

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з НР

_____ С.В.Бондаренко

_____ 20__ р.

Методичне забезпечення
лекційного курсу з дисципліни
«Налагодження електроустаткування»
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація
електроустаткування підприємств і цивільних споруд»

Уклав

Ліх Т.В.,

викладач спеціальних

електротехнічних дисциплін

Розглянуто на засіданні
циклової комісії спеціальних
електротехнічних дисциплін

Протокол №__ від _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В.Олійник

Лекція № 1

Тема: Вступ. Мета вивчення дисципліни „Налагодження електроустаткування”. Основні поняття та визначення електроустановок.

Мета: Набуття студентами знань з питань вивчення дисципліни „Налагодження електроустаткування», основних понять та визначення електроустановок.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Мета вивчення дисципліни.
2. Основні поняття та визначення електроустановок.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати, стенди.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст. 5-11.

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

До пусконаладжувальних роботах при монтажі електроустановок входять: організація пусконаладжувальних робіт, виміри електричних і деяких неелектричних величин, випробуваннях електричних кіл, ізоляції і контактних з'єднань, наладка основних видів обладнання (електричних машин, трансформаторів), кабельних ліній, захисного заземлення, апаратів і приладів вторинної комутації.

Вступ

Пусконаладжувальні роботи при монтажі електроустановок є завершальною частиною процесу будівельно -монтажних робіт. Ці роботи виконують налагоджувальні організації, більшу частину персоналу яких (в окремих випадках до 50 %) складають електромонтаж-ники - наладчики. Вони випробовують ізоляцію і контактні з'єднання електрообладнання, комутаційні апарати, електродвигуни, прилади та апарати вторинних пристроїв, перевіряють правильність монтажу електричних ланцюгів, готують випробувальні схеми для перевірки складних захистів і пристроїв автоматики.

Випереджаюче зростання електроенергетики, необхідне для успішного розвитку всього народного господарства, а отже, і значне збільшення потужності

електроустановок при скороченні термінів введення в експлуатацію окремих об'єктів, підвищені вимоги до надійності і економічності електроустановок, створення якісно нових видів електроустановок, електрообладнання, електромонтажних виробів та електротехнічних матеріалів, широке впровадження засобів автоматики - все це висуває підвищені вимоги до структури налагоджувальних організацій, вдосконалення їх матеріально -технічної бази та забезпечення кваліфікованими кадрами електромонтажників - наладчиків .

Обсяг і зміст пусконалагоджувальних робіт багато в чому визначаються характером електроустановки, що монтується. Якщо на електростанціях і підстанціях велику питому вагу становлять пусконалагоджувальні роботи, пов'язані з випробуванням генераторів, трансформаторів і устаткування розподільчих пристроїв , то на промислових підприємствах значний обсяг складають роботи з налагодження різних електроприводів і електро-технологічного обладнання. Однак незважаючи на велику різноманітність електроустановок і вхідного в них обладнання, можна виділити так звані загальноналагоджувальні роботи, які повинен знати і вміти виконувати кожен кваліфікований електромонтажник-налагоджувальник. До таких робіт відносять виробництво вимірів електричних величин, випробування ізоляції і контактних з'єднань, перевірку тимчасових характеристик, налагодку електричних ланцюгів, випробування електродвигунів, трансформаторів, комутаційних апаратів. Електромонтажник - налагоджувальник повинен мати уявлення про електроустановки та їх монтаж.

1.Основною метою вивчення дисципліни «Налагодження електроустаткування» передбачається вивчення основ організації налагоджувальних робіт, апаратури для виконання пусконалагоджувальних робіт, проведення робіт по випробуванню електро-устаткування, проведення пусконалагоджувальних робіт електроустаткування, налагодження релейного захисту та систем автоматики .

2. Основні поняття та визначення електроустановки

Електроустановками називають установки, в яких виробляється, перетворюється, розподіляється і споживається електроенергія. Електроустановки поділяють за призначенням, родом струму і напрузі .

За призначенням, як це видно з самого визначення, електроустановки поділяють на генеруючі (виробляють електроенергію), споживчі (споживають електроенергію) і перетворювально -розподільні (для передачі, перетворення електроенергії в зручний для споживачів вид і розподілу її між ними).

За родом струму виділяють електроустановки постійного і змінного струму.

По напрузі розрізняють електроустановки напругою до 1000 В і вище 1000 В. Електроустановки напругою до 1000 В зазвичай поділяють на **силові та освітлювальні**.

Електроенергію виробляють електричні генератори, що встановлюються на електричних станціях. Залежно від виду енергії, з якої виробляється електроенергія, електричні станції ділять на дві групи: теплові електростанції (ТЕС) і гідроелектростанції (ГЕС). На потужних районних теплових електростанціях (ДРЕС) виробляється переважно електрична енергія. На них встановлюють потужні агрегати з конденсаційними паровими турбінами, відпрацьований пар в яких

надходить у спеціальні апарати « конденсатори », де він охолоджується і конденсується. Тому такі теплові електростанції прийнято також називати конденсаційними електростанціями (КЕС).

У місцях , де крім електроенергії потрібна велика кількість теплової енергії (промислові центри, окремі великі підприємства), будують теплоелектроцентралі (ТЕЦ). На них встановлюють агрегати з теплофікаційні турбінами, що дозволяють відбирати частину пару для забезпечення споживачів тепловою енергією.

Теплові електростанції можуть працювати на вугіллі, мазуті і газі. В окрему групу виділяють атомні електростанції (АЕС), які використовують ядерне паливо.

Споживчі електроустановки - це безліч приймачів електроенергії, встановлених у споживачів електроенергії. При цьому споживачами електроенергії є всі галузі народного господарства (промисловість , транспорт , сільське господарство та ін.) а також культурно - побутові будівлі, лікарні, наукові установи та навчальні заклади. Приймачі електроенергії різноманітні. До них відносять : електричні двигуни, службовці приводом різноманітного верстатного обладнання та електричного транспорту; електротехнологічний обладнання (зварювальні машини та апарати , електричні печі , електролізери, верстати для електроіскровий обробки металів тощо) ; електропобутові прилади (електричні плити , пылесоси , пральні машини , радіоприймачі , телевізори та ін); електромедичної прилади та апарати (рентгенівські апарати , апарати для електротерапії і електродіагностики та ін); прилади та установки для наукових установ (електронні мікроскопи та осцилографи , радіотелескопи , синхрофазотрони) і, нарешті , безліч різноманітних електричних джерел світла.

Для передачі і розподілу електроенергії служать електричні мережі, що зв'язують електричні станції між собою і з споживачами електроенергії.

У електричні мережі входять лінії електропередачі, розподільні мережі та електропроводки. Лінії електропередачі пов'язують електростанції між собою і з центрами живлення споживачів електроенергії. У розподільних мережах відбувається розподіл електроенергії між окремими споживачами та її перетворення . Тому розподільні мережі характеризуються великою розгалуженістю і включають в себе безліч електричних підстанцій і розподільних пристроїв. На електричних підстанціях здійснюється перетворення електричної енергії по напрузі (підвищення або зниження напруги) або за родом струму (перетворення змінного струму в постійний і навпаки).

Розподільні пристрої (РП) служать для розподілу електроенергії, що проходить через них, між окремими споживачами і містять завжди збірні шини, до яких підводиться живлення з безліччю відгалуженнями для живлення окремих споживачів .

Електропроводки зазвичай використовують для розподілу електроенергії між окремими електроприймачами в установках напругою до 1000 В.

На відміну від інших видів продукції електрична енергія відрізняється єдністю і безперервністю процесів її виробництва, транспортування (передачі) і споживання. Ця відмінність електроенергії визначає і корінні відмінності підприємств, що виробляють та реалізують електроенергію, а також і теплову енергію (оскільки вироблення теплової енергії на ТЕЦ здійснюється в основному тим же обладнанням і в той же час, як і електроенергія).

Основним промисловим підприємством в електроенергетиці є енергетична система (енерго-система), що становить сукупність електростанцій, електричних і

теплових мереж і споживачів електроенергії, пов'язаних між собою в одне ціле спільністю режиму і безперервністю процесу виробництва і розподілу електричної і теплової енергії. Електрична частина енергосистеми називається електричною системою.

Будь яка електроустановка повинна бути керована і, отже, повинна мати крім елементів, що виконують енергетичні функції (виробництво, передача, перетворення і споживання

електроенергії), елементи, що здійснюють інформаційні функції (управління, захист, вимір).

На рис. 1 схематично показано ділянку електричної системи, де зображені основні елементи, необхідні для виробництва, перетворення і передачі електроенергії. Електроенергія, що виробляється на гідроелектростанції 1 по лінії електропередачі 7, передається в місто 8.

Для енергетичних перетворень служить первинне обладнання: гідрогенератор 2, що перетворює механічну енергію в електричну, силовий трансформатор 5, що перетворює електричну енергію в електричну більш високої напруги, що необхідно для передачі її з мінімальними втратами по лінії електропередачі 7, і високовольтний вимикач 4.

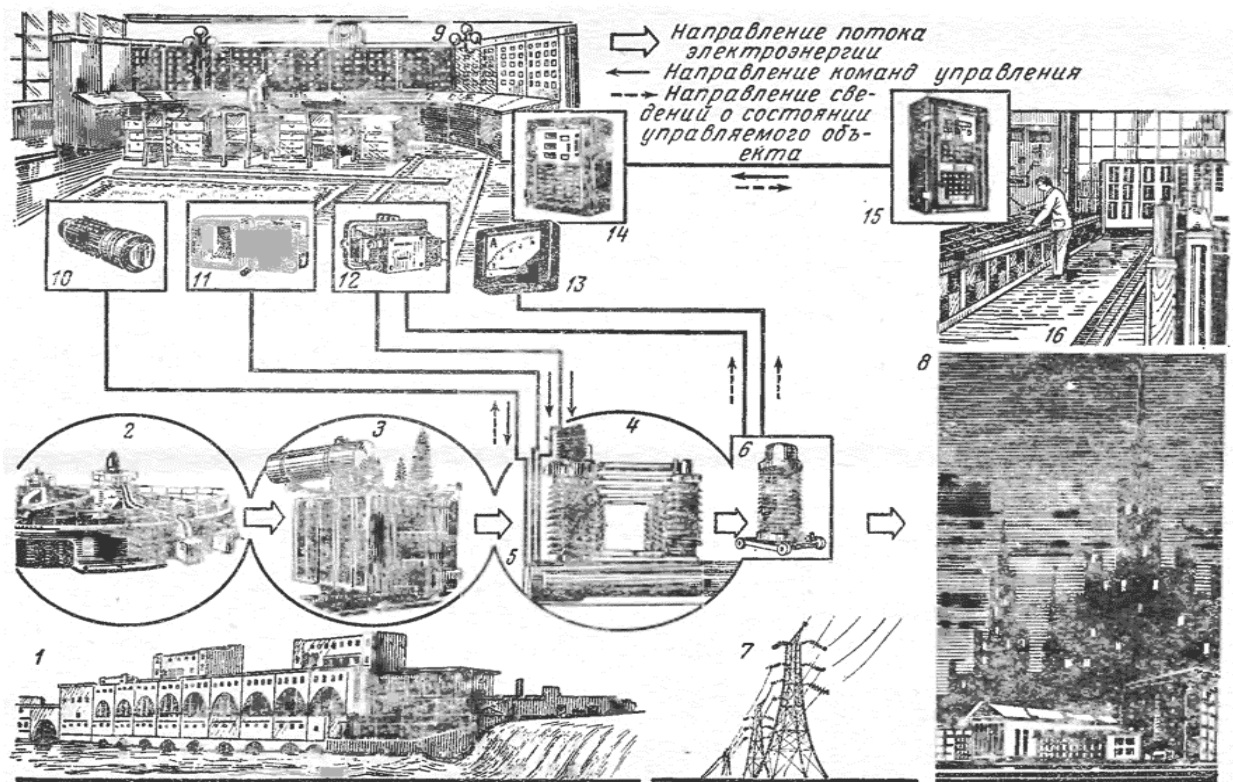


Рис . 1 . Схематичне зображення ділянки електричної системи : 1 – гідроелектростанція, 2 - гідрогенератор, 3 - силовий трансформатор, 4 - вимикач, 5 - привід вимикача, 6 - трансформатор струму, 7 - лінія електропередачі, 8 - місто, 9 - щит управління гідроелектростанції, 10 - ключ управління , 11 - реле автоматизації , 12 - реле захисту, 13 - амперметр, 14 і 15 - пристрої телемеханіки, 16 - диспетчерський щит

Для контролю за станом первинного обладнання та управління ним служать вторинні апарати та прилади: привід високовольтного вимикача 5, пов'язаний з ним кінематично і керований з щита управління дистанційно впливом на ключ управління 10 або автоматично від реле захисту 12 і автоматики 11 , вимірювальний

прилад (амперметр) 13 , підключений до вторинної обмотки трансформатора струму 6 , первинна обмотка якого включена в первинну ланцюг ; пристрій телемеханіки , один полукомплект 14 якого встановлено на щиті управління 9 гідроелектростанції, а інший полукомплект 15 - на диспетчерському щиті 16 .

Всі вторинні прилади і апарати призначені для інформаційних перетворень, входять переважно у вторинні ланцюга, на початку яких знаходиться первинний перетворювач (на малюнку трансформатор струму 6), безпосередньо пов'язаний з первинним ланцюгом і отримує від нього потрібну інформацію, а в кінці - елемент безпосереднього управління (на малюнку привід 5 високовольтного вимикача), через який здійснюється безпосередній вплив на керований первинний ланцюг.

Вимірювальні трансформатори і приводи первинних апаратів територіально розміщують в розподільних пристроях.

Напруги електротехнічних установок

Для забезпечення нормальних умов роботи електроприймачів, їх взаємозамінності, а також узгодження за рівнем напруги всіх ланок електричної системи, починаючи від генераторів електричних станцій і закінчуючи електроприймачами, напруга, на яку виготовляється електротехнічне обладнання, узаконено Державним стандартом (ГОСТ 721 - 62) , згідно з яким встановлені наступні номінальні напруги;

- на затискачах генераторів постійного струму -115 , 230 і 460 В; на затискачах генераторів змінного струму частотою 50 Гц між фазними проводами (лінійна напруга) - 230 , 400 , 690 , 3150 , 6300 , 10500 , 21000 В;

- на затискачах трансформаторів трифазного струму частотою 50 Гц між фазними проводами (лінійна напруга) у первинних обмоток -0,220 ; 0,380 ; 0,660 ; 3 і 3,15 ; 6 і 6,3 ; 10 і 10,5 ; 20 і 21 ; 35 ; 110 ; 150 ; 220 ; 330 ; 500 ; 750 В, у вторинних обмоток - 0,230 ; 0,400 ; 0,690 ; 3,15 і 3,3 ; 6,3 і 6 , 6 ; 10,5 і 11 ; 21 і 22 ; 38 , 5 ; 121 ; 165 ; 242 ; 347 ; 525 ; 787 кВ (напруги 3,15 ; 6,3; 21 кВ для первинних обмоток трансформаторів відносяться до підвищувальних і понижувальних трансформаторів, приєднаних безпосередньо до шин генераторної напруги електростанцій або до виводів генераторів);

- приймачів електроенергії постійного струму - 6 , 12 , 24 , 36 , 48 , 60 , 110 , 220 , 440 В;

- приймачів електроенергії трифазного струму частотою 50 Гц : між фазними проводами (лінійна напруга) -36 , 220 , 380 , 660 , 3000 , 6000 , 10000 , 20000 , 35000 , і 10 000 , 220 000 , 150 000 , 330 000 , 500 000 і 750 000 В; між фазним I нульовим проводом - 127 , 220 , 380 В;

приймачів електричної енергії однофазного струму частотою 50 Гц - 12 , 24 , 36 , 127 , 220 , 380 В.

Лекція № 2

Тема: Задачі і структура налагоджувальної організації. Загальні вимоги, нормативні документи при проведенні пусконаладжувальних робіт.

Мета: Набуття студентами знань з питань задач і структури налагоджувальної організації. Засвоїти загальні вимоги, нормативні документи при проведенні пусконалагоджувальних робіт.

Методи: словесний, наочний.

План:

1 Задачі і структура налагоджувальної організації.

2 Загальні вимоги, нормативні документи при проведенні пусконалагоджувальних робіт.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати, стенди.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст. 69-72

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Загальні вимоги, нормативні документи при проведенні пусконалагоджувальних робіт.

У діючих нормативних документах, таких, як Будівельні норми і правила, до цінників на монтаж обладнання та ін., накладена послідовність виконання окремих етапів монтажних і пусконалагоджувальних робіт, а також регламентовані взаємовідносини сторін при монтажі та налагодженні обладнання.

Так, наприклад, в СНиП ревізія та сушіння електродвигунів, а також збірка їх (після ревізії) виконується електромонтажними організаціями. Як правило, ревізія двигуна здійснюється до його установки. Індивідуальне випробування змонтованого обладнання вхолосту і під навантаженням для встановлення якості монтажу проводиться організацією, що монтує обладнання. Пуск електро-двигуна до часу пробної обкатки вхолосту і під навантаженням, як це передбачено в діючих цінниках на монтаж обладнання, виконує електромонтажна організація спільно з організацією, яка веде монтаж технологічного обладнання.

По закінченні індивідуальних випробувань змонтованого обладнання, які виконуються монтажними організаціями, обладнання приймається робочою комісією для комплексного випробування за актом. З моменту підписання зазначеного акта обладнання вважається прийнятим замовником.

З вищевикладеного випливає, що монтажні роботи закінчуються індивідуальним випробуванням змонтованого обладнання, яке проводить монтажна організація, і вони входять в обсяг монтажу і оплачуються з капіталовкладення.

Пусконалагоджувальні роботи виконує замовник або спеціалізована організація за його дорученням. Пусконалагоджувальні роботи в обсяг монтажу не входять і фінансуються з коштів основної діяльності підприємства- замовника.

Пусконалагоджувальні роботи відрізняються від монтажних за своєю специфікою: технологією, вживаним інструментом, що використовується, оснащенні, матеріалами та кваліфікацією виконавців.

У монтажних роботах переважають складальні, підгоночні, зварювальні та такелажні операції, в пусконалагодженні ж основними роботами є: регулювання та вимірювання параметрів, опробування обладнання па різних режимах, розробка і здійснення організаційно - технічних заходів щодо досягнення його проектної продуктивності.

Для проведення пусконалагоджувальних робіт необхідні складний інструмент і спеціальні прилади. Налагоджувальний персонал (більше 50 %) становлять інженери та техніки.

Пусконалагоджувальні роботи - завершальна частина електромонтажних робіт і має велике значення в загальному комплексі будівництва та монтажу електроустановок .

Правильна організація пусконалагоджувальних робіт сприяє підвищенню якості електромонтажних робіт в цілому і дозволяє прискорити введення в дію змонтованих об'єктів.

Обсяг і номенклатура налагоджувальних робіт і основні технічні вимоги, пропоновані до змонтованих електроустановок, що здаються в експлуатацію, визначаються ПУЕ, де наведено обсяги і норми приймально-здавальних випробувань електрообладнання (надалі «обсяг і норми »).

Весь обсяг налагоджувальних робіт можна розділити на такі основні групи:

- аналіз проектних матеріалів (при розгляді принципів і монтажних схем) та ознайомлення з заводською документацією основного електрообладнання;
- перевірка та випробування електрообладнання до надходження його в монтажну зону;
- перевірка і випробування вторинних приладів і апаратів в лабораторії ;
- перевірка правильності монтажу первинних і вторинних ланцюгів ;
- перевірка і випробування змонтованого електроустаткування;
- поелементне опробування змонтованої електроустановки ;
- комплексне випробування і пускові випробування змонтованої електроустановки ;
- включення змонтованої електроустановки в роботу ;
- оформлення та здавання замовнику технічної документації (виконавчих схем , протоколів випробувань електрообладнання та ін.).

Очевидно, виконання зазначених робіт можна забезпечити спеціалізованою монтажною організацією - налагоджувальних управлінням, що входять до складу монтажного тресту і обслуговує всі монтажні управління цього тресту.

Налагоджувальне управління повинне бути укомплектовано висококваліфікованими фахівцями, включаючи інженерно -технічний склад і спеціально навчених електромонтажників - наладчиків.

Налагоджувальне управління повинне володіти сучасною вимірювальною апаратурою як загального призначення (для вимірювання електричних і магнітних величин, перевірки тимчасових характеристик), так і спеціального (прилади для визначення зволоженості ізоляції електричних машин і трансформаторів, для

відшукування місця ушкодження в кабельних і повітряних лініях електропередачі та ін), а також мати обладнані відповідним чином пересувні лабораторії (в автомобілях , автопричіпах , в деяких випадках у залізничних вагонах).

Слід мати на увазі , що після закінчення всіх електромонтажних робіт терміни простою змонтованого обладнання для проведення відповідних перевірок , випробувань і вимірювань повинні бути скорочені до мінімуму . Необхідно виключити виведення з ладу обладнання в процесі випробувань на цьому останньому етапі.

Для цього налагоджувальне управління повинне бути високоорганізованим підприємством і мати підрозділи, що можуть проводити ретельну підготовку виробництва налагоджувальних робіт з тим, щоб максимальний їх обсяг можна було виконувати в процесі ведення інших електромонтажних робіт і навіть до їх початку.

Крім того, для підвищення оперативності та скорочення числа відряджень більшість ділянок налагоджувального управління необхідно розташовувати безпосередньо в районах діяльності відповідних електромонтажних управлінь і тільки декілька з них, з проведення спеціальних видів налагоджувальних робіт, розміщувати при налагоджувальному управлінні.

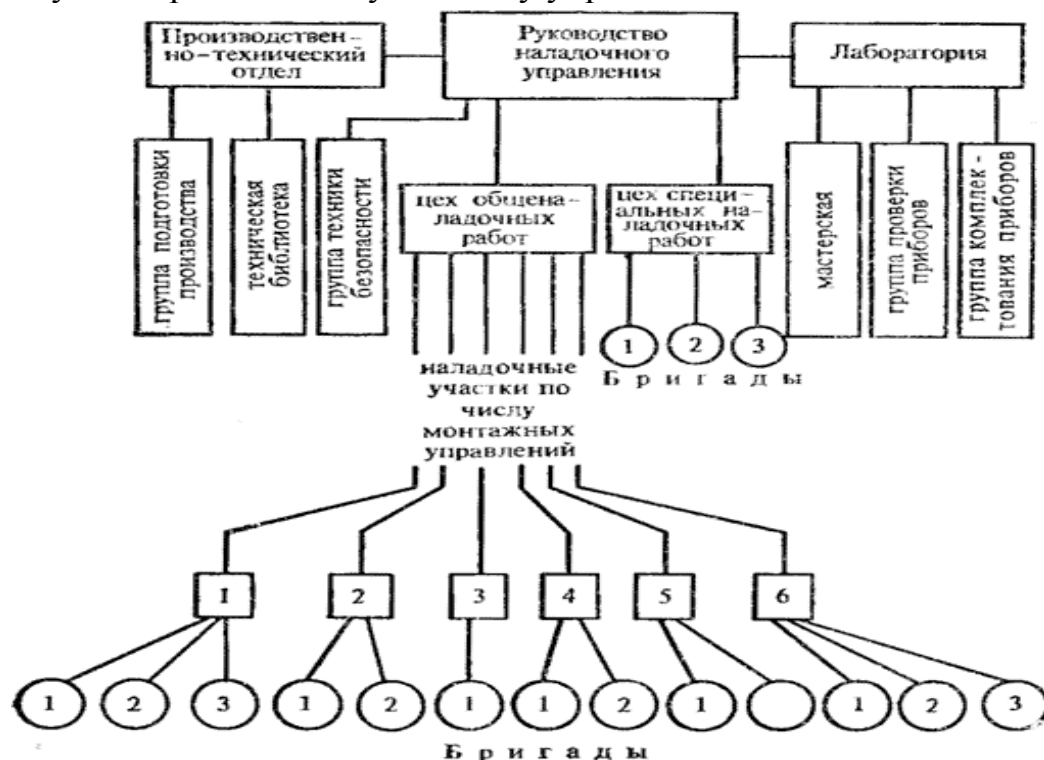


Рис . 77 . Структура налагоджувального управління

Для вирішення зазначених завдань налагоджувальне управління повинне включати (рис. 77) відділи (цехи) загальноналагоджувальних і спеціальних налагоджувальних робіт, виробничо -технічний відділ з групою підготовки виробництва та технічною бібліотекою, лабораторію з майстернею, групами перевірки приладів і реле та комплектування приладів.

Кожна ділянка загальноналагоджувальних робіт, що знаходиться територіально при відповідному електромонтажному управлінні, включає до свого складу кілька бригад з двох -трьох чоловік, очолюваних інженером або техніком. Число бригад та їх склад залежать від обсягу налагоджувальних робіт на об'єктах відповідного монтажного управління, фронту цих робіт та їх характеру.

Відділ (цех) спеціальних налагоджувальних робіт включає ряд бригад, які перебувають звичайно при налагоджувальному управлінні, причому кожна з них призначена для проведення налагоджувальних робіт якогось одного характеру

(налагодження складних електроприводів, складних релейних захистів, крупних електричних машин, пристроїв диспетчерської автоматики і телемеханіки і т. і .).

