом – Опір повторного занулення;

Таблиця 2

R_n , Ом					
$I_{люд.}$, мА					

Дослідження ефективності заземлення в трьохпровідній мережі з ізолюваною нейтраллю

$R_0 = 3 \text{ Ом}$

$R_L = 1 \text{ кОм}$ – Опір людського тіла;

$Z_n = \infty$ - Опір нульового проводу;

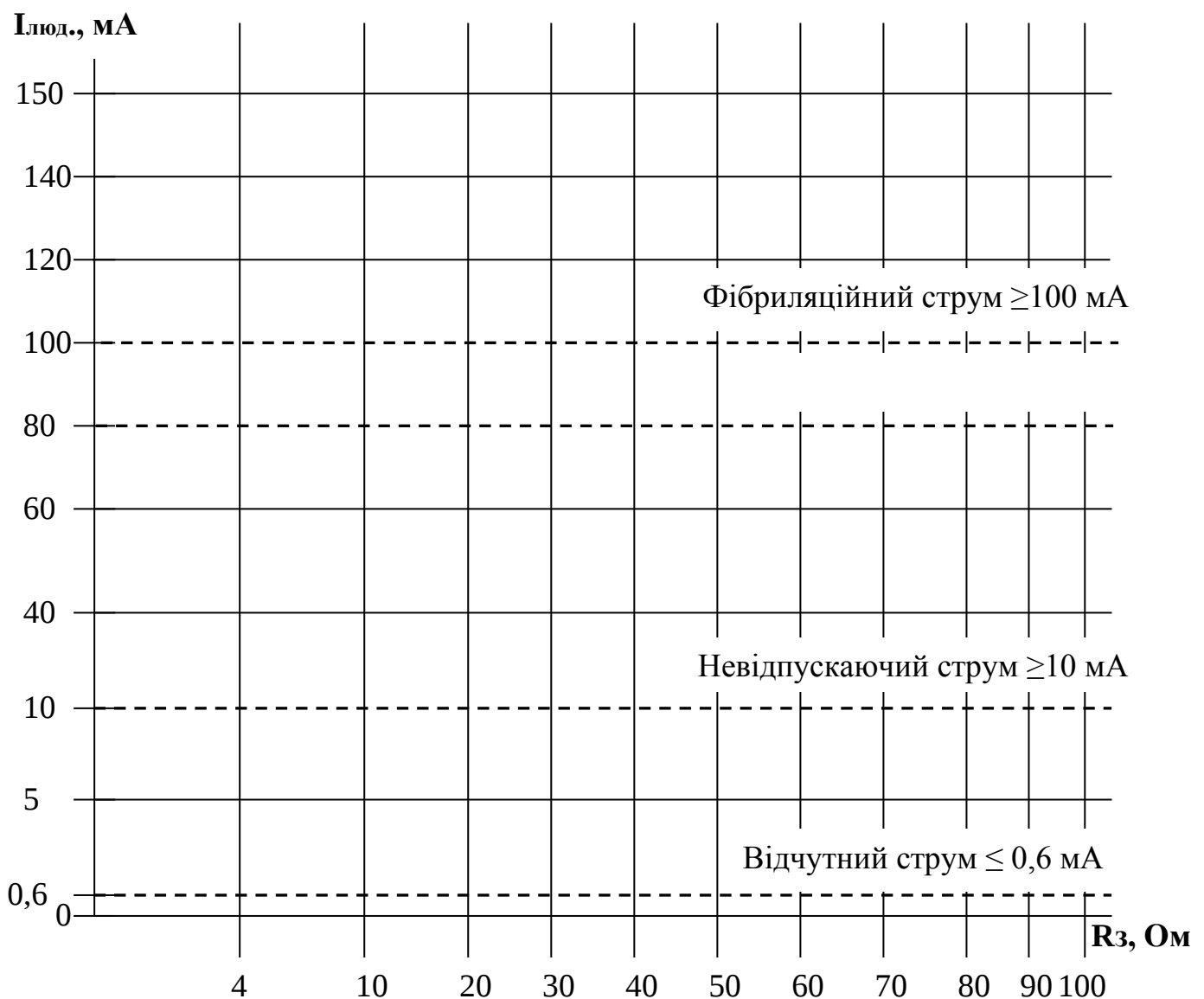
$R_n = \infty$ – Опір повторного занулення.