У лабораторії зберігають і комплектують електровимірвальні прилади для налагоджувальних дільниць і окремих бригад, перевіряють і ремонтують ці прилад , ремонтують випробувальне обладнання та виготовляють необхідні для налагоджувальних робіт пристосування, в ряді випадків спеціальні прилади для окремих специфічних видів вимірювань та випробувань.

Питання для контролю:

- 1.Що входить в об'єм пусконалагоджувальних робіт?
- 2.Як організують пусконалагоджувальні роботи в монтажних управліннях?
- 3.Як обладнується приміщення налагоджувальної дільниці?

Лекція № 3

Тема: Технічні заходи, технічна підготовка персоналу по налагодженню; аналіз електричної частини проекту, технічної документації заводу- виробника, рекламацій, технічних карт.

Мета: Набуття студентами знань з питань технічних заходів, технічної підготовки персоналу по налагодженню. Навчитися робити аналіз електричної частини проекту, технічної документації заводу- виробника, рекламацій, технічних карт.

Методи: словесний, наочний.

План:

- 1.Технічні заходи, технічна підготовка персоналу по налагодженню.
2. Аналіз електричної частини проекту, технічної документації заводу-виробника, рекламацій, технічних карт.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати, стенди.

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст. 58-63

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Організація налагоджувальної ділянки при монтажному управлінні

Налагоджувальні ділянки є основними виробничими одиницями налагоджувального управління, і кожен з них зобов'язаний забезпечувати проведення пусконалагоджувальних робіт на всіх об'єктах, що монтуються монтажним управлінням, при якому він організований.

Тому організації кожного налагоджувального ділянки має бути приділено серйозну увагу з урахуванням факторів, що визначають його діяльність, основними з яких є характер монтованих об'єктів і географічні межі діяльності відповідного монтажного управління. Розглянемо два характерні приклади, коли в одному випадку вмонтовуваним об'єктом є теплова електростанція (ТЕЦ), а в іншому - промислові та цивільні споруди однієї з областей.

ТЕЦ - це великий енергетичний комплекс, зосереджений в одному місці. Для ведення дуже великого обсягу електромонтажних робіт при будівництві ТЕЦ потрібні зусилля ціломонтажного управління. Отже, і географічні межі діяльності цього монтажного управління лежать в межах території, відведеної під ТЕЦ, і найближчих околиць.

У цьому випадку всі підрозділи монтажного управління сконцентровані в одному місці. Тому і відповідна налагоджувальна ділянка налагоджувального управління повинна розташовуватися безпосередньо на споруджуваній ТЕЦ.

Характер монтируемого об'єкта визначає і структуру налагоджувального ділянки. Великими ділянками робіт, які можуть проводитися широким фронтом, є розподільні пристрої (відкрите головне і власних витрат). Тому доцільно мати дві бригади для проведення налагоджувальних робіт на цих ділянках. Кожна з бригад може включати 2-3 ланки.

На теплових електростанціях, особливо пилувугільних, встановлено безліч механізмів для приготування та подачі палива, підготовки та подачі живильної води, різні засувки і заслінки. Ці механізми приводяться в рух електродвигунами, отже, виникає необхідність створення бригади з налагодження електродвигунів власного витрати.

В окремих випадках корисно виділити бригаду з випробування ізоляції електрообладнання розподільних пристроїв і кабельних ліній.

До основного обладнання ТЕЦ відносять синхронні генератори і силові трансформатори. Для їх випробування також зазвичай передбачається бригада з числа працівників налагоджувального ділянки або відряджається бригада з відділу спеціальних налагоджувальних робіт.

У передпусковий і пусковий періоди налагоджувальна ділянка зміцнюють бригадами з налагодження складних релейних захистів і пристроїв системної автоматики цеху спеціальних налагоджувальних робіт.

Нарешті, до складу налагоджувальної ділянки повинна входити група з перевірки електровимірювальних приладів і реле.

Розглянемо другий випадок, коли вмонтовуваними об'єктами є промислові та цивільні споруди однієї з областей.

Монтажне управління, що знаходиться зазвичай в обласному центрі, веде роботи на безлічі об'єктів, розташованих у межах міста та інших містах в районах області, іноді віддалених на десятки або навіть сотні кілометрів від обласного центру і один від одного. Крім того, вкрай різноманітні і монтовані об'єкти: заводи, відносяться до різних галузей промисловості, житлові та культурно-побутові будівлі, міські електромережі і об'єкти міського електротранспорту. Все це позначається і на організації налагоджувального ділянки при такому монтажному

управлінні. Тому виникає необхідність організувати філії налагоджувального ділянки на споруджуваних великих промислових об'єктах.

Великими ділянками робіт є кабельні роботи, монтаж цехових електро-мереж з безліччю цехових підстанцій та розподільчих пунктів, монтаж електричних двигунів для безлічі робочих машин, монтаж цехових підйомно-будівельних засобів (мостові крани, монорейкові крани та ін.). Крім того, часто доводиться монтувати різноманітне електротехнологічне обладнання (електропечі, електрозварювальне обладнання, обладнання гальванічних цехів), а також у ряді випадків обладнання зі складним електроприводом

(прокатні стани, складні верстати з програмним управлінням, агрегатні верстати і автоматичні верстатні лінії).

У зв'язку з цим налагоджувальна дільниця повинна включати бригади з випробування ізоляції електрообладнання та кабельних ліній і володіти пересувними лабораторіями у вигляді автобусів або критих автопричепів, оснащених випробувальними установками і забезпечених комплектом вимірювальних приладів, пристроїв та захисних засобів.

Необхідно мати у складі налагоджувального ділянки також бригади з налагодження електроприводу, наладки розподільних пристроїв і цехових підстанцій

У передпусковий і пусковий періоди при введенні великих промислових об'єктів налагоджувальні ділянки зміцнюють бригадами з відділу спеціальних налагоджувальних робіт з налагодження складного електроприводу, систем автоматики і телемеханіки залежно від характеру спеціальних видів налагоджувальних робіт на даному об'єкті.

Лекція № 4

Тема: Матеріально-технічне оснащення налагоджувальної дільниці

Мета: Набуття студентами знань з питань матеріально-технічного оснащення налагоджувальної дільниці

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Матеріально-технічне оснащення налагоджувальної дільниці.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати, стенди.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст. 76-80

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Матеріально- технічне оснащення налагоджувальної ділянки

Для нормальної організації та виробництва налагоджувальних робіт повинні бути виділені приміщення, в яких можуть зберігатися вимірювальні прилади і дослідницька апаратура, розмішуватися лабораторія для перевірки і регулювання електровимірювальних приладів та апаратури релейного захисту та автоматики, а також ремонтуватися ці прилади і апарати, виконуватися робота з проектною та звітною документацією.

Залежно від обсягу виконуваних електромонтажних робіт і обсягу налагоджувальних робіт загальна площа приміщень, що виділяються для налагоджувальної дільниці, повинна бути від 85 до 150 м² з розрахунку: 15-30 м² - на приміщення для зберігання приладів та випробувальної апаратури; 35-50 м² - на лабораторію для перевірки і регулювання електровимірювальних приладів і апаратури та апаратури релейного захисту та автоматики, а також під майстерню для їх ремонту ; 20-40 м² - на приміщення для роботи з проектною та звітною документацією ; 15 - 30 м² - на всі допоміжні приміщення (для роздягальні, зберігання інструменту, інвентарю та захисних засобів з техніки безпеки тощо).

У приміщеннях для зберігання приладів та випробувальної апаратури необхідно встановити відповідні стелажі, шафи. У приміщенні для роботи з проектною та звітною документацією повинні бути письмові та креслярські столи, спеціальний стіл або відкидна панель для роботи зі схемами і шафи для зберігання документації .

У лабораторії для перевірки і регулювання вимірювальних приладів і апаратури релейного захисту та автоматики повинні бути встановлені стенд для перевірки вимірювальних приладів, стенд для перевірки і регулювання апаратури релейного захисту та автоматики, шафи та стелажі для зберігання вимірювальних приладів і реле (перевірених і що надійшли на перевірку).

Майстерня для ремонту вимірювальних приладів і апаратури релейного захисту та автоматики має бути оснащена: робочими столами для ремонтного персоналу; верстакami з відповідними слюсарним інструментом і верстатним обладнанням (невеликі токарний і свердлильний верстати, намотувальний верстат) і пристосуваннями; шафами і стелажami .

Основою матеріально -технічного оснащення налагоджувальної дільниці є необхідні для пусконалагоджувальних робіт вимірювальні прилади та випробувальне обладнання, а також деякий спеціальний інвентар, пристосування, індивідуальні інструменти і захисні засоби з техніки безпеки.

Налагоджувальній ділянці необхідні наступні прилади та випробувальне обладнання:

- Установа для випробування силового електрообладнання підвищеною напругою постійного і змінного струму, зокрема АИИ -70.

- Апаратура для відшукування місця пошкодження силових кабельних ліній індукційним і акустичним методом.

- Комплект приладів для визначення ступеня зволоженості обмоток електричних машин і трансформаторів.

- Міст для виміру діелектричних втрат в ізоляції в комплекті з трансформатором напруги і зразковим конденсатором.

- Випробувач вторинної комутації .

- Навантажувальні пристрої на струми до 600 і до 2000-3000 А.

- Регульоване джерело постійного струму напругою до 300 В на струм до 100-200 А.

- Акумуляторна батарея ємністю 40-60 А-ч на напругу 6-12 В.

- Лабораторні автотрансформатори на 2 , 9 і 20 А.

- Навантажувальний реостат на напругу 110 / 220 В і струм 100 / 50 А.

- Мегомметри на 500, 1000 і 2500 В, в тому числі з моторною або випрямною приставкою для зняття абсорбційних кривих.

- Реостати ползункові 50-100, 200-500 і 1000-3000 Ом.

- Вимірювач заземлень (наприклад , МС- 08).

- Микроомметр (контактомер) з набором щупів.

- Електронний осцилограф.

- Електро механічний осцилограф.

- Пристосування для зняття віброграм вимикачів.

- Секундомір.

- Електросекундоміри.

- Лабораторні вимірювальні трансформатори струму до 600 і до 2000 А.

- Переносні електровимірювальні прилади для вимірювання сили струму, напруги та потужності постійного і змінного струму класу точності 0,5.

- Ампервольтметр.

- Ламповий вольтметр.

- Гальванометри.

- Електростатичні вольтметри на напругу до 30 кВ.

- Іскровий вольтметр.

- Вольтамперфазоіндикатор.

- Фазорегулятор.

- Малогабаритні мости (наприклад , ММВ).

- Міст постійного струму, одинарний.

- Міст постійного струму, подвійний або одинарний з чотирьох - затискною схемою по типу Р316.

- Пристрій для перевірки простих захистів.

- Частотомір 45-55 Гц.

- Магазин опорів.

- Комплект термопар з милливольтметром.

- Тахометри.

Крім того, необхідне наступне допоміжне обладнання, пристосування та інвентар :

- Телефонні трубки.

- Трансформатори безпеки з переносними світильниками.

- Магніти для закріплення схем на металевих панелях.

- Індикатори низької напруги.

- Показчики напруги понад 1000 В.

- Струмовимірювальні кліщі для установок напругою до 1000 В і вище.

- Щупи, струбцини та інші засоби для підключення проводів від приладів до випробувального обладнання .

- Ізольовані гнучкі провідники різної довжини з наконечниками для складання схем при вимірах і випробуваннях електроустаткування.

- Кабелі в гумовому шлангу з мідними багатодротовими жилами (наприклад ШРПС).

- Переносні складні столи, стільці, платформи.

- Захисні засоби з техніки безпеки.

- Набори ручного електромонтажного інструменту з ізольованими ручками (плоскогубці, викрутки, кусачки, ніж і ін.).

- Набори інструменту для ревізії механічної частини реле і приладів (плоскогубці, викрутки, плоскі і торцеві ключі, пінцети, Вороного, лупи годинникові та ін.).

- Нормальний ліхтарі (батареїні або електродинамічні).

- Пробники для контролю цілості електричних ланцюгів, приладів і апаратів.

- Рубильники і автомати.

Нарешті, кожнаналягоджувальна дільниця повинна бути забезпечена необхідними для ремонту приладів та апаратури релейного захисту та автоматики запасними частинами та матеріалами.

За всіма видами перевірок та випробувань електрообладнання, що зустрічаються при пусконалягоджувальних випробуваннях, повинні бути бланки протоколів, інструкцій і директивні матеріали.

Лекція № 5

Тема: Техніка безпеки при виконанні пусконалягоджувальних робіт.

Мета: Засвоїти особливості техніки безпеки при виконанні пусконалягоджувальних робіт

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Техніка безпеки при виконанні пусконалягоджувальних робіт.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.75-76

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Техніка безпеки при проведенні налагоджувальних робіт

Роботи в електроустановках пов'язані з підвищеною небезпекою для монтажного персоналу і повинні виконуватися за умови суворого дотримання правил техніки безпеки .

При проведенні пусконаладжувальних робіт слід мати на увазі, що наладчикам доводиться перевіряти і випробовувати нове обладнання, не тільки підводячи до нього робочу напруга, а й випробувальну напругу, що значно перевищує робочу. Крім того, треба враховувати, що випробування часто проводять в монтажній зоні, де можуть знаходитися монтажники і будівельники, які не навчені роботам в діючих електроустановках. Нарешті, електромонтажник-налагоджувальник в ряді випадків може перебувати один в діючій електроустановці, наприклад, при продзвінку вторинних ланцюгів, а не в складі бригади.

Тому електромонтажник-налагоджувальник повинен твердо знати загальні та спеціальні правила техніки безпеки, проходити 1 раз на 2 роки медичний огляд, періодично не рідше 1 разу на 3 роки проходити перевірку знань з техніки безпеки в обсязі не нижче IV -V кваліфікаційної групи для електромонтажників - наладчиків 5 - 6 -го розрядів і III кваліфікаційної групи для електромонтажників - наладчиків нижчих розрядів. Крім того, електромонтажник-налагоджувальник повинен вміти користуватися захисними засобами та надавати першу медичну допомогу потерпілому при електричній травмі або інших її видах.

Із загальних правил з техніки безпеки слід пам'ятати наступні :

- робоче місце має бути добре підготовлено, достатньо освітлене, допускати свободу переміщень;

- ями і канави в місцях проходу, а також отвори в міжповерхових перекриттях повинні бути закриті дощатим настилом або огорожені міцними поручнями висотою не менше 1 м;

- при використанні такелажних пристроїв, наприклад для колісок, клітей повинні бути огорожені, щоб уникнути падіння людей, інструменту, приладів, матеріалів;

- електромонтажникам необхідно працювати в касках; роботи на висоті до 2,5 м слід виконувати тільки зі спеціально обладнаних сходів або риштування, а при більшій висоті - з риштувань або спеціальних майданчиків і вище;

- при роботі на висоті прорізи, бічні сторони риштування, переміщення важких випробувальних установок, треба залучати досвідченого такелажника;

- не можна стояти під вантажем, що переміщується кранами або іншими підйомними механізмами;

- обладнуючи робоче місце, слід переконатися, будівельні і монтажні роботи, що виконуються поблизу, не створюють небезпечних обставин;

- забороняється виконувати будь-які випробування, пов'язані з подачею напруги на обладнання, шини, кабелі, повітряні лінії і вторинні кола від будь-якого джерела напруги, навіть від мегаомметра, коли на них працюють люди;

- подавати напругу на випробовуване обладнання або ділянка електроустановки можна тільки з дозволу особи, відповідальної за роботи на цій ділянці, після того, коли всі люди будуть видалені з вказаної ділянки або обладнання і вжиті заходи, що виключають проникнення туди кого-небудь.

Особливої уваги потребує робота в діючих електроустановках, яку нерідко доводиться виконувати наладчикам .

Чинними вважають не тільки установки, що знаходяться повністю або частково під напругою, а й установки, з яких напругу повністю знято, однак може бути подано комутаційними апаратами, а також установки, що мають незамкнений вхід до пристроїв, що під напругою .

Всі налагоджувальні роботи в діючих електроустановках повинні виконуватися тільки за письмовим розпорядженням (поряд) не менше ніж двома особами, одна з яких має IV -V групу з техніки безпеки, а друга не нижче III групи .

Кожна бригада наладчиків на об'єкті, що монтується, повинна мати інвентар та захисні засоби для здійснення технічних заходів з техніки безпеки: діелектричні рукавички; заземлювальні штанги; індикатори напруги; ізолюючі кліщі для запобіжників; захисні окуляри; аптечку; трансформатор безпеки з вторинною напругою 12 В і переносною лампою на цю напругу.

Кожен наладчик повинен твердо знати правила безпеки при роботах в діючих електроустановках напругою до 1000 В; правила користування переносними вимірювальними приладами і правила безпеки при випробуванні устаткування підвищеною напругою.

Роботи експлуатаційного характеру в діючих електроустановках напругою до 1000 В (на збірках, щитах, в колах електродвигунів) можуть вестися без наряду черговим персоналом.

Ремонтні та налагоджувальні роботи можна виконувати тільки за нарядами не менше ніж двома особами, що мають кваліфікацію з техніки безпеки не нижче III групи .

Для попередження подачі напруги на відключені струмопровідні частини, де ведуться роботи, на приводи комутаційних апаратів вивішуються заборонні плакати : «Не вмикати! Працюють люди », а між контактами цих апаратів встановлюють прокладки з ізоляційного матеріалу. Згорілі запобіжники слід замінювати при знятій напрузі.

У пристроях напругою 380 В і нижче, якщо неможливо зняти напругу, допускається робота під напругою, але обов'язково в діелектричних рукавичках і ботах, стоячи на ізолювальній основі або гумовому килимку.

Сусідні струмопровідні частини, що знаходяться під напругою, і заземлення конструкції повинні бути огорожені ширмами з ізоляційного матеріалу, для чого можна використовувати гумові килимки або електрокартон .

Забороняється користуватися напилками, ножівками, металевими метрами та іншими подібними предметами. Працювати потрібно тільки інструментом з ізольованими рукоятками в сорочці з опущеними і застебнутими біля кистей рукавами.

Виконавець робіт, зазначений в наряді, повинен мати кваліфікацію з техніки безпеки не нижче IV групи.

Роботи з налагодження пристроїв вторинної комутації та розподільчому пристрої виконуються за нарядом на загальних підставах.

При роботі в діючих ланцюгах вторинних обмоток трансформаторів струму не можна допускати їх розриву, а в колах трансформаторів напруги - їх закорочення між собою або на землю.

При прозвонці контрольних кабелів одному з працівників дозволяється перебувати в РУ напругою вище 1000 В, якщо він має кваліфікацію не нижче III групи . Особам, перевіряючим вторинні кола, забороняється виконувати будь-які операції первинними комутаційними апаратами.

При користуванні переносними вимірювальними приладами в першу чергу необхідно переконатися в їх справності. Приєднання і від'єднання переносних вимірювальних приладів, додаткових опорів, шунтів і вимірювальних трансформаторів в пристроях вище 1000 В виконують дві особи, одна з яких повинна мати кваліфікацію не нижче IV групи з техніки безпеки, а інша - III групи, причому напругу з первинних ланцюгів має бути знято.

При роботі з трансформаторами напруги спочатку збирають схему приладів на стороні низької напруги, а потім комутаційними апаратами подають напругу до первинної обмотки трансформатора.

Переносні прилади розташовують так, щоб можна було знімати їх показання, не наближаючись до частин, що знаходяться під напругою.

Роботи з виміру опору ізоляції мегаомметром повинні виконуватися не менше ніж двома особами, кваліфікація одного з яких повинна бути не нижче IV групи.

Ділянка електричного кола, опір ізоляції якої потрібно виміряти, повинна бути відключеною і підготовленою відповідно до загальних правил.

Вимірювати опір ізоляції ліній напругою вище 1000 В можна тільки після отримання від відповідальної особи телефонограми (із зворотного перевіркою), яка підтверджує, що другий кінець лінії відключений вимикачем. Забороняється вимірювати опір ізоляції одного ланцюга дволанцюгової лінії при включеному другому ланцюгу.

Кабель перед вимірюванням опору ізоляції після його відключення слід розрядити, для чого гнучкий мідний провідник перерізом не менше 16 мм² одним кінцем приєднують до шини захисного заземлення, а потім за допомогою ізолюючої штанги іншим кінцем дроти по черзі торкаються всіх жил кабелю, що випробовується, знімаючи заряд.

Оскільки після першого дотику відводиться тільки частина заряду, накопиченого в кабелі, цю операцію слід повторити кілька разів, поки при зближенні провідника з жилами кабелю перестане з'являтися видима іскра або клацання, характерне при розряді.

Перед виконанням вимірювань мегаомметром треба виключити можливість випадкового дотику людей до випробувального устаткування, виводів мегаомметра і проводів, що йдуть від мегаомметра.

Проводи від мегаомметра повинні бути гнучкими, мати хорошу ізоляцію і наконечники з ізольованими ручками.

При вимірах мегаомметр і дроти від нього треба розташувати так, щоб виключити можливість випадкового дотику працюючого і проводів від мегаомметра до частин електроустановки, що під напругою. Частини електроустановки вище 1000 В, що знаходяться під напругою, повинні бути надійно огорожені.

При перевірці ізоляції кабелю протилежний кінець його повинен бути надійно огорожений, а при необхідності призначають спостерігача, який не повинен допускати наближення людей до випробувального кабелю.

Випробовувати силове обладнання підвищеною напругою можуть спеціально навчені наладчики (не менше двох), один з яких (виконавець робіт) повинен мати кваліфікацію не нижче IV групи, а другий - не нижче III.

Місце випробування, а також струмоведучі частини, до яких буде підводитися випробувальна напруга, повинні бути огорожені, а при необхідності - виставлені спостерігачі.

При збиранні випробувальної схеми для подачі напруги слід використовувати вимикач з видимим розривом. На час випробування біля вимикача потрібно поставити одного з членів бригади, який буде включати і відключати його за вказівкою керівника. Корпуси випробувального обладнання повинні бути надійно заземлені.

Перед подачею випробувальної напруги попереджають всіх членів бригади словами «подаю напруга», а потім подають її. Після цього забороняється вносити які-небудь зміни в випробувальну схему, проникати в зону випробування і навіть наближатися до неї.

При випробуванні ліній (кабельних і повітряних) додатково передбачаються такі ж заходи безпеки, як і при вимірюванні опорів ізоляції мегаомметром.

Випробувати двигун з приводним механізмом необхідно в присутності представника організації, яка монтує зазначений механізм. Перед випробуванням повинні бути перевірені всі елементи, що діють на відключення двигуна, в тому числі кнопки аварійного відключення, що знаходяться поблизу двигуна, а також захисні огорожі і зв'язок корпусу електродвигуна з контуром захисного заземлення. Попередньо слід перевірити обертання електродвигуна вручну, краном або валопроворотним механізмом (якщо він є) і переконатися у відсутності заїдання, тільки після цього за вказівкою представника організації, монтують електро-двигун з приводним механізмом, включають і відключають.

Контрольні питання:

Що входить в обсяг пусконаладжувальних робіт?

Як організуються пусконаладжувальні роботи в монтажних управліннях?

Як має бути обладнано приміщення налагоджувальної дільниці?

Які прилади, апарати і пристосування використовують на налагоджувальній дільниці?

Як оцінюють стан електрообладнання (основні критерії)?

Перерахуйте основні заходи з техніки безпеки при виконанні пусконаладжувальних робіт.

Які захисні засоби застосовують на налагоджувальному ділянці?

Лекція № 6

Тема: Вибір вимірювальних приладів і вимірювальні ними електричні кола.

Мета: Сформулювати у студентів поняття, уявлення з питань вибору вимірювальних приладів. Засвоїти особливості вимірювань в електричних колах.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вибір вимірювальних приладів.
2. Вимірювальні ними електричні кола.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.80-82

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Характеристика електровимірювальних приладів для вимірювання сили струму, напруги та потужності.

Магнітоелектричні прилади застосовують для вимірювань у колах постійного струму. Вони надійні в роботі, дозволяють отримувати вимірювання з великою точністю, мають рівномірну шкалу, не схильні до впливу магнітних полів і коливань температури навколишнього повітря. На основі цих приладів виготовляють прилади, призначені для вимірювання у колах змінного струму, забезпечуючи їх випрямлячами або термоперетворювачами. Магнітоелектричні прилади широко використовують при налагоджувальних роботах, що не вимагають високої точності вимірювання, при спеціальних видах налагоджувальних робіт, пов'язаних з визначенням параметрів окремих видів обладнання, а також при перевірці інших електровимірювальних приладів, для яких потрібна підвищена точність вимірювання. Для розширення меж вимірювання сили постійного струму застосовують шунти. Послідовно з навантаженням H включають шунт, а вже до нього підключають амперметр (рис. 1а).

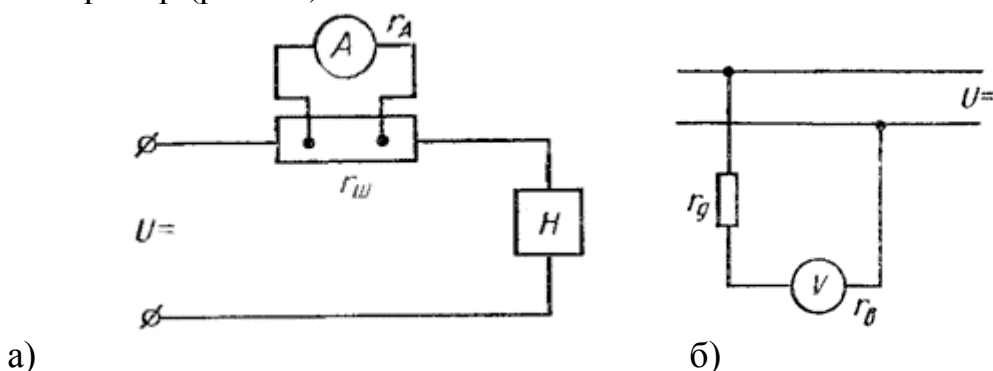


Рис. 1. Схема включення: а) амперметра з шунтом, б) вольтметра з добавочним резистором

Очевидно, знаючи опір шунта $r_{ш}$, опір обмотки приладу r_A , можна визначити коефіцієнт, що показує у скільки разів можливо розширити межу вимірювання по струму із співвідношення

$$K = \frac{r_A}{r_{ш}} + 1.$$

Якщо ж відомі коефіцієнт K і опір обмотки приладу, можна, користуючись тим же співвідношенням, визначити опір шунта. Наприклад, потрібно за допомогою міліамперметра на 50mA , опір обмотки якого 10 Ом , виміряти струм в 1 A . Коефіцієнт $K = 1/0,05 = 20$, $K - 1 = 20 - 1 = 19$,

$$r_{ш} = \frac{10}{19} = 0,526 \text{ Ом.}$$

Для розширення меж вимірювання вольтметрів на постійному струмі застосовують додаткові резистори (рис.16). Якщо вольтметр без додаткового резистора розрахований на вимірювання напруги до U (В) та має опір R_v (Ом), то для вимірювання напруги в K разів більшої необхідно, щоб загальний опір обмотки вольтметра та додаткового резистора був також в K разів більше опору обмотки вольтметра. Промисловістю випускаються різні шунти та додаткові резистори для розширення меж вимірювання приладів постійного струму. **Електромагнітні прилади** використовують переважно для вимірювання у колах змінного струму. Вони надійні в експлуатації, прості по конструкції і недорогі, а також дозволяють проводити вимірювання при виконанні більшості налагоджувальних робіт з достатньою точністю. Однак для спеціальних налагоджувальних робіт, пов'язаних з визначенням точних параметрів окремих видів обладнання, а також для перевірок інших вимірювальних приладів, при яких потрібна підвищена точність вимірювання, електромагнітні прилади не застосовують.

Прилади Э59 електромагнітної системи класу точності 0,5, мають шкалу з дзеркальним відліком, випускаються для вимірювання напруги (вольтметри Э59/1, Э59/2 і Э59/10) і сили струму (амперметри Э59/3, Э59/4, Э59/5, Э59/6 і міліамперметри Э59/7, Э59/8, Э59/9). Нормальна область частот 45-55 Гц. Вольтметр Э59/10 забезпечений каліброваними провідниками із загальним опором 0,035 Ом. Межі виміру в цьому приладі змінюються підключенням каліброваних провідників до відповідних затискачів.

Електродинамічні прилади використовують при налагоджувальних роботах рідше, ніж прилади магнітоелектричної та електромагнітної систем, оскільки вони, маючи слабе внутрішнє магнітне поле, при роботі схильні до впливу зовнішніх магнітних полів і спожи-вають значну потужність. Однак ці прилади придатні для вимірювання сили струму, напруги та, що особливо важливо, потужності в колах постійного та змінного струму. Корисний для проведення пусконалагоджувальних робіт універсальний електродинамічний ампервольт-ваттметр Д552 класу точності 0,5, має вбудований трансформатор струму і наступні межі виміру: по струму 0,1-0,25-0,5-1-2,5-5-10-25-50 А, по напрузі 100 - 150-300-450-600 та відповідно 45 меж вимірювання потужності. Номінальна область частот 45-500 Гц.

Для вимірювання потужності при налагоджувальних роботах застосовують феродинамічні ватметри Д539 (однофазні) і Д571 (трифазні двоелементні). Сталевий магнітопровід у вимірювальному механізмі дозволяє створити більш сильне внутрішнє магнітне поле і, отже, зменшити вплив зовнішніх магнітних полів на результати вимірювань.

Зручні при проведенні пусконалагоджувальних робіт вимірювальні комплекти, що дозволяють одночасно вимірювати силу струму, напругу та потужність, наприклад при вимірюваннях завантаження електродвигунів. Вимірювальний комплект К50, що представляє собою набір електровимірювальних приладів, змонтованих на загальній панелі і вбудованих в металевий корпус зі знімною кришкою, забезпечений окремим блоком трансформаторів струму ТТ1. Габарити блоку трансформаторів струму 330x110x290 мм, маса 8,2 кг На панелі комплексу К50 встановлені амперметр і вольтметр Э59, однофазний ватметр Д539, вбудований трансформатор струму на первинні струми 1-50 А, фазопоказник ФУ, перемикачі (П4 - для перемикання фаз, П1 - меж вимірювання по струму, П3 - меж

вимірювання за напругою і П2 - для перемикання полярності ватметра) та вивідні затискачі. Межі вимірювання по струму 1-2,5-5-10-25-50-100-• 250-500-600 А, по напрузі 150-300-450-600 та відповідно 40 меж вимірювання потужності. Опір та індуктивність послідовного кола в межах 1-2,5-5 - 10-25 і 50 А відповідно 1-0,2-0,05-0,02-0,01-0,006 Ом і 0,35-0,07-0,02-0,006-0,002 і 0,001 мГ. Опір паралельних кілв межах вимірювання за напругою 150-300 - 450 і 600 В відповідно для комплекту 14 286, 28 571, 42 857, 57 143 Ом і окремо для ватметра 50000, 100000, 150000, 200 000 Ом, а для вольтметра 20000, 40000, 60 000-80 000 Ом.

Принципи вибору вимірювальних приладів для проведення вимірювання електричних величин

Вимірювальні прилади залежно від їх призначення , сфери застосування і умов роботи повинні вибиратися за такими основними принципами:

- 1) повинна існувати можливість вимірювання досліджуваної фізичної величини;
- 2) межі виміру приладу повинні охоплювати всі можливі значення вимірюваної величини. При великому діапазоні змін останньої доцільно використовувати багатограничні прилади ;
- 3) вимірювальний прилад повинен забезпечувати необхідну точність вимірювань.

Тому слід звернути увагу не тільки на клас обираного вимірювального приладу , але і на фактори , що впливають на додаткову погрішність вимірів: несинусоїдальність струмів і напруг , відхилення положення приладу при установці його в положення, відмінне від нормального , вплив зовнішніх магнітних і електричних полів і т. п.;

4 при проведенні деяких вимірювань важливу роль відіграють економічність (споживання) вимірювального приладу, його маса, габарити, розташування органів управління, рівномірність шкали, можливість зчитування показань безпосередньо за шкалою, швидкодія та ін.;

5) підключення приладу не повинно істотно впливати на роботу досліджуваного пристрою, тому при виборі приладів слід враховувати їх внутрішній опір. При включенні вимірювального приладу в узгоджені ланцюги вхідні або вихідні опори повинні бути необхідного номінального значення;

6) прилад повинен задовольняти загальним технічним вимогам техніки безпеки при проведенні вимірювань, встановлюваними ДБН, а також технічним умовам або приватним стандартам;

7) не допускається використовувати прилади з явними дефектами вимірювальної системи, корпусу і т. д ; із закінченим терміном перевірки; нестандартні або не атестовані відомчою метрологічною службою, що не відповідають по класу ізоляції напругою, на яку підключається прилад.

Точність вимірювань залежить від методу вимірювань і класу точності обраних приладів. Клас точності приладу визначається його похибкою. Відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини називають похибкою вимірювання .

За принципом дії прилади поділяються на електромагнітні (позначення на шкалі - Е), поляризовані, магнітоелектричні (М), електродинамічні (Д), феродинамічні, індукційні , магнітоіндукційні , електростатичні , вібраційні , теплові , біметалеві, випрямні, термоелектричні (Т), електронні (Ф). На шкалі приладу зображуються умовні позначення, що класифікують похибку та умови вимірювань.

ДБН передбачає наступні класи точності електровимірювальних приладів - 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0, 1,5, 2,5; 4,0; для шунтів і додаткових резисторів до приладів - 0, 02; 0,05 ; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0. Практично при оцінці стану обладнання використовуються прилади класу точності 0,5-2,5 , для перевірки приладів - 0,02-0,2 .

Лекція № 7

Тема: Вимірювання напруги і струму в колах постійного і змінного струму, в колах однофазного і трифазного струму.

Мета: Оволодіти знаннями що до вимірювання напруги і струму в колах постійного і змінного струму, в колах однофазного і трифазного струму.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання напруги і струму в колах постійного і змінного струму.
2. Вимірювання напруги і струму в колах однофазного і трифазного струму.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.83-88

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Як виміряти змінний струм і напругу

Вимірювання змінного струму і напруги може проводитися безпосередньо вимірювальними приладами будь-якого принципу дії, за винятком магнітоелектричного. Магнітоелектричні прилади можуть бути використані після перетворення змінного струму в постійний.

Прилади різного принципу дії мають свої переваги і недоліки , різні частотні і температурні діапазони , різну чутливість до перешкод і механічних впливів та ін Знання цих параметрів необхідно для правильного вибору вимірювального приладу .

Для розширення меж вимірювання змінної напруги замість активних додаткових опорів іноді застосовують ємнісні .

Вимірювальна напруга U створює в конденсаторі струм $I = j\omega CU$, який може бути визначений амперметром електромагнітної системи. Однак при наявності вищих гармонік порушується пряма пропорційність між струмом і напругою, тому

замість додаткового конденсатора беруть ємнісний дільник, а вимір роблять електростатичним, ламповим або цифровим вольтметром.

При безпосередньому включенні вимірювального приладу повинні дотримуватися ті ж вимоги, що і при вимірюванні постійного струму і напруги.

Для вимірювання великих змінних струмів і напруг часто використовують вимірювальні трансформатори струму і напруги. Трансформатори напруги підключають паралельно вимірюваного ланцюга, і працюють вони в режимі, близькому до холостого ходу, трансформатори струму включають послідовно в вимірювальну ланцюг, і працюють вони в режимі, близькому до короткого замикання .

При вимірюванні за допомогою трансформаторів струму і напруги повинні бути виконані наступні **вимоги**:

1) номінальна напруга первинної обмотки трансформатора струму (напруги) повинна бути не менше напруги в вимірюваній ланцюга;

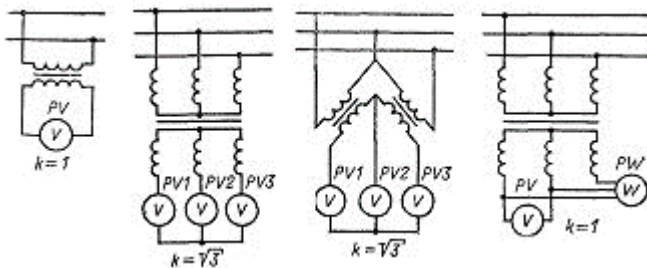
2) номінальний струм I_n (напруга U_n) вимірювального приладу повинен бути не менше номінального струму I_{2n} (напруга U_{2n}) вторинної обмотки трансформатора; зазвичай вони збігаються.

Перерахункових коефіцієнт приладу :

$$k_s = \frac{I_{1n}}{N}; k_u = \frac{U_{1n}}{N} k$$

де I_n (U_n) - номінальний струм (напруга) первинної обмотки трансформатора струму (напруги); k - коефіцієнт схеми; N - максимальне показання за шкалою приладу. Для випадків $I_n = I_{2n}$ або $U_n = U_{2n}$

Значення коефіцієнта схеми для різних схем приєднання вимірювальних приладів до трансформаторів напруги наведені на рисунку.



3) номінальна навантаження трансформатора в прийнятому класі точності повинна бути не менше навантаження, що підключається до трансформатора. Номінальний опір навантаження, для трансформатора струму найбільший, а для трансформатора напруги - найменший, вказуються в паспорті на трансформатор і визначають той опір, який можна включити у вторинну обмотку трансформатора без збільшення похибки вище допустимої.

4) при роботі з фазочутливими приладами необхідно стежити за порядком включення обмоток трансформатора. Зміна порядку тягне за собою поворот відповідного вектора на 180° .

Як виміряти постійний струм і напругу

Вимірювання постійного струму і напруги найчастіше проводиться щитовими приладами магнітоелектричної, а при вимірюванні високих напруг – електро-статичної та іонної систем. Іноді застосовують прилади електромагнітної, електродинамічної і феродинамічної систем, вони значно поступаються приладам магнітоелектричної системи щодо точності, чутливості, споживаної потужності, мають нерівномірну шкалу, чутливі до впливу зовнішніх магнітних полів. Для проведення точних вимірювань все більше застосування знаходять цифрові вольтметри, амперметри та комбіновані прилади, що володіють великою швидкістю і малою похибкою вимірювання (0,01-0,1 %).

Найпростішим способом вимірювання струму та напруги є безпосереднє включення приладів в ланцюг, можливе при виконанні умов :

- 1) максимальна межа вимірювання амперметра (вольтметра) не менш максимального струму (напруги) в ланцюзі;
- 2) номінальна напруга амперметра не менше номінальної напруги мережі;
- 3) опір амперметра R_a набагато менше, а опір вольтметра набагато більше опору вимірюваного ланцюга R_n , значний опір амперметра знижує струм в ланцюзі при його включенні на величину

$$\Delta I = \frac{U_c}{R_n} - \frac{U_c}{R_n + R_a};$$

- 4) дотримання полярності включення приладів.

Для розширення меж вимірювання приладів використовують перетворювачі у вигляді вимірювальних шунтів, додаткових опорів, дільників напруги, вимірювальних трансформаторів і вимірювальних підсилювачів. Шунт являє собою опір, що включається паралельно вимірювальному приладу в ланцюг вимірюваного струму. Шунти на струми до 50-100 А зазвичай встановлюють всередині приладу. Для великих струмів застосовують зовнішні шунти, що мають струмові затискачі для включення в ланцюг вимірюваного струму і потенційні затиски для підключення вимірювального приладу. З метою уніфікації вимірювальних приладів шунти виготовляють за ГОСТ 8042-78. Клас точності шунтів 0,05-0,5 .

Підключивши до шунта мілівольтметр з межею вимірювання, що відповідає номінальному падінню напруги на шунті, отримаємо відповідність повної шкали приладу номінальному струму шунта.

Вимірний струм:

$$I = I_n \frac{U}{U_n},$$

де I_n , U_n - номінальні струм шунта і падіння напруги на шунті; U - показання мілівольтметра .

Для розширення меж вимірювання вольтметрів послідовно з вимірювальним приладом включають додатковий опір R_d .

Вимірювана напруга:

$$U = U_n \left(\frac{R_d}{R} + 1 \right) = U_n P,$$

де $P = R_d / R_v + 1$ - коефіцієнт розширення межі вимірювання приладу; U_v - показання вольтметра; R_v - вхідний опір вольтметра.

Додаткові опори можуть бути як внутрішні (поміщені в корпус приладу), так і зовнішні для вимірювання напруг понад 500 В.

Номинальні струми додаткових опорів стандартизовані ГОСТ 8623-78 при номінальному падінні напруги на них. Основна похибка додаткових опорів

$\pm (0,1-0,5) \%$. Для розширення меж вимірювання приладів з високим вхідним опором використовують подільники напруги з фіксованим коефіцієнтом ділення, зазвичай кратним 10. В установках високої напруги електропередач постійного струму і в сільноточних ланцюгах можуть бути використані крім зазначених перетворювачів вимірювальні трансформатори постійного струму.

Лекція № 8

Тема: Вимірювання потужності електричної енергії в електричних колах змінного струму.

Мета: Оволодіти знаннями що до вимірювання потужності електричної енергії в електричних колах змінного струму.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання потужності електричної енергії в електричних колах змінного струму.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.92-99

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Як виміряти потужність в ланцюзі трифазного змінного струму

Потужність в ланцюзі трифазного струму може бути виміряна за допомогою одного, двох і трьох ватметрів. Метод одного приладу застосовують в трифазній симетричній системі. Активна потужність всієї системи дорівнює потроєною потужності споживання по одній з фаз.

При з'єднанні навантаження зіркою з доступною нульовою точкою або якщо при з'єднанні навантаження трикутником є можливість включити обмотку ваттметра послідовно з навантаженням, можна використовувати схеми включення, показані на рис. 1.

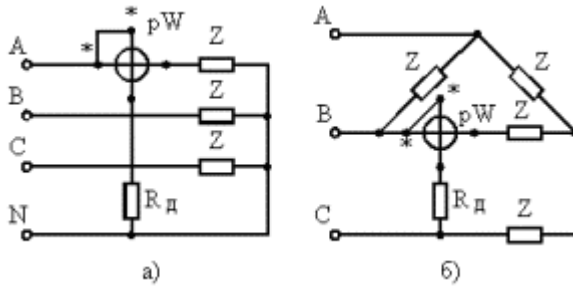


Рис . 1 Схеми вимірювання потужності трифазного змінного струму при з'єднанні навантажень а - за схемою зірки з доступною нульовою точкою, б - за схемою трикутника за допомогою одного ваттметра

Якщо навантаження з'єднане зіркою з недоступною нульовою точкою або трикутником, то можна застосувати схему з штучної нульовою точкою (рис. 2). У цьому разі опорів повинні бути рівні $R_{вт} + R_a = R_b = R_c$.

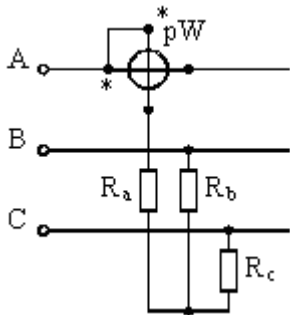


Рис 2 . Схема вимірювання потужності трифазного змінного струму одним ваттметром з штучної нульовою точкою

Для вимірювання реактивної потужності струмові кінці ваттметра включають між фазами, а кінці обмотки напруги - на дві інші фази (рис. 3). Повна реактивна потужність визначається множенням показів ваттметра на корінь з трьох. (Навіть при незначній асиметрії фаз застосування даного методу дає значну похибку).

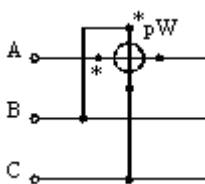


Рис . 3 . Схема вимірювання реактивної потужності трифазного змінного струму одним ваттметром

Методом двох приладів можна користуватися при симетричному і несиметричному навантаженні фаз. Три рівноцінних варіанту включення ватметрів для вимірювання активної потужності показані на рис. 4 . Активна потужність визначається як сума показань ватметрів.

При вимірі реактивної потужності можна застосовувати схему рис. 5, а з штучної нульовою точкою. Для створення нульової точки необхідно виконати умову рівності опорів обмоток напруг ватметрів і резистора R. Реактивна потужність обчислюється за формулою

$$Q = \sqrt{3(P_1 + P_2)}, \text{ де } P_1 \text{ і } P_2 - \text{свідчення ватметрів.}$$

З цієї ж формулою можна обчислити реактивну потужність при рівномірному завантаженні фаз і з'єднанні ватметрів за схемою рис. 4. Гідність цього способу в тому, що за однією і тією ж схемою можна визначити активну й реактивну потужності. При рівномірному завантаженні фаз реактивна потужність може бути виміряна за схемою рис. 5, б.

Метод трьох приладів застосовується при будь-якому навантаженні фаз. Активна потужність може бути заміряна за схемою рис. 6. Потужність всього ланцюга визначається підсумовуванням показань всіх ватметрів.

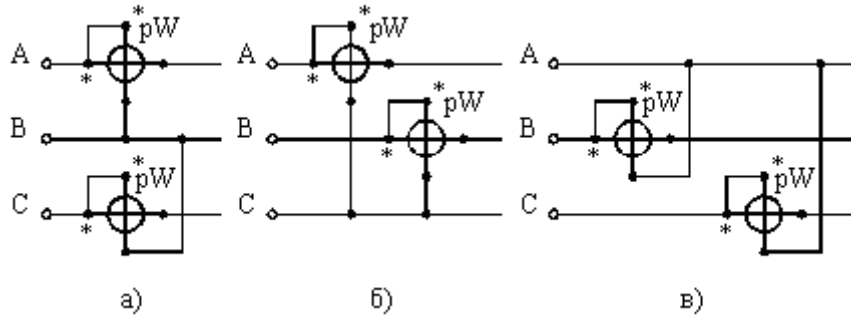


Рис. 4. Схеми вимірювання активної потужності трифазного змінного струму двома ватметрами а - струмові обмотки включені у фази А і С; б - у фази А і В; в - у фази В і С

Реактивна потужність для трьох-і чотирьохпровідної мережі вимірюється за схемою рис. 7 і обчислюється за формулою

$$Q = \frac{P_A + P_B + P_C}{\sqrt{3}},$$

де P_A, P_B, P_C - свідчення ватметрів, включених до фази А, В, С.

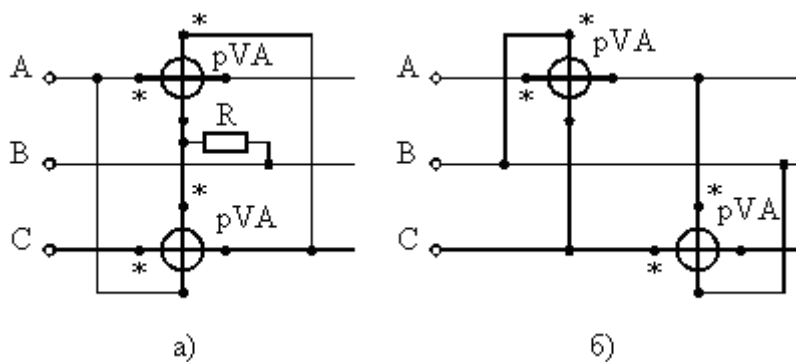


Рис. 5. Схеми вимірювання реактивної потужності трифазного змінного струму двома ватметрами

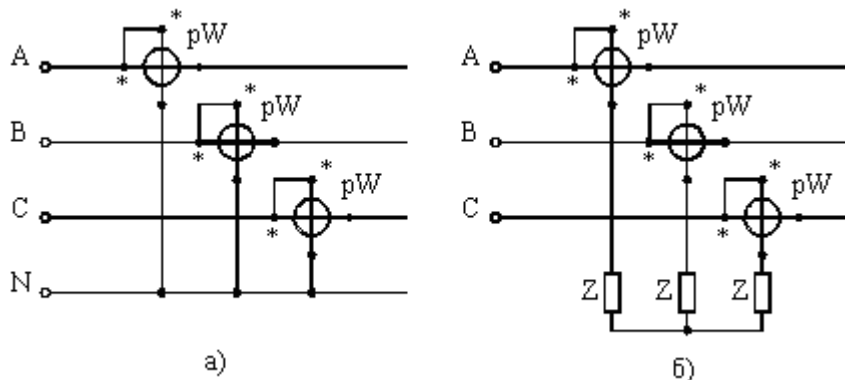


Рис. 6. Схеми вимірювання активної потужності трифазного змінного струму трьома ватметрами а - за наявності нульового проводу; б - з штучної нульовою точкою

На практиці зазвичай застосовують одно-, дво- і трьохелементні трифазні ватметри відповідно методу вимірювання. Щоб розширити межу вимірювання, можна застосувати всі зазначені схеми при підключенні ватметрів через вимірювальні трансформатори струму і напруги. На рис. 8 як приклад показана схема вимірювання потужності за методом двох приладів при включенні їх через вимірювальні трансформатори струму і напруги.

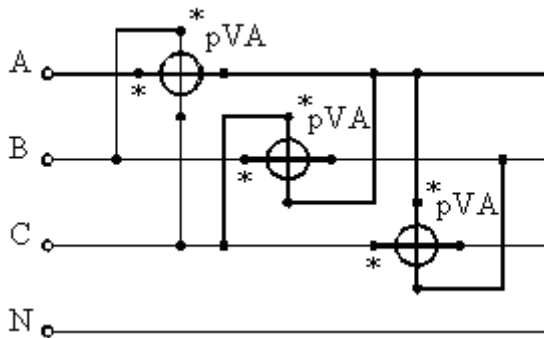


Рис . 7 . Схеми вимірювання реактивної потужності трьома ватметри

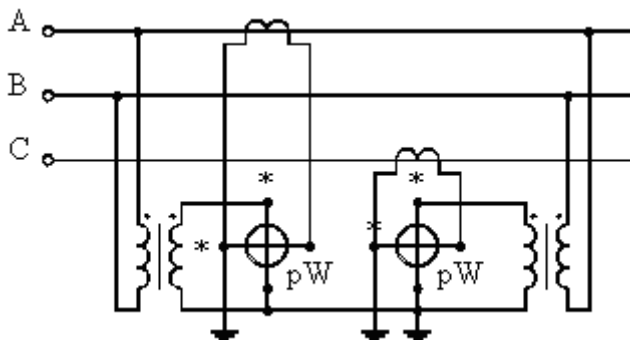


Рис . 8 . Схеми включення ватметрів через вимірювальні трансформатори .