Змінні параметри:

$R_3 = \infty; 4; 10; 25; 50; 100$ – Опір землі (опір між землею та заземленням);

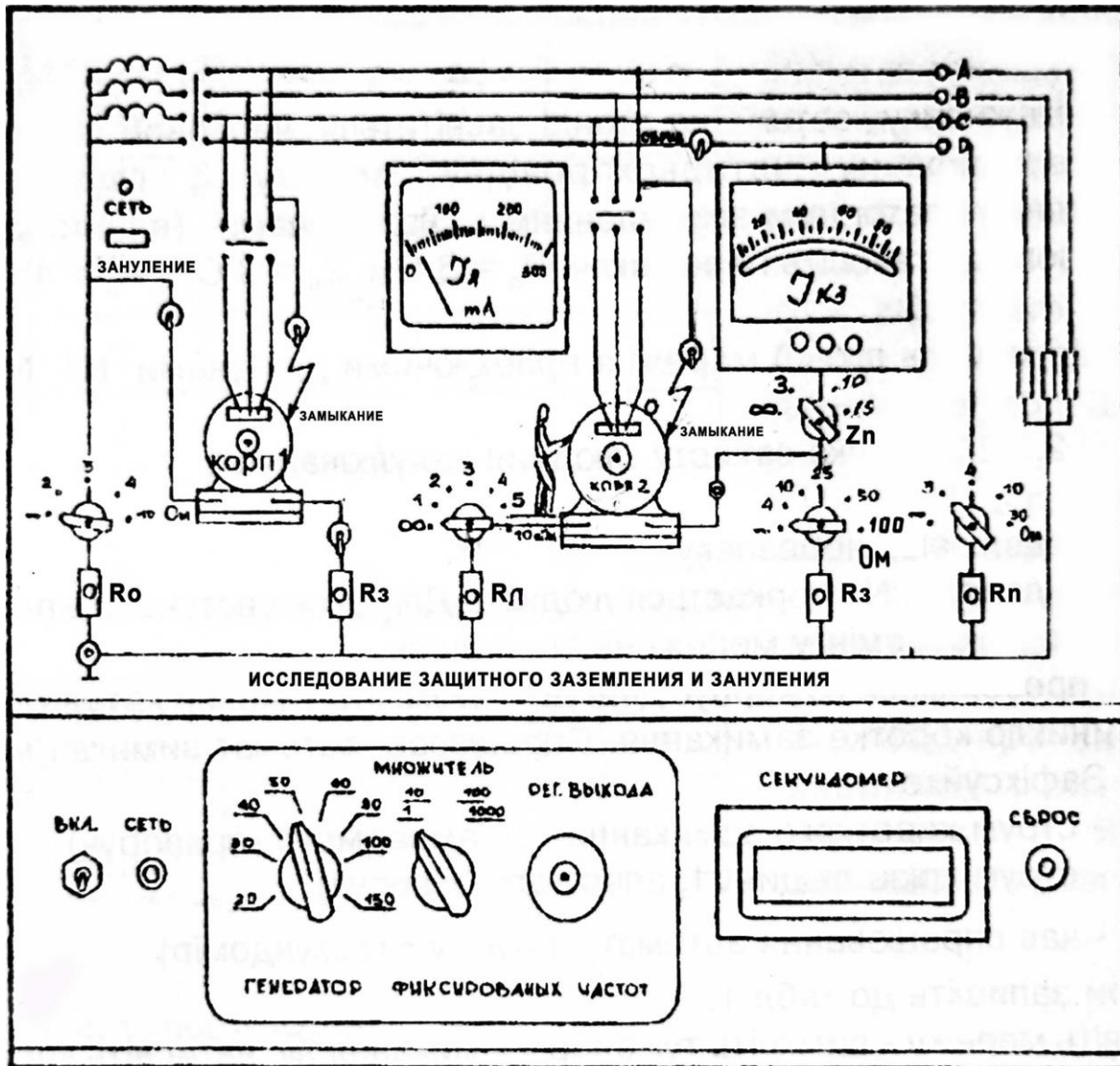
Таблиця 3

R_n, Ом						
R_3, Ом						
$I_{\text{люд.}}$, мА						



Висновок:

Вигляд стенду для проведення лабораторної роботи приведено на рис. 8:



- R₀** - переключатель опоры глухого заземления
- Q** - тумблер
- R₃** - переключатель опоры заземления корпусов
- I_л** - амперметр измерения тока, что пройдет через человека
- R_л** - переключатель опоры тела человека
- R_н** - переключатель опоры повторного зануления
- I_{кз}** - амперметр тока короткого замыкания
- Z_н** - переключатель опоры зануления

Рис. 8. Стенд для проведения лабораторной работы.

Запитання до самоконтролю

1. Наведіть основні чинні нормативні акти електробезпеки.
2. Наведіть визначення понять: "електробезпека", "електротравма", охарактеризуйте види електротравм.
3. Наведіть визначення понять: "струм замикання на землю", "зона розтікання струму".
4. Основні причини електротравм.
5. Особливості дії електроструму на організм людини.
6. Фактори, що впливають на тяжкість ураження електрострумом
7. Основний фактор від якого залежить тяжкість ураження людини електрострумом
8. Дайте характеристику понять: "відчутний струм", "невідпускаючий струм", "фібриляційний струм".
9. Охарактеризуйте фактори, що впливають на електричний опір людини.
10. Класифікація приміщень за небезпекою електротравм.
11. Земля як елемент електричної мережі.
12. Охарактеризуйте поняття "напруга кроку".
13. Основні характеристики трифазної чотирипровідної мережі з глухозаземленою нейтраллю.
14. Системи засобів та заходів щодо електробезпеки.
15. Захисна дія і умови застосування захисного заземлення в електроустановках.
16. Конструкції і вимоги до захисних заземлень в електроустановках.
17. Умови застосування, захисна дія та вимоги до занулення в електроустановках.
18. Застосування захисного відключення, вирівнювання потенціалів, малих напруг, захисного розділення електричних мереж.

19. Основні організаційні заходи експлуатації електроустановок.
20. Особи відповідальні за організацію безпечного виконання робіт в електроустановках.
21. Вимоги безпеки до персоналу, що обслуговує електроустановки.
22. Особливості надання першої допомоги у випадку ураження людини електрострумом.
23. Навчання і перевірка знань персоналу, що обслуговує електроустановки.

Основні нормативні документи

1. **ПУЕ-14** – Правила улаштування електроустановок.
2. **НПАОП 40.1-1.32-01.** Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
3. **„Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей”**
4. **НПАОП 40.1-1.21-98** - Правила технічної експлуатації електричних установок споживачів – міжгалузевий нормативний акт, який розповсюджуються на електричні установки напругою до 220 кВ, технічного обслуговування електричних установок, ведення відповідної документації.
5. **НПАОП 40.1-1.01-97.** Правила безпечної експлуатації електроустановок – галузевий нормативний документ енергетика.
6. **НПАОП 40.1-1.07-01.** Правила експлуатації електрозахисних засобів.
7. Галузеві нормативні акти (НА) з електробезпеки (не перечать міжгалузевим актам і зменшують рівень безпеки).
8. Нормативні акти підприємств з питань електробезпеки (в основному це інструкції з безпечного обслуговування та виконання робіт в електроустановках).

Література

1. Основи охорони праці: Підручник /К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. К.: Основа, 2003. – 472 с.
2. М.П.Гандзюк, Є.П.Желібо, М.О. Халімовський. Основи охорони праці. Підручник. За редакцією М.П.Гандзюка. Каравела, 2005 - 408 ст.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учб. пособие для вузов – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.

Электробезопасность__— система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электротравма__— травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

Ток замыкания на землю — ток, проходящий через место замыкания на землю.

Зона растекания тока — зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю.

Ощутимый ток — электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения ($t \leq 10$ мин; для f 50Гц = 0,6 ÷ 1,5 мА, для пост. тока = 5,0 ÷ 7,0 мА).

Неотпускающий ток__— электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник ($I \geq 15$ мА).

Фибриляционный ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека фибрилляцию сердца ($I = 50 \div 100$ мА).