Лекція № 9

Тема: Вимірювання опору в колах постійного струму.

Мета: Набуття студентами знань з питань вимірювання опору в колах постійного струму

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання опору в колах постійного струму.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.99-111

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Як виміряти електричний опір постійному струму

Вибір методу вимірювань залежить від очікуваного значення вимірюваного опору і необхідної точності . Основними методами вимірювання опорів постійному струму є непрямий , метод безпосередньої оцінки і бруківці.

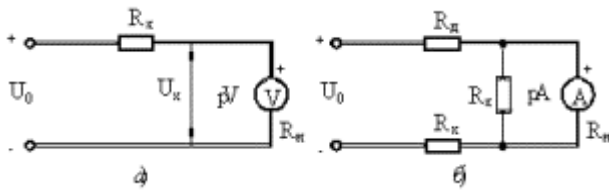


Рис. 1 . Схеми пробників для вимірювання великих (а) і малих (б) опорів

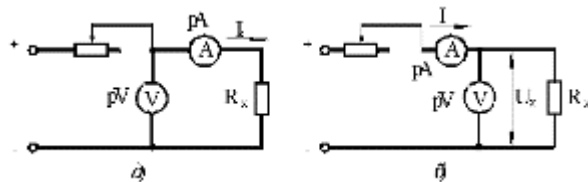


Рис. 2 . Схеми вимірювання великих (а) і малих (б) опорів методом амперметра - вольтметра В основних схемах непрямого методу застосовують вимірювачі напруги та струму.

На рисунку 1 , а представлена схема , придатна для вимірювання опорів одного порядку зі входним опором R_v вольтметра R_n . Вимірявши при короткозамкненому R_x напруга U_0 , опір R_x визначають за формулою $R_x = R_n (U_0/U_x - 1)$.

При вимірі за схемою рис. 5.1 , б резистори великого опору включають послідовно з вимірником , а малого - паралельно.

Для першого випадку $R_x = (R_n + R_d) (I_i/I_x - 1)$, де I та I_x - струм через вимірювач при короткозамкненому R_x ; для другого випадку

$$R_x = \frac{R_n R_x}{R_n + R_x} (I_i/I_x - 1),$$

де I та I_x - струм через вимірювач за відсутності R_x , R_d - додатковий резистор.

Більш універсальний метод амперметра - вольтметра , що дозволяє вимірювати опору при певних режимах їх роботи , що важливо при вимірюванні нелінійних опорів (див. рис. 2) .

Для схеми рис. 2 , а

$$R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U_x + U_n}{I_x} = R_x + R_n.$$

Відносна методична похибка вимірювання :

$$\delta = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_x}{R_x}$$

Для схеми рис. 2 , б

$$R'_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U_x}{I_x + I_z} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_z}}$$

Відносна методична похибка вимірювання :

$$\delta = - \frac{R_x}{R_z + R_x};$$

R_a і R_b - опору амперметра і вольтметра.

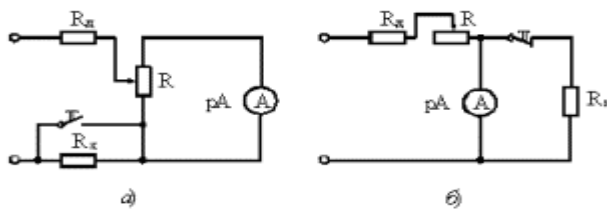


Рис . 3 . Схеми омметрів з послідовною (а) і паралельної (б) схемами вимірювання

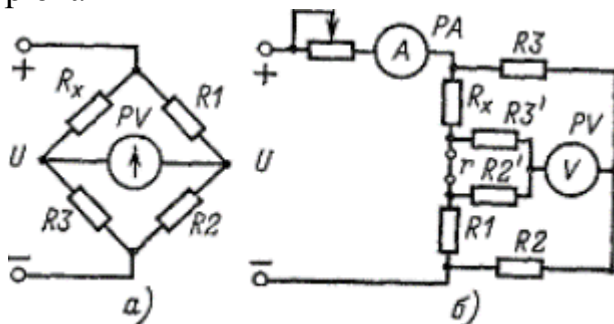


Рис . 4 . Мостові схеми вимірювання опорів : а - одинарний міст , б - подвійний.

З виразів для відносної похибки видно , що схема на рис. 2 , а забезпечує меншу похибку при вимірюванні великих опорів , а схема на рис. 2 , б - при вимірюванні малих .

Похибка вимірювання за методом амперметра - вольтметра розраховується за формулою

$$\delta_x = \gamma_z \frac{U_z}{U_x} + \gamma_a \frac{I_z}{I_x},$$

де γ_v , γ_a - класи точності вольтметра і амперметра ; U_z , I_z - межі вимірювань вольтметра і амперметра .

Безпосереднє вимірювання опорів постійному струму виконується омметрами . Якщо значення опорів більше 1 Ом , застосовують омметри з послідовною схемою вимірювання , а для вимірювання малих опорів - з паралельною схемою . При користуванні омметром з метою компенсації зміни напруги живлення необхідно зробити установку стрілки приладу . Для послідовної схеми стрілка встановлюється на нуль при шунтуванні вимірюваному опорів . (Шунтування проводиться , як правило , спеціально передбаченої в приладі кнопкою) . Для паралельної схеми перед початком вимірювання стрілку встановлюють на відмітку " ∞ " .

Щоб охопити діапазон малих і великих опорів , будують омметри по паралельно- послідовній схемі . У цьому випадку є дві шкали відліку R_x .

Найбільш висока точність може бути досягнута при використанні мостового методу вимірювання . Середні опорів (10 Ом - 1 МОм) вимірюють за допомогою одинарного моста , а малі - за допомогою подвійного .

Вимірюється опір R_x включають в одне з плечей моста , діагоналі якого підключають відповідно до джерела живлення і нуль- індикатору ; в якості останнього можуть бути використані гальвано - метр , мікроамперметр з нулем посередині шкали та ін.

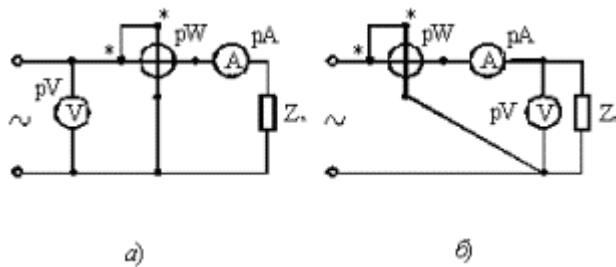


Рис 5 . Схеми вимірювання великих (а) і малих (б) опорів змінному струму
Умова рівноваги обох мостів визначається виразом

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Плечі R_1 і R_3 зазвичай виконують у вигляді магазинів опорів (магазинний міст) . За допомогою R_3 встановлюють ряд значень відносин R_3/R_2 , зазвичай кратних 10 , а за допомогою R_1 врівноважують міст . Відлік вимірюваного опорів проводиться за значенням , встановленим ручками магазинів опорів . Урівноваження моста може також проводитися плавним зміною ставлення резисторів R_3/R_2 , виконаних у вигляді реохорда , при певному значенні R_1 (лінійний міст) .

Для багаторазових вимірювань ступеня відповідності опорів деякому заданому значенню R_n застосовують невривноважені мости. Вони врівноважуються при $R_x = R_n$. За шкалою індикатора можна визначити відхилення R_x від R_n у відсотках.

На принципі самоуравновешивання працюють автоматичні мости. Напряга , що виникає при розбалансі на кінцях діагоналі моста , після посилення впливає на електродвигун , що перемішують движок реохорда . При врівноваженні моста движок зупиняється , а положення реохорда визначає значення вимірюваного опорів .

Лекція № 10

Тема:Випробування заземлювальних пристроїв. Загальні відомості. Терміни та визначення понять.

Мета: Набуття студентами знань з питань загальних відомостей про заземлювальні пристрої.

Методи: словесний, наочний.

План:

1.Загальні відомості.

2. Терміни та визначення понять.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.261-265

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Загальні відомості. Заземлення

Земля внаслідок великих розмірів щодо всіх пристроїв і споруд, що знаходяться на ній, є провідником електричного струму, має невеликий опір . Це дозволяє використовувати її для роботи електроустановок, з'єднуючи окремі їх елементи із землею. Однак забезпечити невелике перехідний опір розтікання струму в землі при з'єднанні з нею відповідних елементів електроустановок - завдання досить складне , враховуючи порівняно велике питомий опір ґрунту і залежність його кліматичних умов. Для вирішення цього завдання використовують спеціальні пристрої, звані заземлювальні.

Заземлювальний пристрій містить заземлювачі і мережу заземлення. Заземлювач представляє собою звичайно безліч металевих провідників, що знаходяться в безпосередньому контакті з землею і пов'язаних електрично між собою. Мережа заземлення - це сукупність провідників, що пов'язують заземлювач з заземлюють елементами електроустановки.

Заземлювачі бувають складні (у вигляді контура з великим числом електрично з'єднаних електродів, введених в ґрунт), прості (у вигляді одного або декількох зосереджених в одному місці електродів) і лінійні (у вигляді декількох електрично з'єднаних електродів, розташованих в ряд, або сталевий шини, розташованої в ґрунті горизонтально). Призначення заземлювачів - забезпечити гарне розтікання струму в землі, коли це необхідно при роботі електроустановки в нормальних умовах, при порушеннях ізоляції або відвід зарядів, що виникають в електроустановках під час грози. Мережа заземлення містить магістралі, які безпосередньо відходять від заземлювача, і відгалуження, що з'єднують заземлювальні частини електроустановки з магістралями і з заземленням.

Заземлювальні пристрої поділяють на робочі, захисні і грозозахисні.

Робочі заземлювальні пристрої забезпечують потрібний режим роботи електроустановки в нормальних або аварійних режимах (використання землі як одного з проводів при передачі електроенергії, забезпечення роботи релейного захисту від замикання на землю та ін.).

Захисні заземлювальні пристрої служать для забезпечення безпеки людей і тварин при порушенні ізоляції в електроустановках, внаслідок чого металеві частини

електроустановки, що нормально не перебувають під напругою, виявляються під напругою. Грозозахисні заземлювальні пристрої служать для заземлення засобів захисту від прямих ударів блискавки (тросів і стрижневих блискавковідводів).

В окремому випадку в 4-провідних мережах змінного струму електроустановок напругою до 1000 В функцію магістралі заземлювального пристрою виконує заземлений нульовий провід, з яким електрично повинні бути з'єднані всі металеві корпуси електрообладнання. Такий заземлювальний пристрій (на відміну від розглянутого раніше заземлювального пристрою з заземлювачем і мережею заземлення) називають зануленням. З'єднання корпусів електрообладнання з заземленою нейтраллю (нульовою точкою) генератора або трансформатора називають зануленням. Четвертий дріт, що йде від заземленої нейтралі до приймачів електроенергії, називають нульовим проводом. Згідно ПУЕ нульовим дротом можуть бути використані броня кабелів, сталеві труби, в яких прокладені фазові дроти, і інші елементи електропроводки. В установках напругою до

1000 В до заземлювальних пристроїв також відносять пробивні запобіжники, що встановлюються на корпусах трансформаторів і електрично з'єднані з ізолюваним нульовим виводом низьковольтної обмотки, від якої живиться мережа напругою до 1000 В (мережа з ізолюваною нейтраллю).

Для кращого розуміння вимог, що пред'являються до заземлювальних пристроїв, і правильного підходу до їх випробування, розглянемо спрощену схему розтікання струму в землі і розподілу потенціалів для двох заземлювачів, кожен з яких виконаний у вигляді металевого стержня, забитого в ґрунт (рис.1а).

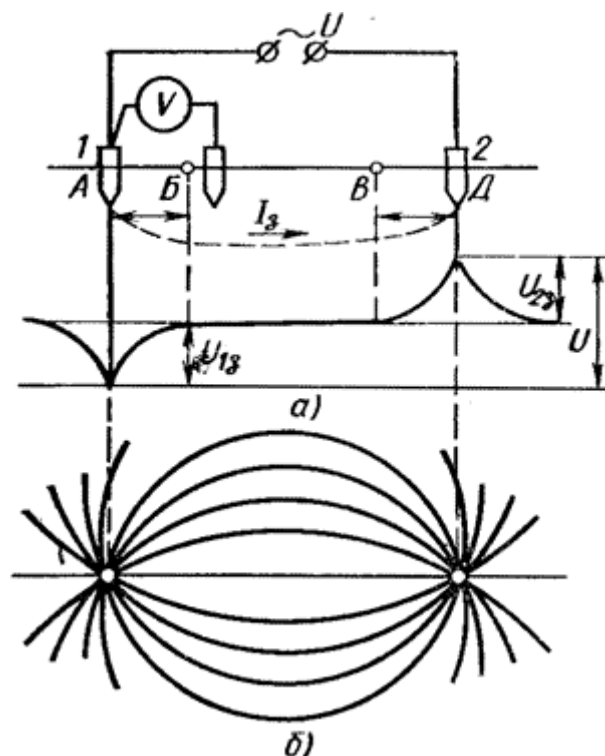


Рис . 1 Розподіл потенціалів (а) і струму в землі між двома електродами (б)

Якщо до електродів 1 і 2 прикласти напругу від мережі змінного струму по ланцюгу : електрод 1 - земля - електрод 2, то буде протікати струм. При цьому безпосередньо біля електродів лінії струму (рис.1, б) розташовуються густіше, ніж далі від них, отже, і щільність струму тут буде більша. Опір землі, як уже говорилося раніше, дорівнює нулю, значить, напруга розподілиться частково поблизу електрода 1 і частково біля електрода 2. Якщо відстань між електрода-

велика, то розподіл потенціалів у різних точках землі для моменту часу, коли на електроді 2 буде плюс, а на електроді 1 мінус, буде відповідати кривій рис.1б. При цьому на ділянці БВ щільність струму в землі настільки мала, що падіння напруги на ньому практично не буде, тобто потенціал землі дорівнює нулю, у зв'язку з чим ця ділянка називають зоною нульового потенціалу. Ділянка АБ у електрода 1 і ділянка ВД у електрода 2 є місцями, де щільність струму значна і практично втрачається все напруга U .

Розподіл потенціалів в зоні розтікання

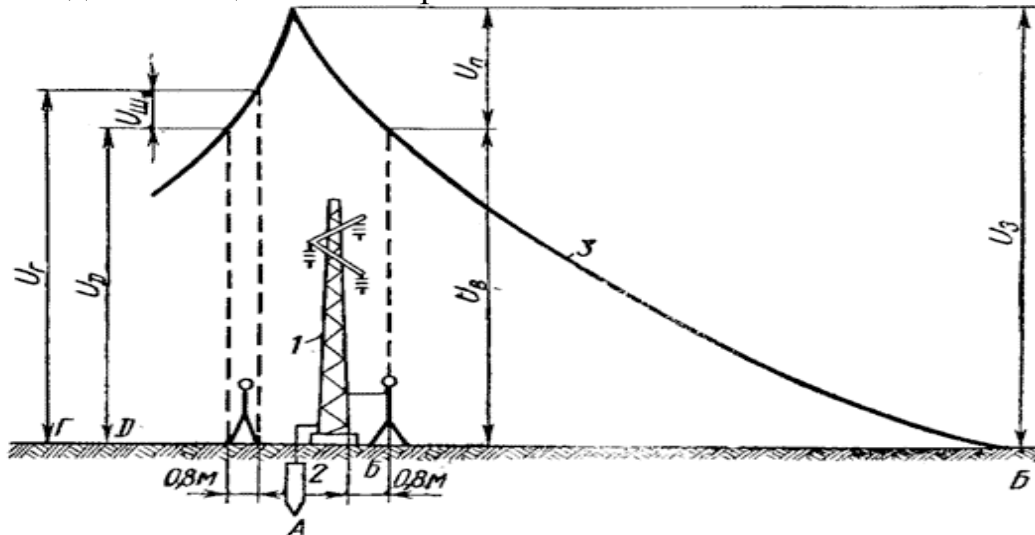


Рис. 2 Розподіл потенціалів в зоні розтікання при появі напруги на опорі лінії електропередачі: 1 - опора, 2 - заземлювач, 3 - крива розподілу потенціалу; $U_{ш}$ - напруга кроку, U_i - напруга

Саме ці ділянки чинять опір розтікання струму в землі, тому їх і прийнято називати зонами розтікання. Приватне від розподілу падіння напруги U_a на ділянці розтікання на силу струму $I/3$, проходить через заземлювач в землю, називають опором заземлювача. Для розглянутого прикладу заземлювачами є електрод 1 (перший заземлювач) і електрод 2 (другий заземлювач). Отже, опір першого заземлювача, а опір другого

Опором заземлювального пристрою називають загальне опір, що включає опір заземлювача і опір заземлювальної мережі.

Розглянемо, як забезпечується електробезпека пристроями захисного заземлення. Припустимо, що внаслідок пошкодження ізоляції опора 1 лінії передачі (рис. 2) виявилася під напругою і від неї через заземлювач 2 протікає струм замикання на землю / 3. Крива 3 показує розподіл потенціалу в зоні розтікання АБ. Очевидно, падіння напруги на заземлювачі дорівнюватиме U_3 . Отже, чим менше буде опір заземлювача, тим менше при тій же силі струму падіння напруги на ньому. Людина може піддатися дії напруги в двох випадках: якщо, перебуваючи біля опори, торкнеться її і виявиться під дією напруги U_n (напруга дотику), рівної різниці потенціалів опори U_s і U_b точки землі, де вона стоїть, або, якщо вона не торкнулась опори, але підходить до неї, виявиться під дією напруги U_m (напруга кроку), рівні різниці потенціалів між точками землі, на які вона спирається ногами. Для розглянутого випадку, очевидно, і напруга дотику, і напруга кроку значно менше падіння напруги на заземлювачі. Однак якщо поблизу заземленого елемента знаходиться протяжний провідник, ізольований на всьому протязі (наприклад, рейок), але з'єднаний із зоною нульового потенціалу або з заземленим елементом, то в першому випадку в зону розтікання буде внесений нульовий потенціал, а в другому - повний потенціал буде винесено в зону нульового потенціалу. І те, й інше

неприпустимо, оскільки людина може потрапити під повну напругу, рівну падінню напруги на заземлювачі.

Захисна дія занулюючого пристрою полягає в тому, що при замиканні на металевий корпус струмоведучих частини апарату чи машини в колі фаза - нуль буде протікати струм короткого замикання і пошкоджений апарат (або машина) буде відключений захистом від коротких замикань. Отже, зазначений корпус тривало знаходиться під напругою не може. Однак опір петлі фаза - нуль має бути достатньо малим тому, щоб при порушенні ізоляції в найвіддаленішому від джерела живлення елементі мережі сила струму, що протікає по цій петлі, була більше струму спрацьовування захисту від коротких замикань.

Неприпустимо одночасне застосування захисного заземлення і занулення, так як при порушенні ізоляції на одному з елементів, пов'язаних із захисним заземленням, цей елемент тривало опиниться під повним потенціалом, рівним падінню напруги на заземлювачі, в результаті чого працівники, що торкнуться занулених корпусів інших елементів, опиняться під дією фазового напруги мережі.

Випробуванню заземлюючих пристроїв має передувати робота з вивчення та аналізу проектної та технічної документації: принципової схеми електроустановки, виконавчих креслень мережі заземлення (занулення) із зазначенням даних про заземлювальних провідниках і способів - їх прокладки, актів на приховані роботи з монтажу елементів заземлювального пристрою, недоступних огляду, виконавчої схеми електричної мережі з позначенням параметрів електроприймачів, плавких вставок запобіжників і автоматів, розрахункових даних заземлювального пристрою (опір заземлювачів, струм однофазного замикання на землю тощо), даних про розташування підземних комунікацій, протоколів попередніх випробувань.

Всі ці відомості використовують при проведенні випробування заземлювального пристрою і при оцінці його стану.

Лекція № 11

Тема: Випробування заземлювальних пристроїв. Документація. Об'єм і норми випробування заземлювальних пристроїв.

Мета: Набуття студентами знань з питань документації, об'єму і норм випробування заземлювальних пристроїв.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Документація.
2. Об'єм і норми випробування заземлювальних пристроїв.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.265-268

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3. Правила улаштування електроустановок

Перевірка заземлюючої мережі

В обсяг перевірки заземлюючої мережі входять зовнішній огляд для встановлення відповідності змонтованої мережі проекту і вимогам ПУЕ та СніП, а також виробництво необхідних вимірювань для встановлення надійності електричного зв'язку заземлених елементів із заземлювачем .

При огляді перевіряють наявність і надійність приєднання заземлюючих елементів до магістралей заземлення, цілість заземлюючої мережі і її стан (матеріал, розміри і забарвлення провідників зовнішньої мережі, способи прокладки, якість кріплень, зварних і болтових з'єднань і т. і .).

Кожен заземлювальний елемент необхідно безпосередньо окремим провідником приєднувати до магістралі заземлення. Магістралі зовнішньої мережі заземлення повинні утворювати замкнутий контур і з'єднуватися з заземлювачем не менше ніж у двох точках. З'єднання заземлюючих провідників між собою і приєднання їх до магістралі необхідно здійснювати зварюванням внахлест. Приєднання заземлювальних провідників до заземлювальних елементів виконують зварюванням або болтовими з'єднаннями. Проходи заземлювальних провідників і магістралей через стіни і міжповерхові перекриття повинні виконуватися в отворах або трубах. Заземлювальна мережу на всьому протязі повинна бути доступна для огляду. Результати огляду заносять до протоколу випробування заземлювального пристрою,що перевіряється.

Схема перевірки мережі заземлення

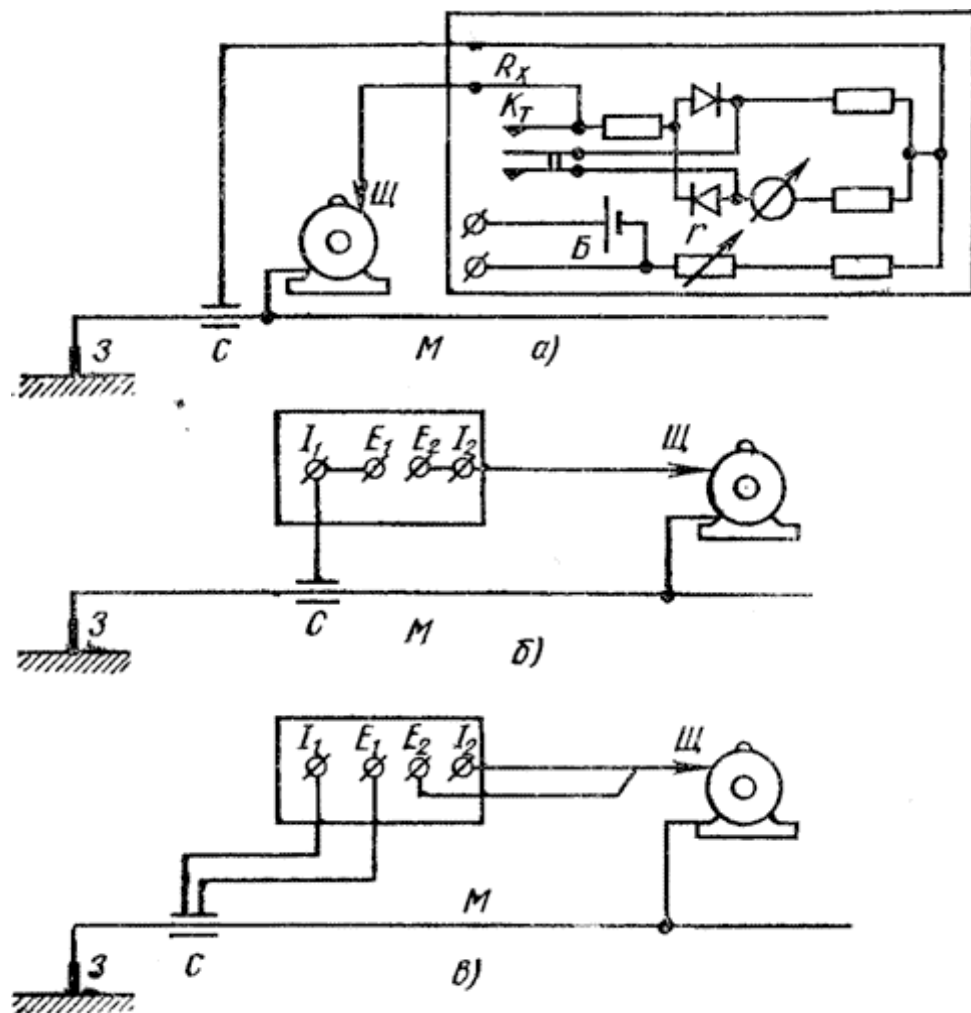


Рис.1 . Схема перевірки мережі заземлення : а - омметром М372 . б і в - приладом МС- 08.

Основним критерієм, що визначає наявність і якість з'єднання заземленого елемента з заземлювачем, є величина опору відповідної ділянки. Якщо опір ділянки, що перевіряється, не перевищує десятої частки ома (орієнтовно 0,03-0,1 Ом), можна вважати, що ця ділянка справна при позитивних результатах його зовнішнього огляду і механічних випробувань (контрольний піджим болтових з'єднань і ударне навантаження зварних з'єднань). Для заземлювальної мережі невеликої протяжності опір всіх заземлених елементів електроустановки заміряють безпосередньо біля виведення заземлювача.

У протяжних і розгалужених заземлювальних мережах (на електростанціях, великих підстанціях та промислових електроустановках) перевіряють спочатку опір заземленого елемента щодо магістралі заземлення в тій її точці, звідки зручно робити вимірювання опору і інших заземлених елементів, а потім вимірюють опір магістралі від зазначеної точки до виведення заземлювача, від якого замірявся опір самого заземлювача.

Опір заземлених елементів можна вимірювати різними методами і приладами.

Промисловістю випускається спеціальний омметр М372 для вимірювання опорів заземлення (рис.1, а) класу точності 1,5, що дозволяє вимірювати опір від 0,1 до 50 Ом. Крім того, цей прилад використовують як індикатор напруги від 60 до 380 В. Джерело живлення в ньому - вбудований сухий елемент Б напругою 1,4 В. Для підключення до перевіряємої мережі заземлення служать мідний гнучкий ізолюваний провідник зі щупом Щ і струбциною С, що входять в комплект омметра. При вимірі один із затискачів приладу з'єднують за допомогою струбцини з попередньо зачищеною ділянкою магістралі М, пов'язаної з заземлювачем 3, а до другого

затискача підключають провід зі щупом і встановлюють стрілку приладу на нуль. Потім, натиснувши на кнопку К, за допомогою реостата встановлюють стрілку приладу проти поділу 00. Вістря щупа притискають до попередньо зачищеного місця перевіряемого елемента, наприклад корпусу електродвигуна, як це показано на малюнку, не натискаючи кнопки К, переконуються у відсутності напруги на перевіряемому елементі (стрілка приладу повинна знаходитися на нулі) і далі, натиснувши на кнопку К, знімають показання приладу. В якості щупа зручно використовувати тригранний або круглий напилек з ізольованою рукояткою, яким можна попередньо зачищати потрібне місце перевіряемого елемента.

Вимірювання опору заземленого елемента амперметром.

При використанні вимірювача заземлення МС-08 для вимірювання опору заземлення елемента збирають схему (рис. 2,б). До зажиму / 1 з'єднаному з затискачем Е1 підключають провідник зі струбциною, а до затискача / 2, з'єднаному з затискачем Е2, підключають провідник зі щупом. Спочатку, притиснувши вістря щупа до струбцини, здійснюють компенсацію впливу опору з'єднувальних проводів аналогічно тому, як це робилося за описаної вище компенсації опору зонда. Після цього струбцину прикручують до зачищеної ділянки заземлювальної магістралі, а вістря щупа притискають до зачищеного місця перевіряемого елемента.

Встановивши перемикач ПЗ на нижчу межу виміру (0-10 Ом), вимірюють опір заземлення перевіряемого елемента щодо магістралі, обертаючи рукоятку приладу з нормальною швидкістю.

Для отримання більш точних результатів рекомендується включати прилад за схемою, показаної на рис. 1, в.

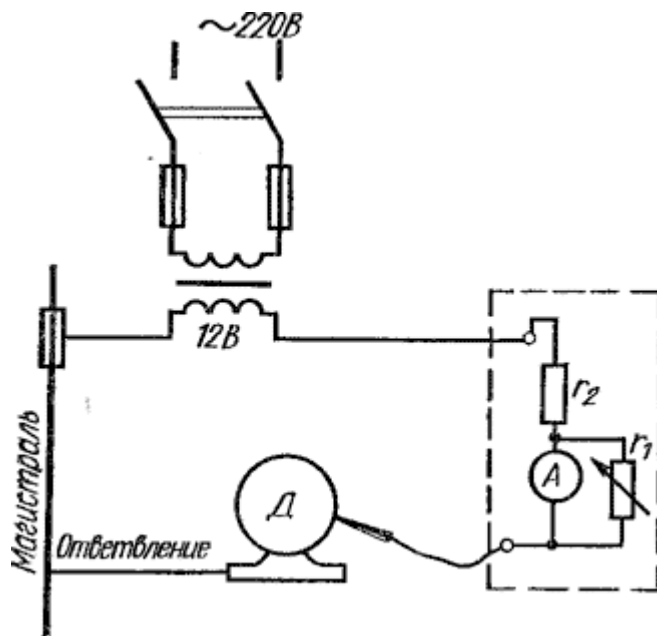


Рис . 2. Вимірювання опору заземленого елемента амперметром

На рис. 2 приведена схема вимірювання опору заземлення елемента (двигуна Д) щодо магістралі заземлення амперметром . Очевидно, при незмінній напрузі живлення (12 В) сила струму в колі визначається тільки її опором, тому ампер-метр для даних умов може бути проградуирований безпосередньо в одиницях опору.

Можна використовувати звичайний щитовий електромагнітний амперметр на 10 А. Для можливості підгонки по напрузі мережі та обмеження сили струму його постачають резистором зі змінним опором r_1 і резистором r_2 . Амперметр градуують в одиницях опору спільно з сполучними проводами і резистором r_2 при напрузі джерела живлення (у розглянутому прикладі 12 В).

Лекція № 12

Тема: Випробування заземлювальних пристроїв. Вимірювання напруги дотику.

Мета: Набуття студентами знань з питань вимірювання напруги дотику.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання напруги дотику.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.268-276

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Вимірювання напруги дотику.

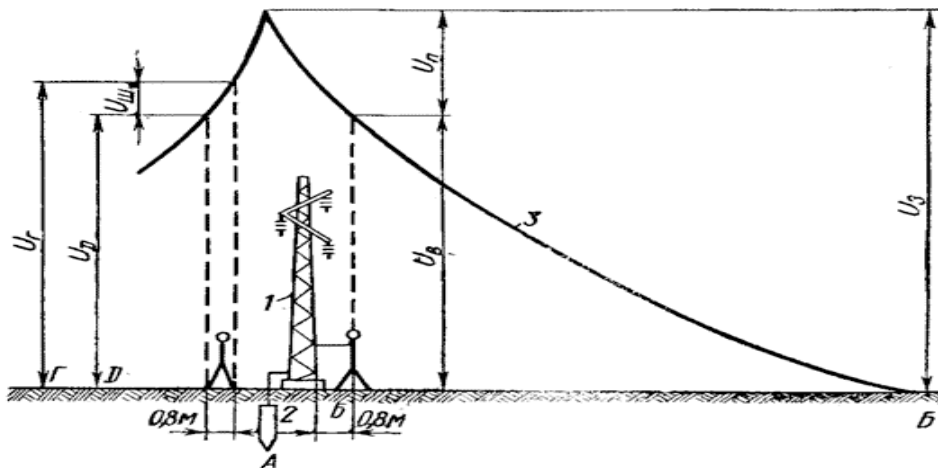


Рис .1. Розподіл потенціалів в зоні розтікання при появі напруги на опорі лінії електропередачі : 1 - опора, 2 - заземлювач, 3 - крива розподілу потенціалу ; $U_{ш}$ - напруга кроку, U_i - напруга

Опором заземлювального пристрою називають загальний опір, що включає опір заземлювача та опір заземлювальної мережі.

Розглянемо, як забезпечується електробезпека пристроями захисного заземлення та занулення. Припустимо, що внаслідок пошкодження ізоляції опора 1 лінії передачі (рис.1) виявилася під напругою і від неї через заземлювач 2 прот-кає

струм замикання на землю. Крива 3 показує розподіл потенціалу в зоні розтікання АБ. Очевидно, падіння напруги на заземлювачі дорівнюватиме U_3 . Отже, чим менше буде опір заземлювача, тим менше при тій же силі струму падіння напруги на ньому. Людина може піддатися дії напруги в двох випадках: якщо, перебуваючи біля опори, торкнеться її і виявиться під дією напруги U_n (напруга дотику), рівна різниці потенціалів опори U_s і U_b точки землі, де вона стоїть, або, якщо вона не торкнулася опори, але підходить до неї, виявиться під дією напруги U_m (напруга кроку), рівна різниці потенціалів між точками землі, на які вона спирається ногами. Для розглянутого випадку, очевидно, і напруга дотику, і напруга кроку значно менше падіння напруги на заземлювачі. Однак якщо поблизу заземленого елемента знаходиться провідник, ізольований на всьому протязі (наприклад, рейка), але з'єднаний із зоною нульового потенціалу або з заземленим елементом, то в першому випадку в зону розтікання буде внесений нульовий потенціал, а в другому - повний потенціал буде винесений в зону нульового потенціалу. І те, і інше неприпустимо, оскільки людина може потрапити під повну напругу, рівну падінню напруги на заземлювачі.

Захисна дія занулюючого пристрою полягає в тому, що при замиканні на металевий корпус струмоведучих частин будь-якого апарату чи машини в колі фаза - нуль буде протікати струм короткого замикання і пошкоджений апарат (або машина) буде відключений захистом від коротких замикань. Отже, зазначений корпус тривало знаходиться під напругою не може. Однак опір петлі фаза - нуль має бути досить малим тому, щоб при порушенні ізоляції у найвіддаленішому від джерела живлення елементі мережі сила струму, що протікає по цій петлі, була більше струму спрацьовування захисту від коротких замикань.

Неприпустимо одночасне застосування захисного заземлення та занулення, так як при порушенні ізоляції на одному з елементів, пов'язаному із захисним заземленням, цей елемент тривалий час опиниться під повним потенціалом, рівним падінню напруги на заземлювачі, в результаті чого працівники, що торкаються занулених корпусів інших елементів, опиняться під дією фазової напруги мережі.

Лекція № 13

Тема: Випробування заземлювальних пристроїв. Вимірювання опору петлі фаза-нуль, техніка безпеки при проведенні вимірювання.

Мета: Набуття студентами знань з питань вимірювання опору петлі фаза-нуль, техніки безпеки при проведенні вимірювання.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання опору петлі фаза-нуль.
2. Техніка безпеки при проведенні вимірювання.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.278-280

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Вимірювання опору заземлювального пристрою

Ці вимірювання виконують за методом трьох точок, якими є виводи від заземлювального пристрою і два забитих у землю електроди, один з яких називають допоміжним заземлювачем.

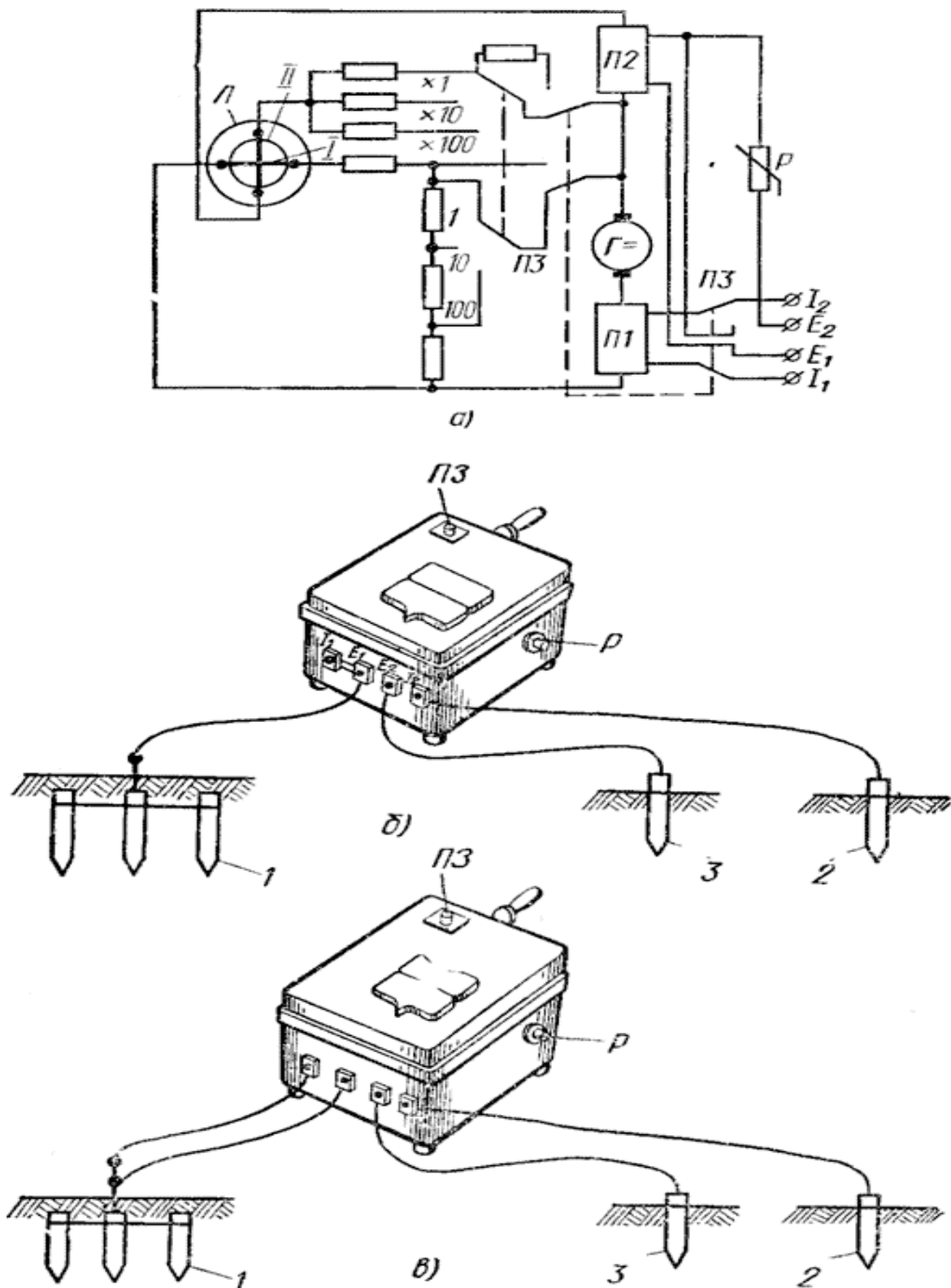
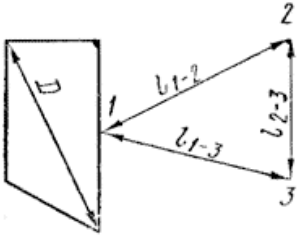
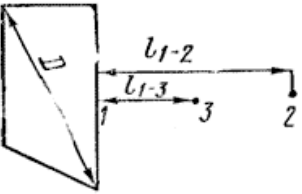
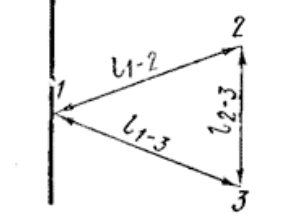
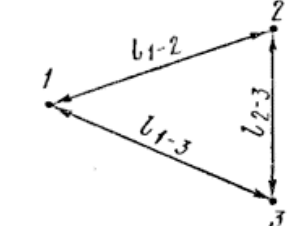


Рис. 1. Вимірювач заземлення МС-08: а - схема приладу, б, в - схеми включення приладу;

1 - заземлювальний пристрій, що перевіряється, 2 - допоміжний заземлювач, 3 - зонд; I, II - обмотки; П1, П2 - перетворювачі, П3 - перемикач, Р - реостат, Л - логометр, E1, E2, I1, I2 - затискачі

Таблиця 1 Рекомендовані відстані при вимірі опору заземлювачів

Проверяемый заземлитель	Эскиз	Рекомендуемые расстояния между проверяемым заземлителем, вспомогательным заземлителем и зондом, м
Контур		$80 \leq (l_{1-2} = l_{1-3} = 2l_{2-3}) \geq 2D$
То же		$160 \leq (2l_{1-3} = l_{1-2}) \geq 3D$
Лучевой заземлитель		$l_{1-2} = l_{1-3} = 2l_{2-3} \geq \frac{1}{2}$
Точечный заземлитель		$l_{1-2} = l_{1-3} = l_{2-3} \geq 20$

Він утворює з заземлювачем, що перевіряється, і відповідною ділянкою землі електричного кола, що забезпечує протікання електричного струму. Другий електрод, званий зондом, служить для підведення напруги заземлювача, що перевіряється, до вольтметра або кола напруги іншого приладу. Взаємне розташування допоміжного заземлювача 2 (рис. 1), зонда 3 та заземлювача, що перевіряється, 1 для забезпечення необхідної точності вимірювання, а також відповідні відстані між допоміжним заземлювачем і зондом наведено в табл.1. Допоміжний заземлювач і зонд виготовляють зазвичай з сталевих стрижнів або труб довжиною близько одного метра (діаметр стрижнів 15-20 мм, зовнішній діаметр труб 25 - 30 мм). Ці електроди повинні бути загострені з одного кінця, щоб вони легше забивалися в ґрунт, а у іншого кінця мати затиски для підключення проводів і рукоятки у вигляді поперечних стержнів, щоб їх було зручно витягувати з ґрунту після закінчення процесу вимірювання.

При забиванні допоміжного заземлювача і зонда необхідно забезпечити хороший контакт з ґрунтом. Власний опір розтіканню струму допоміжного заземлювача повинен бути не більше 150-200 Ом, а зонда – не більше 1000 Ом. Для цього допоміжний заземлювач і зонд слід забивати в ґрунт на глибину не менше 0,5-

0,8 м, не розгойдуючи. Грунт з підвищеним питомим опором треба зволожувати солоною або підкисленою водою в місці забивання допоміжного електрода, крім того, необхідно ущільнювати грунт навколо допоміжного заземлювача і зонда після їх забивання.

Допоміжний заземлювач і зонд слід забивати в стороні від підземних струмопровідних комунікацій (броньованих кабелів, сталевих трубопроводів та ін), щоб виключити їх вплив на результати вимірювання. Якщо заземлювач має кілька виводів, вимірювати опір потрібно від кожного з них. Опір заземлювачів вимірюють на змінному струмі спеціальними приладами (вимірниками заземлень) або методом амперметра і вольтметра.

Вимірювач заземлення МС-08 (див. рис. 1) містить генератор постійного струму Р, логометр Л з робочою I і потенційної II обмотками, перетворювачі постійної напруги в змінну П1 і змінної напруги в постійне П2. Змінна напруга між затискачем Е1, підключеним до заземлювача, що перевіряється та Е2, підключеним до допоміжного заземлювача, викликає протікання струму між заземлювачами. Відповідний цьому змінному струму постійний струм протікає по струмового обмотці I логометра Л. Падіння напруги перевіряється на заземлювачі внаслідок протікання через нього струму підводиться через затискачі Е1 та Е2 до перетворювача П2 вимірювача заземлення та після випрямлення в ньому до потенційної обмотки логометра. Прилад має три межі вимірювання: 0-1000, 0-100 і 0-10 Ом, встановлених перемикачем ПЗ. Для компенсації впливу опору зонда на результати вимірювання служить реостат Р.

При вимірі опору заземлювача прилад слід розмістити поблизу від нього і зібрати схему (рис.1,б). Провід, що йде до заземлювача, що перевіряється, повинен бути якомога коротшим з перетином не менше 6-10 мм². Для підключення приладу до зонду та допоміжного заземлювача потрібно застосовувати ізольовані гнучкі мідні дроти перерізом не менше 1,5 мм.

Для компенсації опору зонда перемикач ПЗ ставлять у положення «Регулювання» і, обертаючи рукоятку приладу з нормальною частотою (120 об/хв), одночасно встановлюють реостат. Р в таке положення, при якому стрілка логометра Л встановиться проти червоної риски.

Якщо стрілка проти червоної риски не встановлюється ні при якому положенні реостата Р, необхідно прийняти заходи до зменшення опору в колі зонда (забити його глибше, воложити землю біля нього солоною або підкисленою водою, забити поруч інший зонд та з'єднати його з першим і т. і.). Після регулювання приладу, домігшись, щоб стрілка його встановилася проти червоної риски, переводять перемикач ПЗ в положення «Вимір» (в цьому положенні він показаний на рис. 1, а, встановивши його на межі вимірювання, що відповідає передбачуваному опору заземлювача, що перевіряється, або якщо людині про заземлювач нічого невідомо, вимірювання починають робити з вищої межі 0-1000 Ом, переходячи потім на інші межі вимірювання для отримання обсягу точного результату.

У ряді випадків, наприклад при протіканні в землі блукаючих змінних струмів поблизу заземлювача, що перевіряється, стрілка приладу здійснює періодичні коливання і важко зробити відлік показань приладу.

Тоді слід знизити або підвищити частоту обертання генератора Г приладу, обертаючи рукоятку відповідно повільніше або швидше. При цьому буде змінюватися частота струму, що надходить через перетворювач П1 в заземлювач, і вдасться виключити вплив блукаючих струмів на прилад. Якщо усунути таким

способом вплив блукаючих струмів у землі. вдається, слід з'ясувати можливі причини появи цих струмів і вжити інші заходи, наприклад призупинити електрозварювальні роботи на час проведення вимірювань.

Крім того уникнути впливу сторонніх струмів в землі можливо змінивши місця забивання зонда і допоміжного заземлювача. Якщо в землі протікають постійні струми, про що можна судити по відхиленню стрілки приладу після його підключення при нерухомому генераторі, на них не варто звертати уваги, оскільки вони не позначаються на результатах вимірювання. Якщо необхідно виключити вплив опору дроту, що йде від приладу до перевіряється заземлювача, збирають схему (рис. 1, в).

При проведенні випробування заземлюючих пристроїв доцільно вимірювати не тільки опір заземлювача, але також опір зонда і допоміжного заземлювача, заносючи дані в протокол випробування. Для цього до затискачів Е1 приладу замість заземлювача, що перевіряється 1 потрібно підключити допоміжний заземлювач 2 (якщо вимірюють опір допоміжного заземлювача) або зонд 3 (якщо вимірюють опір зонда).

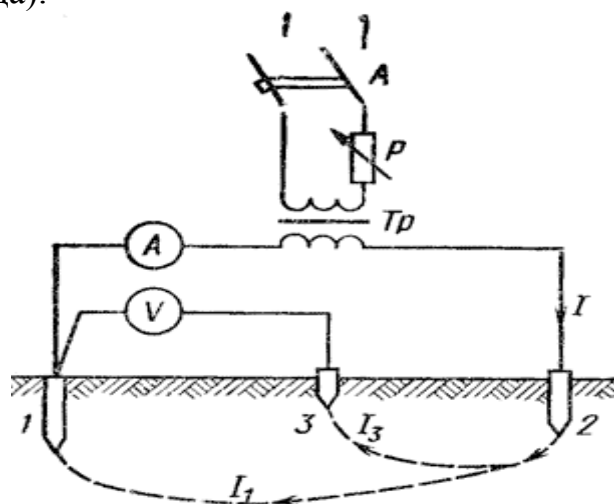


Рис. 2. Вимірювання опору заземлення методом амперметра і вольтметра: 1 - 3 - електроди; Тр – трансформатор, Р - реостат, А – автомат, де R - показання приладу, Ом,

За допомогою методу амперметра і вольтметра проводять різноманітні вимірювання при налагодженні заземлювальних пристроїв: вимірювання опору заземлювачів, питомого опору - ґрунту, зняття потенційних кривих для перевірки заземлюючого пристрою та ін. Опір заземлення цим методом можна вимірювати при будь-якій його розміром і з великою точністю. Тому цим методом користуються при налагоджувальних роботах на відповідальних об'єктах, де потрібна особлива точність результатів вимірювання, та в інших випадках, коли вимірювачем заземлення МС-08 не можна провести вимірювання із-за того, що величина вимірюваного опору заземлення знаходиться за межами діапазону вимірюваних величин цього приладу (наприклад, опір заземлення розгалужених контурів потужних енергетичних комплексів, величина якого становить соті частки ома). Для вимірювання опору заземлення методом амперметра і вольтметра збирають схему (рис. 2) і вимірюють силу струму, що протікає через заземлювач, і падіння напруги на ділянці розтікання. Опір заземлювача визначають за формулою закону Ома для ділянки електричного кола.

При вимірі опору заземлення методом амперметра і вольтметра для отримання достовірних і точних результатів необхідно виконувати наступні вимоги:

вимірювання повинно проводитися на змінному струмі, оскільки на постійному струмі побічні явища, зокрема поляризація, можуть спотворити результати вимірювання;

прилади слід вибирати краще класу точності 0,5, але не нижче 2,5; вольтметр потрібно вибирати многопредельным на напруги від десятих часток вольт до декількох десятків вольт і з великим внутрішнім опором (електронні вольтметри або, в крайньому випадку, комбіновані малогабаритні прилади); харчування на зібрану схему слід подавати від автономного джерела змінного струму або від мережі змінного струму через розділовий понижуючий трансформатор (рис. 2) з напругою вторинної обмотки до 36 В.