Пороговый осязаемый ток – наименьшее значение осязаемого тока.

Напряжение прикосновения – напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Напряжение шага – напряжение между двумя точками цепи тока, находящихся одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электрической установки при возникновении в ней опасности поражения током.

Малое напряжение – номинальное напряжение не более 25 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током.

Выравнивание потенциала – метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Охранная зона воздушных ЛЭП и связи – зона вдоль ВЛ в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченных вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов при не отключенном их положении на расстоянии (м) от 10 до 40 (1 – 20 кВ до 750 кВ); через водоёмы- 100 м или несудоходные) от 10 до 40 (1 – 20 кВ до 750 кВ).

Охранная зона кабельных ЛЭП и связи – участок земли вдоль подземных КЛ, ограниченной вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних кабелей на расстоянии 1 м для КЛ и 2 м для КЛ связи; часть водного пространства – 100 м.

Работы специальные – работы, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда.

Электроустановка – установка, в которой производится, преобразуется, передаётся, распределяется, потребляется электрическая энергия.

ЗМІСТ

Загальні положення.....	3
Актуальність проблеми електробезпеки.....	5
Особливості дії електроструму на організм людини.....	5
Види електротравм.....	6
Загальні електричні травми.....	8
Електричний опір тіла людини.....	15
Класифікація умов робіт за ступенем електробезпечності.....	19
Причини електротравм.....	21
Короткі теоретичні відомості.....	23
Земля як елемент електричної мережі.....	23
Напруга кроку.....	24
Трифазна чотирипровідна мережа з глухо заземленою нейтраллю.....	26
Системи засобів та заходів щодо електробезпеки.....	27
Захисне заземлення.....	28
Занулення.....	34
Захисне відключення.....	36
Вирівнювання потенціалів.....	37
Малі напруги.....	37
Захисне розділення електричних мереж.....	38
Виконання електричних мереж, що ізольовані від землі.....	38
Ізоляція струмопровідних частин.....	38
Блоківки безпеки.....	39
Недоступність струмопровідних частин.....	40
Організаційні заходи, що забезпечують безпеку працівників під час виконання робіт при експлуатації електроустановок.....	40
Лабораторна робота.....	42
Запитання до самоконтролю.....	47
Основні нормативні документи.....	49

Література.....	50
Додаток.....	51
Зміст.....	54

Основи охорони праці

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
із забезпечення електробезпеки в будівництві
з дисципліни «Основи охорони праці»
для студентів усіх спеціальностей
і форм навчання

Призначено для студентів всіх спеціальностей усіх форм навчання.

Укладачі: Вільсон Олександр Георгійович
Дзюбенко Володимир Григорович
Дедечек Олександр Григорович
Галушко Надія Валентинівна

Підписано до друку

Ум. друк. арк. .

Тираж прим. Видавничий № 11/П-04. Замовлення №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ-680, 03680

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі Київського національного
університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи ДК № від
р.

ЗМІСТ

Загальні положення.....	3
Актуальність проблеми електробезпеки.....	5
Особливості дії електроструму на організм людини.....	5
Види електротравм.....	6
Загальні електричні травми.....	8
Електричний опір тіла людини.....	15
Класифікація умов робіт за ступенем електробезпечності.....	19
Причини електротравм.....	21
Короткі теоретичні відомості.....	23
Земля як елемент електричної мережі.....	23
Напруга кроку.....	24
Трифазна чотирипровідна мережа з глухо заземленою нейтраллю.....	26
Системи засобів та заходів щодо електробезпеки.....	27
Захисне заземлення.....	28
Занулення.....	34
Захисне відключення.....	36
Вирівнювання потенціалів.....	37
Малі напруги.....	37
Захисне розділення електричних мереж.....	38
Виконання електричних мереж, що ізольовані від землі.....	38
Ізоляція струмопровідних частин.....	38
Блоківки безпеки.....	39
Недоступність струмопровідних частин.....	40
Організаційні заходи, що забезпечують безпеку працівників під час виконання робіт при експлуатації електроустановок.....	40
Лабораторна робота.....	42
Запитання до самоконтролю.....	47
Основні нормативні документи.....	49

Література.....	50
Додаток.....	51
Зміст.....	54