До допоміжного заземлювача і зонду, а також до їх розміщення відносно перевіряється заземлювача пред'являють ті ж вимоги, що і при роботі з вимірювачем заземлення МС-08.

Краще всього користуватися при вимірі опору заземлення автономними джерелами живлення з частотою, відмінною від частоти електромережі, зокрема генератором приладу ІКС-1, частота струму якого 22,5 Гц, при цьому для вимірювання напруги використовують входить в комплект приладу ІКС-1 мікрвольтметри.

Якщо необхідно знати питомий опір ґрунту в районі змонтованої електроустановки, то його визначають, провівши вимірювання вимірювачем заземлення МС-08 за схемою (рис. 3).

Вимірювання виконують при різному розносі електродів 1, 2, 3 і 4, але відстані між електродами 1 -2, 2 - 3, 3 - 4 повинні бути однакові. Питомий опір ґрунту визначають за формулою $\rho=2mR$

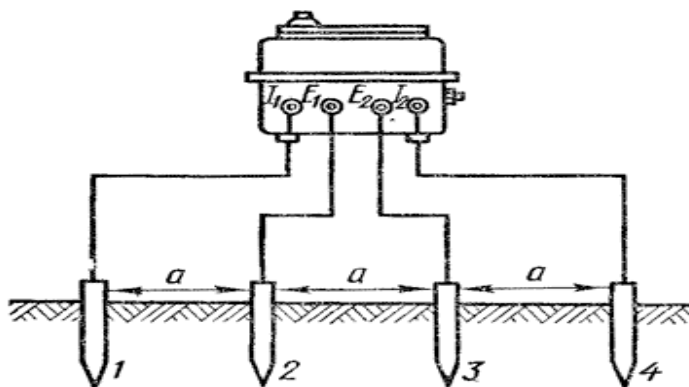


Рис. 3. Вимірювання питомого опору ґрунту вимірювачем заземлення МС-08: 1-4 - електроди

Вимірювання опору, струму короткого замикання петлі фаза-нуль. Які прилади застосовуються для вимірювань опору та струму короткого замикання петлі фаза-нуль?

Відповідно до ПТЕЕС для контролю чутливості захистів до однофазних замикань на землю в установках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю необхідно виконувати вимірювання опору петлі "фаза-нуль".

Для вимірювання опору петлі "фаза-нуль" існує ряд приладів, що розрізняються схемами, точністю та ін.

Області застосування різних приладів наведено в табл. 1.

Табл.1 Прилади для вимірювання електричних параметрів заземлюючих пристроїв, у тому числі вимірювання опору петлі фаза-нуль

Тип приладу або метод	Вимірюваний параметр	Примітка
М-417	Опір петлі з наступним обчисленням струму однофазного замикання	Область застосування - контроль
ЕКО-200	Струм однофазного замикання на землю	Область застосування - контроль
ЕКЗ-01	Струм однофазного замикання на землю	Область застосування - контроль
Амперметр + вольтметр	Напруга і струм	Висока точність (область застосування - вимірювання)

Перевірка проводиться для найбільш віддалених і найбільш потужних електроприймачів, але не менше 10 % їх загальної кількості. Перевірку можна проводити розрахунком за формулою:

$$Z_{\text{пет}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{т}} / 3 ,$$

де $Z_{\text{п}}$ - повний опір проводів петлі фаза-нуль ; $Z_{\text{т}}$ - повний опір живильного трансформатора .

Для алюмінієвих і мідних проводів $Z_{\text{пет}} = 0,6 \text{ Ом} / \text{км}$.

За $Z_{\text{пет}}$ визначається струм однофазного короткого замикання на землю :

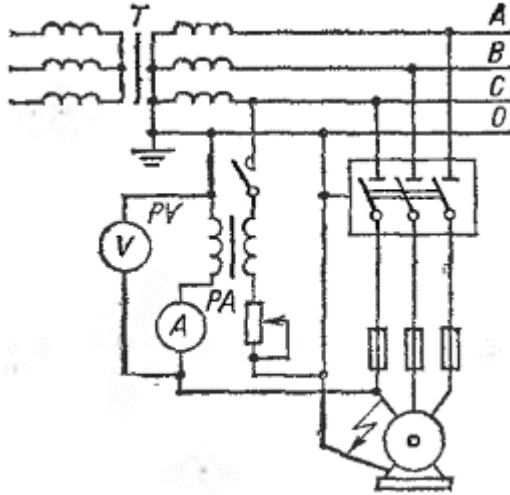
$$I_{\text{к}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{пет}}$$

Якщо розрахунок показує , що кратність струму однофазного замикання на землю на 30 % перевищує допустимі кратності спрацьовування захисних апаратів, зазначені в Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ), то можна обмежитися розрахунком . В іншому випадку слід провести прямі вимірювання струму короткого замикання спеціальними приладами , наприклад , типів ЕКО- 200 , ЕКЗ- 01 або за методом амперметра - вольтметра на зниженій напрузі .

Метод амперметра - вольтметра при вимірюванні опору петлі фаза-нуль

Випробовуване електрообладнання відключають від мережі . Вимірювання роблять на змінному струмі від понижуючого трансформатора. Для вимірювання робиться штучне замикання одного фазного проводу на корпус електроприймача . Схема випробування - наведена на малюнку1.

Після подачі напруги вимірюються струм I і напруга U , вимірювальний струм повинен бути не менше 10 - 20 А. Опір вимірюваної петлі $Z_{\text{п}} = U / I$. Отримане значення $Z_{\text{п}}$ має бути арифметично складено з розрахунковим значенням повного опору однієї фази живильного трансформатора $R_{\text{т}} / 3$.



Мал.1 Схема вимірювання опору петлі фаза -нуль за методом амперметра - вольтметра

Програма проведення вимірювань опору петлі фаза-нуль

- 1 . Ознайомлення з проектною та виконавчою документацією та результатами попередніх випробувань і вимірювань.
- 2 . Підготовка необхідних приладів та випробувальних пристроїв , провідників і захисних засобів.
- 3 . Після виконання організаційно -технічних заходів та допуску на об'єкт , виконання вимірювань і випробувань
- 4 . Оцінка і обробка результатів вимірювань і випробувань.
- 5 . Оформлення вимірювань і випробувань.
- 6 . Коригування схем , оформлення підписів про придатність (не придатність) електрообладнання до подальшої експлуатації.

Лекція № 14

Тема:Випробування ізоляції і електричних контактів.Методи визначення ступеня зволоженості ізоляції.

Мета: Засвоїти особливості різних методів визначення ступені зволоженості ізоляції.

Методи: словесний, наочний.

План:

- 1.Метод «ємність - температура»
2. Метод «ємність - частота»
- 3.Метод «ємність - час»

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.140-146

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Методи визначення ступеня зволоження ізоляції

В електроустановках застосовують електрообладнання з різними ізоляційними матеріалами. Один з них, наприклад, фарфор та пластмаса, не піддаються зволоженню, інші - рідкі діелектрики (зокрема, трансформаторне масло), волокнисті матеріали (тканини, папір, картон) та електроізоляційні смоли в значній мірі піддаються зволоженню, якщо не будуть прийняті відповідні заходи (герметизація маслonaповнених апаратів, спеціальні покриття ізоляції інших апаратів і електричних машин).

Зволоження ізоляції призводить до зниження її опору, підвищення діелектричних втрат і в кінцевому рахунку до швидкого старіння і виходу з ладу. Тому при виконанні пусконаладочних-жувальних робіт приділяється велика увага оцінці ступеня зволоження ізоляції, особливо апаратів з волокнистою ізоляцією. Вимірювання опору ізоляції, коефіцієнта абсорбції і діелектричних втрат, а також порівняння цих даних з результатами попередніх вимірювань дозволяє у багатьох випадках зробити висновок про стан ізоляції випробовуваного обладнання. Однак при вирішенні питання щодо можливості включення деяких видів обладнання, зокрема трансформаторів, без сушіння в ряді випадків вимагається вимірювати величини ємностей та їх відносин при різних температурах, частотах і через різні проміжки часу. На підставі порівняння цих величин з нормами, наведеними для трансформаторів в «Інструкції по монтажу і введенню в експлуатацію трансформаторів (РТМ 16687000-73)», приймається рішення про можливість введення трансформатора в роботу без сушіння. Існує **три методи** визначення ступеня зволоженості трансформаторів, пов'язаних із зміною ємностей обмоток трансформаторів. Метод **«ємність - температура»** полягає в порівнянні ємностей обмоток трансформатора при різних температурах. Зазвичай прийнято, щоб різниця температур була $40-50^{\circ}\text{C}$, а найнижча температура не менше 20°C . При цьому відношення ємності обмотки в нагрітому стані ($C_{гор}$) до ємності обмотки в холодному стані ($C_{хол}$) не перевищує 1,05-1,1 для сухої ізоляції. Недолік цього методу в тому, що потрібно ще й контрольний прогрів трансформатора. Тому в практиці пусконаладочних робіт великого поширення набули інші методи **«ємність - частота»** і **«ємність - час»**, засновані на тому, що геометрична ємність заряджається миттєво, в той час як абсорбційна ємність - через деякий час, і тим більше, чим сухіша ізоляція, оскільки у сухій ізоляції опір і ємність більше, ніж у зволоженої.

Метод **«ємність - частота»** полягає в тому, що спочатку вимірюють ємність C_{50} на частоті 50 Гц, коли проявляється тільки геометрична ємність, незалежно від того, суха

або зволожена ізоляція у випробовуваного обладнання. Потім вимірюють ємність C_2 на частоті 2 Гц, при якій у сухій ізоляції буде проявлятися тільки геометрична ємність, а для зволоження ізоляції в результаті вимірювання буде входити і абсорбційна ємність. Тому ставлення C_2/C_{50} для сухої ізоляції близько до одиниці, а для зволоженою - відповідно 1,2-1,3.

Метод «ємність - час» полягає в тому, що спочатку заряджають ємність випробовуваного об'єкта (трансформатора), а потім здійснюють дворазовий її розряд: швидкий, закорочуючи відразу після закінчення заряду, і повільний - через 1 с після закінчення заряду. Приріст ΔC загальної ємності за рахунок адсорбційної ємності у сухій ізоляції буде незначний ($\Delta C_{\text{сух}}=0,02-0,08$ С), а для зволоженої ізоляції набагато більше. Вимірювання ступеня зволоження ізоляції розглянутими методами зручно проводити приладом ПКВ-8, розробленим Всесоюзним науково-дослідним інститутом енергетики (ВНИИЭ).

Раніше було потрібно два прилади: ПКВ-13 або ПКВ-7 для вимірювання за методом «ємність - частота» та ЕВ-3 для вимірювання за методом «ємність-час».

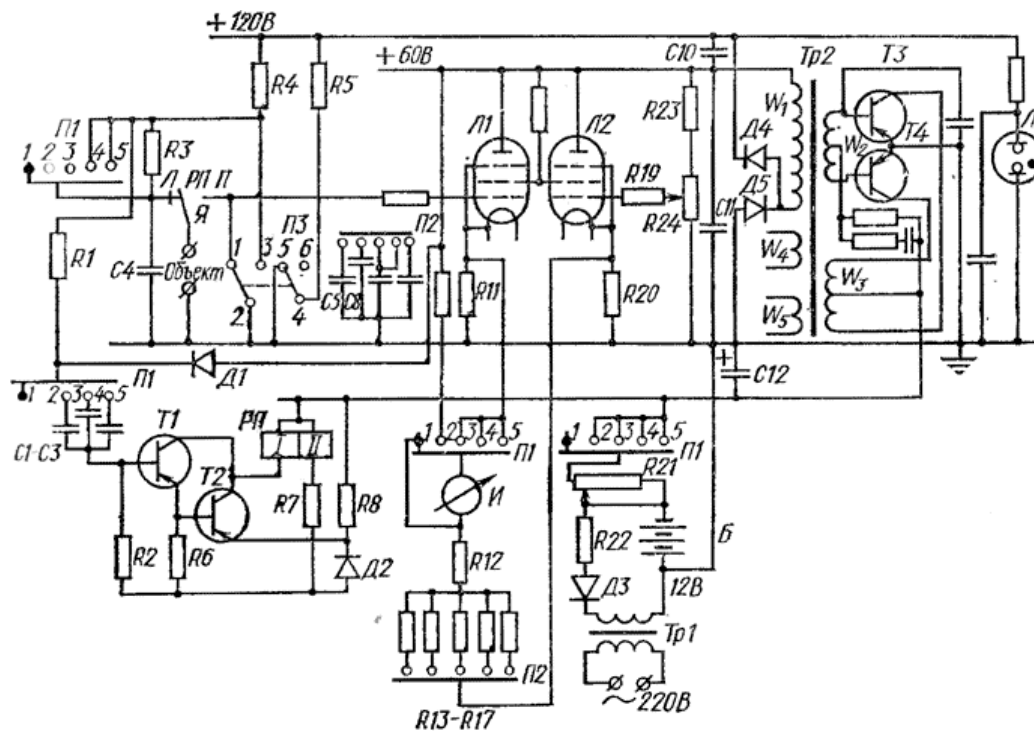


Рис. 137. Схема прибора ПКВ-8

Вимірювання опору ізоляції обмоток силових трансформаторів

Опір ізоляції обмоток силових трансформаторів, що мають паралельні гілки, проводиться між гілками, якщо при цьому паралельні гілки можуть бути виділені в електрично незв'язані ланцюга без розпаювання решт.

Вимірювання опору ізоляції силових трансформаторів рекомендується виробляти до вимірювання тангенса кута діелектричних втрат і ємності обмоток.

Вимірювання опору ізоляції обмоток трансформаторів проводиться мегомметром між кожною з обмоток і корпусом (землею) і між обмотками при від'єднаних і заземлених на корпус інших обмотках.

Стан ізоляції силових трансформаторів характеризується не тільки абсолютним значенням опору ізоляції, яке залежить від габаритів трансформаторів і застосовуваних у ньому матеріалів, але і коефіцієнтом абсорбції (відношенням опору ізоляції, виміряного двічі - через 15 і 60 с після прикладення напруги на

випробуваному об'єкті , R_{60} "і R_{15} ") . За початок відліку допускається приймати початок обертання рукоятки мегаомметра .

Вимірювання опору ізоляції дозволяє судити як про місцеві дефектах , так і про ступінь зволоження ізоляції обмоток трансформатора. Вимірювання опору ізоляції має проводитися мегаомметром , які мають напругу не нижче 2500 В з верхньою межею вимірювання не нижче 10000 МОм. На трансформаторах з вищою напругою 10 кВ і нижче допускається вимірювання опору ізоляції виробляти мегаомметром на 1000 В з верхньою межею вимірювання не нижче 1000 МОм.

Перед початком кожного вимірювання по рис.1 випробувана обмотка повинна бути заземлена не менше 2 хв . Опір ізоляції R_{60} " - не нормується , і показником в даному випадку є порівняння його з даними заводських або попередніх випробувань. Коефіцієнт абсорбції також не нормується , але враховується при комплексному розгляді результатів вимірювання .

Зазвичай при температурі 10 - 30 ° С для незволожених трансформаторів він знаходиться в таких межах: для трансформаторів менше 10000 кВА напругою 35 кВ і нижче - 1,3 , а для трансформаторів 110 кВ і вище - 1,5 - 2 . Для трансформаторів , зволожених або мають місцеві дефекти в ізоляції , коефіцієнт абсорбції наближається до 1 .

У зв'язку з тим , що при прийнятно-здавальних випробуваннях доводиться вимірювати трансформаторів при різних температурах ізоляції , слід враховувати , що значення коефіцієнта змінюється зі зміною температури. Залежність $K_{абс} = R_{60}$ " / R_{15} " - показана на рис.2.

Для порівняння опору ізоляції необхідно вимірювати при одній і тій же температурі і в протоколі випробування вказувати температуру , при якій проводилося вимірювання . При порівнянні результати вимірювань опору ізоляції при різних температурах можуть бути приведені до однієї температурі з урахуванням того , що на кожні 10 ° С зниження температури R_{60} " збільшується приблизно в 1,5 рази.

В інструкції на цей рахунок даються такі рекомендації : значення R_{60} " має бути приведене до температури вимірювання , зазначеної в заводському паспорті , воно має бути : для трансформаторів 110 кВ - не менше 70 % , для трансформаторів 220 кВ - не менше 85 % значення , зазначеного в паспорті трансформатора.

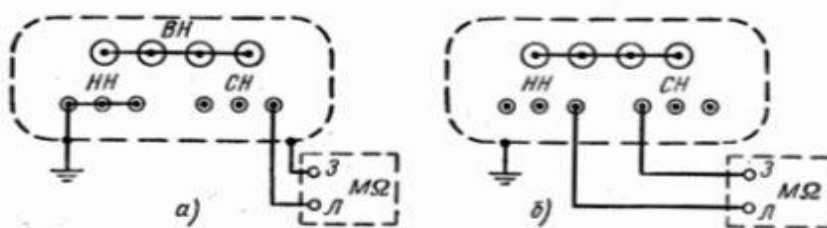


Рис. 1. Схеми вимірювання опору ізоляції обмоток трансформатора: а - щодо корпусу; б - між обмотками трансформатора

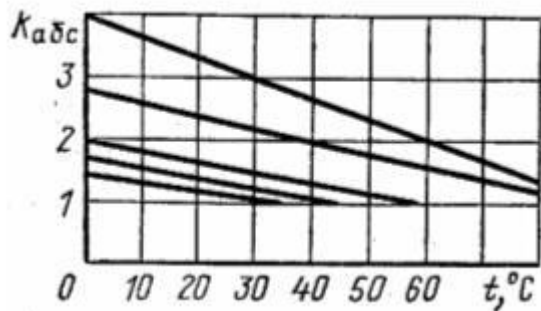


Рис. 2 Залежність $K_{абс} = R_{60} / R_{15}$

Вимірювання опору ізоляції вводів з паперово-масляною ізоляцією проводиться мегаомметром на напругу 1000 - 2500 В. При цьому вимірюється опір додаткової ізоляції вводів щодо сполучної втулки, яке має бути не менше 1000 МОм при температурі 10 - 30 ° С. Опір основної ізоляції введення трансформатора повинно бути не менше 10 000 МОм.

Контроль стану ізоляції елементів розподільних пристроїв

Одним з найважливіших видів випробувань після монтажу або капітального ремонту розподільчих пристроїв є визначення загального середнього рівня стану ізоляції елементів розподільних пристроїв і виявлення слабких місць в ізоляції (місцеві дефекти).

Найбільш поширеним і простим методом контролю ізоляції як первинної, так і вторинної комутації пристроїв є вимірювання величини опору ізоляції випрямленою напругою за допомогою мегомметра. Їм добре виявляються слабкі місця в ізоляції апаратури, які супроводжуються різким зниженням опору ізоляції фаз один щодо одного або щодо землі. При відсутності явних пробів і з'єднань вимір цим методом дає уявлення про середню стані ізоляції, головним чином відносно її зволоження і забруднення.

Судити про стан ізоляції окремих елементів пристрою за даними вимірювання слід порівнянням з вимірюванням при попередньому поточному ремонті, порівнянням показань по окремих фазах окремих однотипних елементів між собою. Різке зменшення опору ізоляції, наприклад, одного ізолятора в порівнянні з іншим говорить про наявність у ньому дефекту.

Вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра може проводитися тільки після зняття робочої напруги і ємнісного заряду з апаратури або елементів розподільних пристроїв.

Для підвісної і опорної ізоляції підстанцій застосовується метод вимірювання розподілу напруги по ізоляції в робочих умовах за допомогою спеціальної штанги. Розподіл напруги по поверхні здорової ізоляції для даного типу ізоляції є цілком визначеним і може бути представлено характерною кривою. При пошкодженні одного з елементів ізоляції розподіл напруги змінюється: на пошкодженному елементі воно зменшується, а на здорових - відповідно збільшується.

Як приклад на рисунку наведені криві розподілу напруги на гірлянді 110 кВ для придатних ізоляторів і для випадку пошкодження четвертого ізолятора. Ізолятор підлягає заміні, якщо величина припадає на нього напруги, виміряна штангою, знизилася в порівнянні з напругою, що доводиться на придатний ізолятор, не менше ніж 1,5 - 2 рази.

Результати вимірювань розподілу напруги уздовж гірлянди ізоляторів : 1 - для здорових ізоляторів , 2 - при пошкодженні четвертого ізолятора зверху.

Для високовольтних маслонаповнених , мастіконаполнених і бакелітових ізоляторів та вводів загальний стан ізоляції залежить від величини діелектричних втрат . Однак більш зручним показником, що характеризує середній рівень стану ізоляції вводів , не є втрати (залежні також і від розміру ізолятора) , а тангенс кута втрат , практично рівний відношенню активного струму витоку до ємкісного току ($\text{tg}\delta = I_a / I_c$) , Ця величина вимірюється спеціальними приладами (мостами) .

Вимірювання кута діелектричних втрат дає можливість стежити за процесом старіння такої гігроскопічної ізоляції, як бакелит , папір та ін , у якої утворюються повітряні прошарки , що сприяє проникненню вологи в ізоляцію

.Ці та всі інші зміни, що ведуть до зниження якості цієї ізоляції , дають збільшення втрат в діелектрику . Тому контроль середнього рівня стану ізоляції методом визначення тангенса кута діелектричних втрат є обов'язковим для всіх маслонаповнених , мастіконаполнених і бакелітових ізоляторів та вводів . Фарфорова ізоляція за своєю структурою такого контролю не вимагає.

Для виявлення ослаблених місць в обов'язковий комплекс випробувань всіх видів ізоляції входить випробування як первинної , так і вторинної комутації пристроїв підвищеною напругою . Величина випробувальної напруги і періодичність випробувань як окремих апаратів , так і всього пристрою в цілому регламентуються обсягом і нормами випробувань.

Лекція № 15

Тема:Випробування ізоляції і електричних контактів. Випробування ізоляції підвищеною напругою.

Мета: Оволодіти знаннями з питання випробування ізоляції підвищеною напругою.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Попередня перевірка ізоляції.
- 2.Випробування ізоляції підвищеною напругою змінного струму
- 3.Випробування ізоляції випрямленою напругою

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.148-158

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Випробування ізоляції підвищеною напругою

1. Випробування ізоляції підвищеною напругою дозволяє переконатися в наявності необхідного запасу міцності ізоляції, відсутності місцевих та загальних дефектів, не виявлених іншими способами.

Випробуванню ізоляції підвищеною напругою повинні передувати ретельний огляд і оцінка стану ізоляції іншими методами. Ізоляція може бути піддана випробуванню підвищеною напругою тільки при позитивних результатах попередніх перевірок.

Ізоляція вважається такою, що витримала випробування підвищеною напругою в тому випадку, якщо не було пробіїв, часткових розрядів, виділень газу або диму, різкого зниження напруги і зростання струму через ізоляцію, місцевого нагріву ізоляції.

Залежно від виду обладнання та характеру випробування ізоляція може бути випробувана підвищеною напругою змінного струму або випрямленою напругою. У тих випадках, коли випробування ізоляції проводиться як змінною, так і випрямленою напругою, випробування випрямленою напругою має передувати випробуванню змінною напругою.

2. Випробування ізоляції підвищеною напругою змінного струму

В якості випробувальної напруги використовується зазвичай напруга промислової частоти. Час прикладання випробувальної напруги прийнято рівним 1 хв для головної ізоляції і 5 хв для міжвиткової. Така тривалість прикладення випробувальної напруги не позначається на стані ізоляції, яка не має дефектів, і достатня для перевірки ізоляції, що знаходиться під напругою.

Швидкість підвищення напруги до однієї третини випробувального значення може бути довільною, надалі випробувальну напругу слід підвищувати плавно, зі швидкістю, що допускає візуальний відлік на вимірювальних приладах. При випробуванні ізоляції електричних машин час підвищення напруги від половинного до повного значення повинно бути не менше 10 с.

Після встановленої тривалості випробування напруга плавно знижується до значення, що не перевищує однієї третини випробувального, і відключається. Різке зняття напруги допускається в тих випадках, коли це необхідно для безпеки людей або збереження обладнання. Під тривалістю випробування мається на увазі час прикладання повної випробувальної напруги.

Для запобігання неприпустимих перенапруг при випробуваннях (через вищі гармоніки в кривій випробувальної напруги) випробувальна установка має бути по можливості включена на лінійну напругу мережі. Форму кривої напруги можна контролювати електронним осцилографом.

Випробувальну напругу, за винятком відповідальних випробувань (генераторів, великих двигунів і т. д.), вимірюють на стороні низької напруги. При випробуванні об'єктів з великою ємністю, напруга на високій стороні

випробувального трансформатора може дещо перевищувати розрахункову за коефіцієнтом трансформації за рахунок ємнісного струму.

При відповідальних випробуваннях випробувальну напругу вимірюють на високій стороні випробувального трансформатора за допомогою трансформаторів напруги або електростатичних кіловольтметрів.

У тих випадках, коли одного трансформатора напруги для вимірювання випробувальної напруги недостатньо, допускається послідовне з'єднання двох однотипних трансформаторів напруги. Застосовують також додаткові опори до вольтметрів.

Для захисту відповідальних об'єктів від випадкового небезпечного підвищення напруги, паралельно якій випробувальний об'єкт повинен бути включений через опір (2 - 5 Ом на кожен вольт випробувальної напруги) кульових розрядників з пробивною напругою, рівною 110 % випробувальної.

Схема випробування ізоляції електрообладнання підвищеною напругою змінного струму наведена на рис. 1.

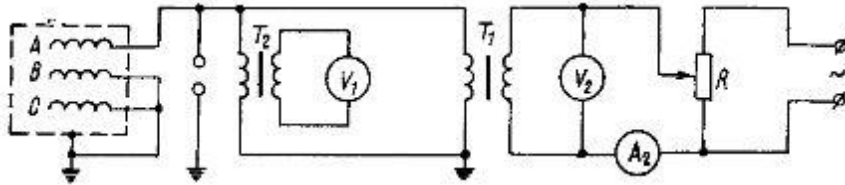


Рис . 1 . Схема випробування ізоляції підвищеною напругою змінного струму.

Перед подачею напруги на випробовуваний об'єкт повністю зібрану схему випробують вхолосту і перевіряють напругу пробою кульових розрядників.

В якості випробувальних трансформаторів, крім спеціальних, можна використовувати силові трансформатори і трансформатори напруги.

Силові трансформатори при такому використанні допускають навантаження по струму до 250 % номінального при трикратному (пофазному) випробуванні з двохвилинною перервою між прикладанням напруги. Для трансформаторів напруги типу НОМ допустимо підвищення напруги на первинній обмотці до 150 - 170 % номінальної. За відсутності випробувального трансформатора достатньої потужності можливе паралельне включення однотипних трансформаторів.

3. Випробування ізоляції випрямленою напругою

Застосування випрямленої випробувальної напруги дозволяє значно зменшити потужність випробувальної установки, робить можливим випробування об'єктів з великою ємністю (кабелів конденсаторів та ін), дозволяє контролювати стан ізоляції за вимірюваним струмом витoku.

При випробуванні ізоляції випрямленою напругою, як правило, застосовуються схеми однополуперіодного випрямлення. На рис. 2 приведена принципова схема випробування ізоляції випрямленою напругою.

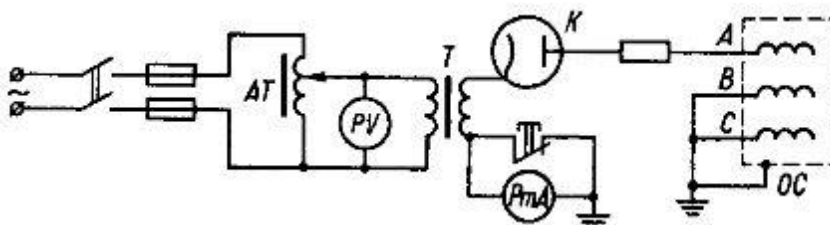


Рис . 2 . Схема випробування ізоляції випрямленою напругою

Методика випробування ізоляції випрямленою напругою аналогічна методиці при випробуваннях змінною напругою. Додатково ведеться контроль за струмом витоку. Час прикладання випрямленої напруги більш тривалий, ніж при випробуванні змінною напругою, і залежно від випробань встановлено нормами в межах 10 - 15 хв.

Вимірювання випробувальною напругою, як правило, здійснюється за допомогою вольтметра, включеного на стороні низької напруги випробувального трансформатора (з перерахунком за коефіцієнтом трансформації).

Оскільки випрямлена напруга визначається амплітудним значенням, показання вольтметра (вимірює ефективні значення напруги) необхідно помножити на внутрішній опір випрямної лампи(невелике при нормальному напруженні катода різко зростає при недостатньому струмі розжарення). При цьому падіння напруги в випрямній лампі збільшується, а на випробувальному об'єкті зменшується. Тому при випробуваннях необхідно стежити за напругою живлення випробувальної установки. Доцільно також застосування вольтметра з великим додатковим опором для вимірювання тиску на високій стороні.

Як і при випробуваннях змінною напругою, в цілях захисту відповідальних об'єктів від випадкового надмірного підвищення напруги рекомендується паралельно випробувальному об'єкту включити через опір (2 - 5 Ом на кожен вольт випробувальної напруги) розрядник з пробивною напругою, рівною 110 - 120% випробувальної.

Струм, що проходить через ізоляцію при випробуваннях випрямленою напругою, в більшості випадків не перевищує 5 - 10 мА, що обумовлює невелику потужність випробувального трансформатора.

При випробуваннях об'єктів з великою ємністю (силові кабелі, конденсатори, обмотки великих електричних машин) заряджена до випробувальної напруги ємність об'єкта має великий запас енергії, миттєвий розряд якої може привести до руйнування апаратури випробувальної установки. Тому розряджати випробований об'єкт слід так, щоб розрядний струм не проходив через вимірювальний прилад.

Для зняття заряду з випробовуваних об'єктів використовуються заземлювальні штанги, в електричне коло яких включається опір 5 - 50 кОм.

В якості розрядних опорів для об'єктів, що мають велику ємність, астосовують наповнені водою гумові трубки.

Заряд ємності навіть після короткочасного накладення заземлення може зберігатися тривало і становити небезпеку для життя персоналу. Тому після того як випробований об'єкт розряджений за допомогою розрядного пристрою, він повинен бути наглухо заземлений.

Лекція № 16

Тема: Випробування ізоляції і електричних контактів. Зовнішній огляд контактів. Основні показники якості контактних з'єднань.

Мета: Сформулювати поняття, уявлення з питання зовнішній огляд контактів та основних показників якості контактних з'єднань.

Методи: словесний, наочний.

План:

1.Зовнішній огляд контактів.

2.Основні показники якості контактних з'єднань

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.131-133

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Зовнішній огляд контактних з'єднань

Зовнішнім оглядом контролюють : якість металевих покриттів на деталях контактних з'єднань, щільність прилягання контактних поверхонь у плоских розбірних електричних контактних з'єднань (при такому випробуванні між сполучаються площинами струмоведучих деталей щуп товщиною 0,03 мм не повинен входити далі зони, що знаходиться під периметром шайби або гайки; якщо шайби різного діаметру, зону визначають діаметром меншою шайби); геометричні розміри обпресувати частини нерозбірних електричних контактних з'єднань, відсутність тріщин, подрізів, незаплавлених кратерів у зварних або паяних електричних з'єднань. Якість таких з'єднань контролюють вибірково , але не менше ніж на трьох зразках.

Вимірювання електричного опору контактних з'єднань

Електричний опір вимірюють між точками , тобто на ділянках , умовно прирівняних до довжини електричного контактного з'єднання . Для інших випадків точки вимірювання встановлюють на відстані 2 - 5 мм від контактного стику по ходу проходження струму. При необхідності опору контактних з'єднань пакета шин або паралельних жил проводів та кабелів вимірюють окремо для кожної пари елементів .

При вимірюванні опору багатодротяних жил проводів та кабелів їх попередньо упресовують гільзами або накладають бандаж з трьох -чотирьох витків мідного лудженого дроту 0,5 - 1,5 мм. Опір з'єднань багатодротяних жил перерізом до 6 мм² вимірюють проколом ізоляції без обпресування гільзи або накладення бандажу. Опір електричних контактних з'єднань вимірюють методом вольтметра - амперметра на постійному або змінному струмі, мікрометром і т. п. при температурі навколишнього середовища 20 ° С. Для проколу слід використовувати щупи з гострими голками , що руйнують оксидну плівку.

Якщо вимірювання електричного опору контактних з'єднань виконують при інших температурах, отримані дані опору приводять до розрахункової температури.

Випробування контактних з'єднань методом амперметра - вольтметра

Випробуванням методом вольтметра - амперметра піддають нерозбірні контактні з'єднання і розбірні з'єднання жил проводів і кабелів з гніздовими виводами і затискачами і плоскими затискачами і виводами з фасонними шайбами.

Механічні випробування контактних з'єднань

Зварні з'єднання відчують вплив статичного навантаження на стандартних зразках або контактних з'єднаннях, виконаних пайкою, обпресуванням, та на розбірних контактних з'єднаннях. Якщо випробовують багатодротову жилу, використовують роликові механічні захвати або інше пристосування, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження по окремих дротах жили.

Для оцінки міцності з'єднання служить метод порівняння статичних осьових навантажень, що руйнують з'єднання і цілий провідник. Якщо з'єднання виконано з провідників різного перетину або різних матеріалів, оцінку його міцності виконують порівнянням з цілим провідником меншої міцності.

Таким випробуванням піддають плоскі виводи з різьбовими отворами й штирові виводи для визначення їх здатності витримувати вплив кратного моменту. Після таких випробувань на контактних з'єднаннях не повинно бути пошкоджень, залишкових деформацій, ослаблення затягування болтів, гвинтів та гайок, що перешкоджають нормальній експлуатації пристроїв, зростання опору і температури при нагріванні номінальним струмом.

Випробування контактних з'єднань на нагрівостійкість

Випробуванню на нагрівостійкість піддають контактні з'єднання в складі виробу або окремі блоки лінійних з'єднань після вимірювання опору ізоляції. Нагрівання можливо як постійним так і змінним струмом, при цьому лінійні контактні з'єднання для випробування збирають в послідовний ланцюг. Стала температура з'єднань повинна відповідати вимогам ГОСТу або стандартів і технічних умов.

Випробуванню в режимі циклічного нагрівання піддають контактні з'єднання після вимірювання електричного опору і випробування на нагрівання номінальним струмом. Воно полягає в попереминому циклічному нагріванні контактних з'єднань струмом до 120 ± 10 °С з подальшим охолодженням до температури навколишнього середовища, але не вище 30 °С. Таких циклів повинно бути не менше 500.

Струм для випробування встановлюють дослідним шляхом з розрахунку часу нагрівання протягом 3 - 10 хв. Після кожного циклу допускається охолоджувати випробовуване з'єднання обдувом. Через кожні 50 циклів вимірюють опір ізоляції контактних з'єднань і визначають середній опір групи однорідних сполук.

Випробування контактних з'єднань на стійкість при наскрізних струмах

Випробуванню на стійкість при наскрізних струмах піддають з'єднання після вимірювання електричного опору. Контактні з'єднання витримали такі випробування, якщо вони відповідають вимогам ГОСТу.

Кліматичні випробування контактних з'єднань

Необхідність кліматичних випробувань, види і значення кліматичних факторів впливу зовнішнього середовища встановлюються стандартами та технічними умовами. Після випробувань на контактних поверхнях не повинно бути вогнищ корозії і зростання опору вище допустимого.

Випробування контактних з'єднань на надійність

Випробування на надійність здійснюють нагріванням контактних з'єднань номінальним струмом в умовах і режимах, близьких до експлуатаційних. Його тривалість зазвичай не менше 1500 годин під струмом, при цьому періодично, через кожні 150 годин, вимірюють температуру контактних з'єднань .

Лекція № 17

Тема:Випробування електричних машин і силових трансформаторів.Загальні відомості. Вимірювання активних, індуктивних і повних опорів електричних машин.

Мета: Набуття студентами знань з питань випробування електричних машин і силових трансформаторів, вимірювання активних, індуктивних і повних опорів електричних машин.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Загальні відомості.
2. Вимірювання активних, індуктивних і повних опорів електричних машин.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.194-198

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Загальні відомості

В обсяг випробувань електричних машин і силових трансформаторів під час пусконаладжувальних робіт входять :

- ознайомлення з документацією (паспортними даними, проектом заводськими протоколами випробування та інструкціями);
- огляд;
- визначення можливості включення обладнання без сушіння; вимірювання опору ізоляції ;

- випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти;
- випробування виткової ізоляції (поєднується з випробуванням на холостому ході);
- зняття характеристик холостого ходу і короткого замикання;
- фазування;
- вимір омичних опорів обмоток;
- перевірка охолоджувальних пристроїв;
- пускове опробування .

Крім того, в електричних машинах вимірюють повітряні зазори в магнітній системі і підшипниках, вібрацію (виконують монтажники), залишкову напругу генераторів (при відсутності струму в ланцюзі збудження), опір ізоляції підшипників і термодетектора, активні і реактивні опори, а також постійні часу (для генераторів потужністю 150 МВт і більше), а в окремих випадках проводять випробування на нагрівання і перевіряють механічні характеристики.

У силових трансформаторах перевіряють групу з'єднання, коефіцієнт трансформації, роботу пристроїв регулювання напруги, ізоляцію доступних стяжних болтів магнітопроводу, заземлення ярмових балок, пресуючих кілець і магнітопроводу, випробовують вводи, вбудовані трансформатори струму, трансформаторне масло, проводять випробування на маслощільність .

При ознайомленні з документацією встановлюють відповідність перевіря-ється обладнання проекту, виписують дані, необхідні для подальших випробу-вань, заносять необхідні відомості до протоколів випробувань.

При огляді встановлюють комплектність, відсутність видимих пошкоджень конструктивних елементів, ізоляції та провідників (обмоток , виводів), правильність установки і збірки обладнання, що випробовується.

Можливість включення електрообладнання без сушіння виявляють в основному на підставі вимірювання опору ізоляції, коефіцієнта абсорбції та інших показників ступеня зволоження ізоляції електричних машин і трансформаторів. При цьому слід керуватися відповідними інструкціями («Інструкція з визначення умов включення обертових машин змінного струму без сушіння » та «Інструкція з транспортування , розвантаження, зберігання , монтажу та введенню в експлуатацію силових трансформаторів загального призначення на напругу 110-550 кВ»),

Омічні опору електричних машин і трансформаторів слід вимірювати дуже ретельно приладами підвищеної точності, переважно мостами. Це пояснюється тим, що параметри (омичні, індуктивні і активні опори) машин необхідні при побудові їх робочих характеристик і, отже, тільки при достатній точності вимірювання опорів можна розраховувати на правильну оцінку режимів роботи перевіряємої машини по побудованим робочим характеристикам. Результати вимірювань опорів постійному струму зіставляють з результатами попередніх вимірювань (зазвичай заводськими даними), від яких вони не повинні відрізнятися більш ніж на 2 % (для обмоток якорів машин постійного струму і шунтових реостатів ця відміна допускається до 10%) . Для багатозначних обмоток опір окремих фаз не повинні відрізнятися більш ніж на 2 %, а для синхронних генераторів 50 МВт і більше - не більше ніж на 1 %.

Вимірювання зазорів , вібрації ізоляції підшипників і термодетектора електричних машин

Нормальна робота електричних машин можлива за наявності певних зазорів між рухомими та нерухомими частинами магнітної системи (між ротором і статором в

машинах змінного струму і якорем і полюсами в машинах постійного струму) і в підшипниках, а також, якщо вібрація при роботі не перевищує певних значень.

Зазори вимірюють спеціальними щупами, а величину вібрації (подвоєну амплітуду коливань підшипників) - вібрметри в трьох напрямках: горизонтально-поперечному, горизонтально-поздовжньому і вертикальному (на всіх підшипниках). Зазори і вібрацію вимірюють монтажники при монтажі електричної машини, домагаючись, щоб вони були в межах норм, встановлених ПУЕ.

Щоб уникнути появи індуктованих струмів в контурі сталь ротора – підшипники - фундаментна плита, контур при монтажі синхронних машин розривають, ізолюючи один з підшипників (зазвичай з боку збудника) ізоляційною прокладкою, яка встановлюється під його стільцем (рис. 167, а). Одночасно створюють розрив у ланцюгу маслопроводу, по якому подається мастило в підшипник, оскільки інакше маслопровод буде шунтувати ізоляційну прокладку під стільцем підшипника. Ланцюг та маслопроводі розривають, встановлюючи ізоляційну прокладку між фланцями, а також постачаючи ізоляційними втулками і шайбами болти, якими ці фланці скріплюють між собою.

Ізоляцію стільця підшипника і маслопроводу вимірюють у процесі монтажу електричної машини мегаомметром при напрузі не більше 1000 В.

Іноді між ізоляційними прокладками маслопроводу є металеві шайби, ізольовані від фланців, а між шарами ізоляції підшипників - тонкі металеві прокладки. Це дозволяє вимірювати опір ізоляції відповідних елементів змонтованої машини. Якщо шайб і прокладок немає, для вимірювання ізоляції стільця підшипника один кінець вала піднімають (зазвичай краном).

На працюючій машині ізоляцію - підшипника перевіряють, вимірюючи напругу U_B на валу ротора (рис. 167, б) і напругу U_n між ізольованими підшипником і фундаментною плитою (рис. 167, в). Перемички Я встановлюють на час виміру, щоб зашунтувати масляні плівки в обох підшипниках. Ізоляція підшипника справна, якщо U_B і U_n рівні або відрізняються не більш ніж на 10 %.

Ізоляцію термодетектора перевіряють мегаомметром на напругу не більше 250 В у зібраній схемі (разом із сполучними проводами) щодо корпусу машини.

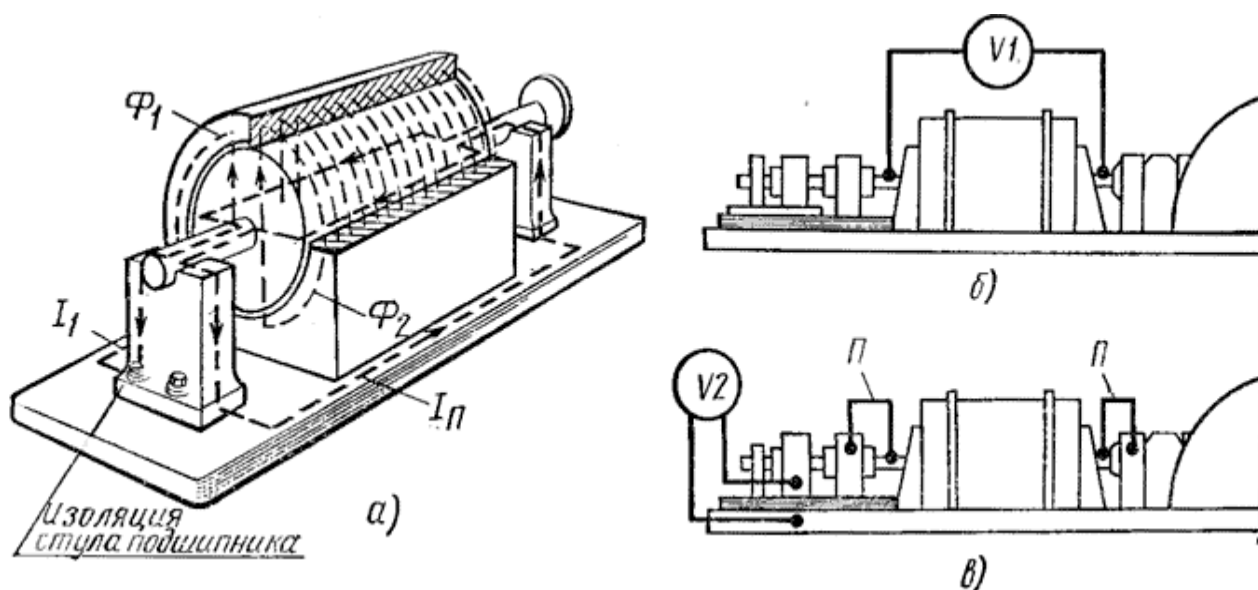


Рис . 167 . Перевірка ізоляції стільця підшипника:

а - схема утворення струму через підшипник , б і в- перевірка ізоляції

Вимірювання повних опорів обмоток електричних машин

У деяких випадках для з'ясування цілосності обмоток і з'єднань між окремими елементами обмоток, відсутності виткових замикань доцільно вимірювати повні опори окремих обмоток електричних машин змінному струму. Підводячи до обмотки змінну напругу від стороннього джерела, вимірюють силу струму і напругу, після чого підраховують повний опір обмотки. Якщо повні опори однойменних елементів обмотки (катушок, секцій) приблизно однакові, можна вважати їх справними. Ці виміри рекомендується виконувати для обмоток індукторів явнополюсних машин змінного струму.

При вимірі активних, індуктивних і повних опорів електричних машин слід мати на увазі, що ці опори залежать від частоти змінного струму. При живленні вимірювальної схеми від потужних стабільних джерел, наприклад від електричної мережі, пов'язаної з електричною системою, частота змінного струму дорівнює 50 Гц і не змінюється. Однак при монтажі нових електро-установок іноді доводиться користуватися автономними джерелами змінного струму. У цьому випадку обов'язково слід контролювати частоту струму.

Лекція № 18

Тема: Випробування електричних машин і силових трансформаторів. Вимірювання коефіцієнта трансформації трансформаторів.

Мета: Набуття студентами знань з питань визначення коефіцієнта трансформації трансформаторів та його вимірювання.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Вимірювання коефіцієнта трансформації трансформаторів.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.213-215

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Вимірювання коефіцієнта трансформації трансформаторів

При пусконаладжувальних роботах зазвичай обмежуються виміром коефіцієнта трансформації при подачі на обмотку вищої напруги живлення від мережі власних потреб 220 або 380 В. Визначають обмотки вищої і нижчої напруг не тільки з маркування виводів, але і за даними всіх попередніх робіт (виміру омичних

опорів, огляду і т. д.). Слід враховувати, що обмотки вищої напруги мають більше витків з дротами меншого перетину і, отже, їх омичний опір більший омичного опору обмоток нижчої напруги.

Перевірка коефіцієнта трансформації трифазного трансформатора

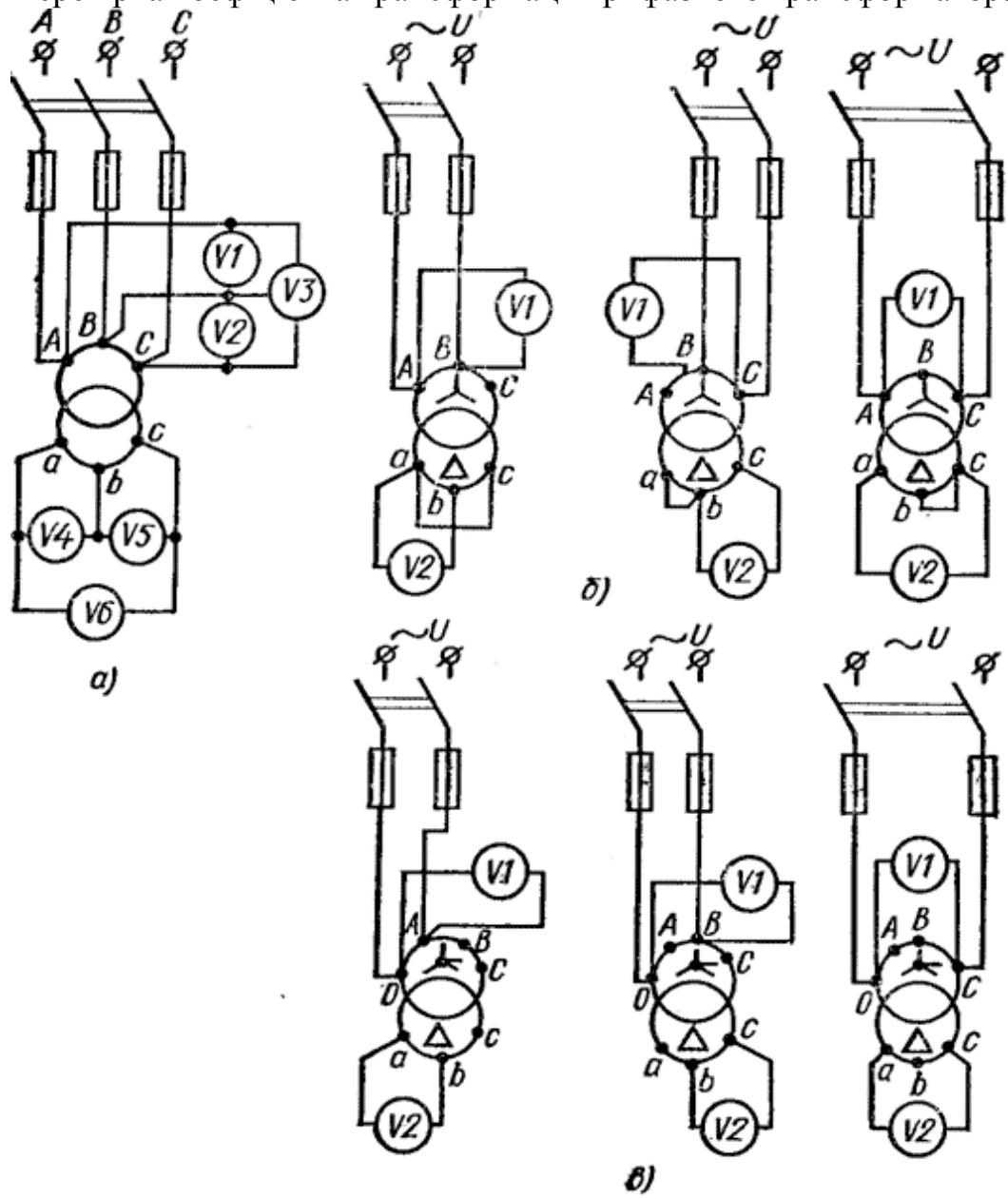


Рис . 183 . Перевірка коефіцієнта трансформації трифазного трансформатора :
 а - при живленні від мережі трифазного струму , б і в - при живленні від мережі однофазного струму

Необхідно пам'ятати, що подача напруги до обмотки нижчої напруги призводить до появи високої напруги на обмотці вищої напруги, наприклад, при підведенні напруги 220 В до обмотки 10 кВ трансформатора 220 / 10 кВ, на обмотці 220 кВ буде напруга 4800 В, що створює підвищену небезпеку як для людей, що виконують випробування, так і для інших, що знаходяться в зоні, де проводяться випробування. Тому слід джерело живлення підключати до обмоток вищої напруги. При вимірі коефіцієнта трансформації доцільно користуватися вольт-метрами класу 0,5 (наприклад, E59 / 1 для вимірювання вищої напруги 220 В, що підводиться до трансформатора, і E59 / 2 або E59/10 для вимірювання нижчої напруги).

При перевірці коефіцієнта трансформації однофазного трансформатора напруги одночасно заміряють напругу U_1 підведену до первинної обмотки , і U_2 на вторинній обмотці і підраховують коефіцієнт трансформації за формулою

$$K = \frac{U_1}{U_2}.$$

Коефіцієнт трансформації трифазних трансформаторів можна виміряти при подачі на обмотку вищої напруги живлення від трифазної мережі (рис. 183 ,а) , а також при подачі живлення від однофазної мережі до трансформаторів без виведеної нульової точки за схемами (рис. 183 , б) і з виведеною нульовою точкою (рис. 183 , в).

Коефіцієнт трансформації для схеми (див. рис. 183 , а) підраховують за формулою

$$K = \frac{K_1 + K_2}{2},$$

где $K_1 = \frac{U_{AB}}{U_{ab}}$ и $K_2 = \frac{U_{BC}}{U_{bc}}$;

для схеми (см. рис. 183, б) — по формуле

$$K = K_{\text{ср}} \sqrt{3},$$

где $K_{\text{ср}} = \frac{U_{AB}}{2U_{ab}}$ или $\frac{U_{BC}}{2U_{bc}}$, или $\frac{U_{AC}}{2U_{ac}}$

и, наконец, для схеми (см. рис. 183, в) — по формуле

$$K_{1\text{ср}} = \frac{U_{AO}}{U_{ab}} ; K_{2\text{ср}} = \frac{U_{BO}}{U_{bc}} ; K_{3\text{ср}} = \frac{U_{CO}}{U_{ac}} .$$

Визначення групи з'єднання трифазних трансформаторів

Група з'єднання трансформатора характеризує зсув по фазі між векторами лінійних напруг первинної та вторинної обмоток. Групу з'єднання прийнято виражати числом, отриманим від ділення на 30 кута (у градусах), на який відстає вектор вторинної напруги від відповідного вектора первинної напруги.

Знаючи полярність виводів обмоток трифазного трансформатора і стандартні позначення вивідних затискачів А , В, С первинної та а , b , c вторинної обмоток, неважко переконатися, що при різних схемах з'єднань первинних і вторинних обмоток можна отримати дванадцять груп з'єднання, починаючи від першої, коли вторинна напруга відстає від первинної на 30 °, і кінчаючи дванадцятою, коли вторинна напруга відстає від первинної на 360 ° (збігається з ним по фазі).

Слід зазначити, що для парних груп 2 , 4 , 6 , 8 , 10 і 12 характерно однойменне з'єднання первинної та вторинної обмоток (наприклад, первинна і вторинна обмотки з'єднані в зірку), а для непарних груп 1 , 3 , 7 , 9 і 11 характерно різнойменне з'єднання обмоток (наприклад, первинна обмотка з'єднана в зірку, а вторинна - в трикутник).

Раніше стандартними було прийнято дві групи з'єднання для трифазних трансформаторів: дванадцята й одинадцята при чергуванні фаз підведеної напруги відповідно алфавітному чергуванню літер, що позначають виводи (А , В до С). Якщо змінити чергування фаз підведеної напруги, то для одного і того ж трансформатора з непарною групою відбудеться зміна групи. Так , при чергуванні фаз підведеної до первинної обмотки напруги в послідовності А - В - С має місце 11 - та група, а при чергуванні фаз підведеної напруги в послідовності А - С - В - 1 - ша група. Це завжди

слід пам'ятати при проведенні робіт, пов'язаних з визначенням групи з'єднання трифазних трансформаторів і фазуванні та перевірці захистів під навантаженням.

Маркують виводи трифазних силових трансформаторів і трансформаторів напруги, що випускаються, по порядку А - В - С зліва направо, якщо дивитися з боку виводів обмотки високої напруги. Виводи від нульової точки завжди розташовують перед виведенням А.

Групу з'єднання трифазного трансформатора можна визначити поляромером, ваттметром, вольтметром і спеціальними приладами, наприклад за типом синхроскопа або фазометра, безпосередньо показують кутовий зсув між лінійними напругами первинної та вторинної обмоток трансформатора.

При користуванні поляромером підключають батарею по черзі до висновків АВ, ВР і АС плюсом відповідно спочатку до Л, потім до В і після до Л. При цьому визначають за відхиленням стрілки гальванометра, який підключають послідовно до висновків ab, be і ac, полярність індуктированого напруги відносно висновків a, b і знову a. При підключенні батарей до кожної пари висновків первинної обмотки виробляють по три вимірювання полярності. Комбінації полярностей дозволяють визначити групу з'єднання. Перевірка групи з'єднання ваттметром розглянута в § 39.

На рис. 184 показана схема включення універсального Фазопоказки Е-500/1 для безпосереднього визначення фазового зсуву між напругами первинної та вторинної обмоток. Бажано для більшої впевненості та точності проведених вимірювань призвести два виміру: один для визначення кутового зсуву між напругами U_{Ab} і U_{ab} і другий для визначення фазового зсуву між напругами U_{Bc} і U_{bc} .

Для визначення вольтметром групи з'єднання трифазного трансформатора з'єднують висновки Ліан вимірюють напруги між висновками b і В, b і С, c і В. За результатами цих вимірів можна визначити групу з'єднання трансформатора.

Розроблені та виготовляються різні універсальні прилади і комплекти приладів, призначені спеціально для випробування трансформаторів. Зокрема, таким приладом є універсальний вимірювач коефіцієнта трансформації силових і вимірювальних трансформаторів УКТ - 3 (рис. 185). У цьому приладі напруга, індуктироваться у вторинній обмотці, порівнюється падінням напруги на резисторі r_2 і по співвідношенню опорів $r \setminus jr_2$ при збалансованій схемою, коли стрілка індикатора буде на нулі, визначають коефіцієнт трансформації перевіряється трансформатора. коефіцієнт

Визначення групи з'єднання трансформатора універсальним Фазопоказки

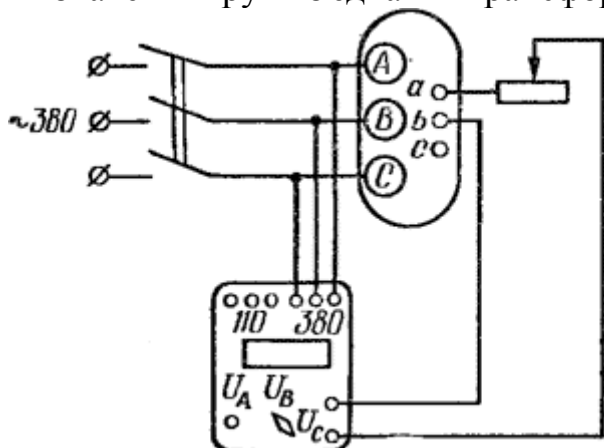


Рис . 184 . Визначення групи з'єднання трансформатора універсальним Фазопоказки Е -500 / 1

Той факт , що схему вдалося збалансувати , вказує на те , що маркування висновків трансформатора правильна. Отже , прилад УІКТ - 3 дозволяє одночасно з вимірюванням коефіцієнта трансформації перевірити полярність висновків.

Лекція № 19

Тема:Випробування електричних машин і силових трансформаторів. Визначення можливості включення трансформатора в роботу без сушки.

Мета: Набуття студентами знань з питання можливості включення трансформатора в роботу без сушки.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Пускове опробування електричних машин і трансформаторів
2. Визначення зволоженості ізоляції
3. Визначення вологості за коефіцієнтом абсорбції
4. Визначення вологості по ємності та частоті

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.220-227

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Визначення можливості включення трансформатора в роботу без сушки.Пускове опробування електричних машин і трансформаторів.

Визначення можливості включення трансформатора в роботу без ревізії активної частини і підйому дзвони, а також без сушіння (або підсушування)

Включення трансформатора в роботу без ревізії активної частини і підйому дзвону, а також без сушіння (або підсушування) дозволяє значно скоротити витрати часу, матеріальних та трудових ресурсів при його монтажі. Однак питання про допустимість включення трансформатора без виконання цих операцій може бути вирішене тільки на підставі розгляду умов і стану трансформатора під час транспортування, зберігання і монтажу з урахуванням результатів перевірок,

вимірювань і випробувань, проведених на всіх стадіях, починаючи від моменту відправки з заводу і кінчаючи здачею трансформатора в експлуатацію.

Існують основні вимоги для силових трансформаторів загального призначення на напругу 10-500 кВ до транспортування, зберігання, монтажу складових частин, що вимагають розгерметизації бака, а також до контролю стану ізоляції перед введенням в експлуатацію.

Визначення зволоженості ізоляції

Зволоженість ізоляції визначають зазвичай для вирішення питання про необхідність сушіння гігроскопічної ізоляції електричних машин і трансформаторів. Методи визначення ступеня зволоженості ізоляції ґрунтуються на фізичних процесах, що відбуваються в ізоляції при прикладенні до неї напруги.

Ємність ізоляції може бути представлена геометричній ємністю, яка визначається геометричними розмірами ізоляції, і ємністю абсорбційної, тобто ємністю, утвореною в товщі ізоляції неоднорідностями ізоляційного матеріалу, а також різними включеннями у вигляді повітряних проміжків, вологи, забруднень та ін.

При прикладенні напруги через ізоляцію в перший момент проходить струм заряду геометричній ємності, швидко припиняється у зв'язку з процесом зарядки цієї ємності.

Абсорбційна ємність проявляється не відразу після прикладенні до ізоляції напруги, а через деякий час після заряду геометричній ємності в результаті подальшого перерозподілу зарядів в товщі ізоляції та накопичення їх на кордонах окремих шарів, що утворюють через неоднорідностей як би ланцюжок послідовно включених ємностей. Наслідком заряду відповідних окремих ємностей (поляризації) є струм абсорбції в ізоляції.

Після припинення поляризації, тобто заряду абсорбційної ємності, струм абсорбції стає рівним нулю, але через ізоляцію продовжує проходити струм наскрізної провідності (струм витоку), значення якого визначається опором ізоляції постійному струму.

Визначення вологості за коефіцієнтом абсорбції засноване на порівнянні показань мегометра, знятих через різні проміжки часу після прикладення напруги.

$K_{аб} = R_{60} / R_{15}$, де R_{60} і R_{15} - опір ізоляції, виміряний відповідно через 60 і 15 с після прикладення напруги мегометра.

Для незволожених обмотки при температурі 10 - 30 ° С $K_{аб} = 1,3 - 2,0$, а для зволоженою обмотки коефіцієнт абсорбції близький до одиниці. Ця відмінність пояснюється різною тривалістю заряду абсорбційної ємності у сухої і вологої ізоляції.

Значення коефіцієнта абсорбції сильно залежить від температури ізоляції, тому для порівняння слід користуватися значеннями, виміряними або приведеними до однієї температури. Коефіцієнт абсорбції вимірюється при температурі не нижче + 10 ° С.

Визначення вологості по ємності та частоті виконується головним чином при випробуванні силових трансформаторів. Воно засноване на тому, що ємність незволожених ізоляції при зміні частоти змінюється менше (або зовсім не змінюється), ніж ємність зволоженою ізоляції.

Ємність ізоляції прийнято вимірювати при двох частотах: 2 і 50 Гц. При вимірюванні ємності ізоляції на частоті 50 Гц встигає проявитися тільки геометрична ємність, однакова у сухої і вологої ізоляції. При вимірюванні ємності ізоляції на частоті 2 Гц встигає проявитися абсорбційна ємність вологою ізоляції, в той час як у

сухої ізоляції вона менше і заряджається повільно. Температура при вимірах повинна бути не нижче $+ 10^{\circ} \text{C}$.

Ставлення ємності, виміряної при частоті 2 Гц (C2), до ємності при 50 Гц (C60) для зволоженої ізоляції становить близько 2, а для незволоженої - близько 1.

Визначення вологості ізоляції силових трансформаторів по ємності і температурі

Ізоляцію можна вважати незволоженою, якщо $(C70 - C20) / C20 < 0,2$

Ємність обмоток можна виміряти або за допомогою моста типу P5026 одночасно з вимірюванням тангенса кута діелектричних втрат, або вольтметром – ампер-метром. Температуру обмоток трансформаторів вимірюють термометром, встановленим у верхніх шарах масла, або встановлюють по опорі міді обмотки.

Визначення вологості ізоляції силових трансформаторів по приросту ємності за 1 с.

Заряджаючи ємність ізоляції і потім розряджаючи її, вимірюють ємність об'єкта C і приріст ємності dC протягом 1 с за рахунок абсорбційної ємності, яка встигає проявитися за 1 с у вологій ізоляції та не встигає - у сухої.

Ставлення dC / C характеризує ступінь зволоженості ізоляції обмоток трансформатора. Ставлення dC / C залежить від температури ізоляції та має вимірюватися при температурі не нижче $+ 10^{\circ} \text{C}$.

Лекція № 20

Тема: Випробування електричних машин і силових трансформаторів. Пускове опробування електричних машин і трансформаторів.

Мета: Набуття студентами знань з питання пускового опробування електричних машин і трансформаторів.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Пускове опробування електродвигунів
2. Пускове опробування трансформатора

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.227-231

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3. Правила улаштування електроустановок

Пускове опробування електричних машин і трансформаторів

Пускове опробування електродвигунів починають з підготовки їх до пуску. При цьому переконуються у відсутності в машині сторонніх предметів, надійно-сті механічних кріплень, наявності змащення в підшипниках і нормальній роботі всієї системи мастила. У великих машинах слід прокручувати обертову частину краном або валопроворотним механізмом (за наявності його), що забезпечує подачу масла в нижню частину вкладиша і перевірку вільного повертання вала.

Спочатку короткочасно подають напругу до машини, щоб ротор встиг зробити кілька оборотів. При цьому спостерігають, в який бік буде обертатися ротор, і переконуються у відсутності ненормальних явищ, заїдання ротора, різких механічних ударів, неспадання пускового струму тощо.

Якщо пробний пуск (поштовх) пройшов нормально, двигун включають повторно на досить тривалий час, протягом якого перевіряють роботу машини на холостому ході: прослуховують для виявлення несправностей у роботі; заміряють час розвороту двигуна до повних обертів і, якщо потрібно, частоту обертання на холостому ході; в окремих випадках знімають осцилограми сили струму статора, напруги і частоти обертання під час пуску; вимірюють вібрацію окремих частин машини віброметри, перевіряють поведінку захистів при пуску і, якщо потрібно, випробовують захист від пускових струмів.

При спостереженні за роботою підшипників слід встановити прилади для вимірювання їх температури. Граничні температури нагріву підшипників ковзання 80°C , а кочення 95°C . Допустима температура перегріву при температурі середовища 35°C відповідно 45 і 60°C .

При вимірі вібрації встановлюють на підшипниках віброметр і вимірюють вібрацію у всіх трьох напрямках (вертикальному, горизонтальному й осьовому). При установці вібрографа необхідно стежити, щоб він своєю підставою щільно прилягав до відповідного майданчику підшипника. В окремих випадках для його установки до підшипника прикріплюють спеціальний кронштейн. Амплітуда вібрації, обумовлена за розмахом стрілки вібрографа, не повинна перевищувати значень, зазначених заводом, або при відсутності даних значень, наведених у ПУЕ: при частоті обертання 3000, 1500, 1000, 750 об/хв і нижче відповідно 0,05; 0,1; 0,13; 0,16 мм.

Слід мати на увазі, що вібрація може бути підвищена з суто механічних причин: погане кріплення підшипникових стійок, підвищених зазорів в підшипниках, поганий центрування валів, динамічної та статичної неврівноваженості (недостатнє балансування) обертових частин машини, а також через ненормальностей електромеханічного характеру: підвищеної нерівномірності зазору між сталлю статора і ротора, порушення електричного кола ротора або замикання витків в обмотці ротора та ін. Вібрацію заміряють не тільки при роботі двигуна на повних обертах, але і в процесі його зупинки, після відключення від електричної мережі.

Після пробного пуску і зупинки електродвигуна вручну кнопкою або ключем управління за наявності інших пристроїв для його пуску (напівавтоматичної або автоматичної) при пусковому випробуванні слід провести пробні пуски та зупинки від усіх цих пристроїв, в тому числі обов'язково перевірити зупинку від аварійної кнопки.

Пускове опробування трансформатора полягає в наступному: збирають схему для включення трансформатора під робочу напругу без навантаження (на холостий хід), включають трансформатор, прослуховують, в окремих випадках знімають осцилограми сили струму і напруги під час включення трансформатора або

вимірюють амперметром струм холостого ходу, відбудовують захисту від пускових струмів (струмів намагнічування). Дозволяється включати трансформатор поштовхом під номінальну напругу. Після цього збирають схему трансформатора для включення з боку іншої напруги, виробляють фазування і включають трансформатор в транзит під навантаження. При наявності інших трансформаторів включають змонтований трансформатор на паралельну з ними роботу (короткочасно).

Залежно від типу трансформатора, його потужності та вищої напруги вимоги до пускового випробування та обсягом відповідних робіт різні. Далі наведені вимоги до пускового випробування (пробного пуску) трансформаторів загально-го призначення на напругу 110-500 кВ.

Якщо між закінченням монтажу і включенням трансформатора пройшло більше трьох місяців, необхідно:

взяти пробу масла на скорочений хімічний аналіз і виміряти $\text{tg}\phi$ при температурі масла не нижче $+5^\circ\text{C}$; характеристики масла повинні відповідати вимогам, зазначеним у ПУЕ в графі «Чисте сухе масло безпосередньо після заливки в обладнання»;

виміряти опір ізоляції і визначити коефіцієнт абсорбції $K = r_{60}/r_{15}$ і $\text{tg}\phi$ всіх обмоток ;

виміряти омичний опір обмотки ВН в робочому положенні перемикача для визначення температури ізоляції.

Якщо після монтажу до включення трансформатора пройшло - менше трьох місяців або більший термін, але результати зазначених перевірок позитивні, можна виконати пробне включення трансформатора (пусковий опробування).

Для цього спочатку перевіряють дію всіх передбачених захистів на відключення вимикача і оформляють відповідні документи, перевіряють дію вимикача, який повинен включати трансформатор, з усіма передбаченими блокуваннями, а також показання всіх термометрів, рівень масла в розширювачі, переконуються, що розширювач з'єднаний з баком і в газовому реле немає повітря. Потім відкривають засувки і крани на маслопроводах системи охолодження і газового реле і перевіряють правильність дії газового реле «На сигнал» і «На відключення».

Переконуються у відповідності показчиків положення дійсному стану всіх перемикачів відгалужень, відсутності сторонніх предметів на трансформаторі, течі масла і надійності заземлення бака. Перевіряють під'єднання до лінійним виводів і нейтралі розрядників, що поставляються заводом і входять у схему захисту трансформатора від перенапруги.

Включати трансформатор під напругу слід не раніше ніж через 12 годин після останньої доливки масла при включених релейних захистах. При цьому сигнальні контакти газового реле включають на відключення, а уставку максимального струмового захисту роблять мінімальною з витримкою часу, близькою до нуля. Потім включають трансформатор на холостий хід на 30 хв (згідно з ПТЕ електростанцій і мереж). Трансформатори з примусовою системою охолодження дозволяється включати для можливості прослуховування на холостому ході при відключеній системі охолодження, причому температура верхніх шарів масла не повинна бути вище 75°C .

Після зняття напруги необхідно виставити задані уставки на максимальний струмовий захист, провести кілька (3-5) включень на повну робочу напругу поштовхом для перевірки відбудови захистів від кидків струму, що намагнічує і

лабораторними приладами виміряти струм холостого ходу у всіх трьох фазах. При задовільних результатах пускового опробування трансформатор може бути включений під навантаження і зданий в експлуатацію.

Контрольні питання

Які роботи виконують при випробуваннях електричних машин?

Як вимірюють ізоляцію підшипників електричних машин при монтажі та в роботі?

Як знімають характеристики холостого ходу і короткого замикання синхронного генератора ?

Як визначити підвищення напруги на синхронному генераторі при • скиданні навантаження , користуючись характеристиками холостого ходу і короткого замикання?

Побудуйте механічну характеристику асинхронного двигуна, що має одну пару полюсів, номінальну частоту 2960 об / хв , номінальну потужність 20 кВт,

$M_k/M_n=2$.

Який порядок побудови пускової діаграми асинхронного двигуна і визначення величин пускових опорів?

Як виміряти частоту обертання асинхронного двигуна, користуючись неонову лампою, що живиться від мережі змінного струму?

Як виміряти коефіцієнт трансформації трифазного трансформатора при живленні обмоток вищої напруги від трифазної і однофазної мереж?

Як визначити групу з'єднання трансформатора полярномером? Наведіть приклад визначення групи з'єднання трансформатора з обмотками, з'єднаними за схемою зірка - трикутник.

Який порядок перевірки правильності роботи перемикача відгалужень під навантаженням?

За якими критеріями судять про можливість включення силового трансформатора в роботу без сушіння?

Лекція № 21

Тема: Налагодження кабельних ліній.

Загальні відомості. Випробування кабельних ліній

Мета: Набуття студентами знань з питання випробування кабельних ліній

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Знаходження місця пошкодження в кабельних лініях.

2. Характер пошкоджень в кабельних лініях

3. Дистанційні і трасові методи визначення пошкоджень в кабельних лініях

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.252-260.

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Профілактичне випробування ізоляції кабельних ліній є організаційно - технічним заходом, який дозволяє виявити виникли в процесі монтажу або експлуатації міських кабельних ліній дефекти в кабелях і муфтах з метою своєчасного усунення цих дефектів, а отже, запобігання аварій і недоотпуска електроенергії споживачам.

Профілактичні випробування кабельних ліній міських електричних мереж здійснюють підвищеними напруженнями постійного струму, нормовані величини якого наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Величини випробувальних напруг постійного струму при випробуванні кабелів напругою 3-10 кВ

U _{ном} кабельной линии кВ	U _{исп} , кВ		Продолжительность приложения испытательного напряжения, мин	
	после прокладки	при эксплуатации	после прокладки	при эксплуатации
3	18	15	10	5
6	36	30		
10	60	50		

Міжфазну ізоляцію кабельних ліній перевіряють за двухполярною схемою (рис.1), при якій напруга між жилами вдвічі перевищує напругу жил по відношенню до оболонки (землі).

При необхідності виявлення дефектів ізоляції (недостатня товщина ізоляції, наявність тріщин, розриви паперових стрічок, тощо) без порушення герметичності оболонки, яка не піддається виявленню при випробуваннях підвищеною напругою, застосовують метод випробування постійно - змінним струмом, при якому відключену кабельну лінію перевіряють (рис. 2) постійним струмом з одночасним накладенням невеликої змінної складової, що подається від окремого трансформатора.

Потужність трансформатора підбирають залежно від протяжності і напруги випробуваної кабельної лінії, що включається через розділюючий конденсатор C_p , ємність якого повинна приблизно відповідати ємності випробуваного кабелю. Для випробувань кабельних ліній міських електричних мереж застосовують пересувну випробувально-прожигальну установку, принципова схема якої показана на рис. 3.

Рис. 1. Випробування міжфазних ізоляції кабельної лінії постійним струмом за двополярною схемою

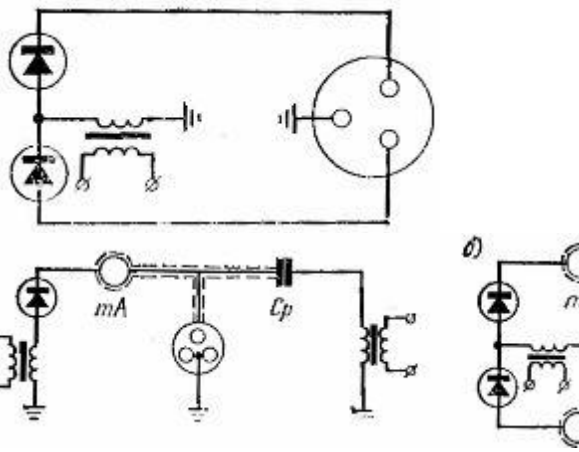


Рис. 2. Випробування ізоляції кабельної лінії постійно-змінним струмом: а - за однополярною схемою; б - за двополярною схемою

В обсяг пусконаладжувальних робіт при монтажі кабельних ліній входять: вивчення проектної і заводської документації та перевірка за місцем відповідності виконаних робіт проекту, вимірювання опору ізоляції та випробування підвищеною напругою постійного струму, фазування і включення на робочу напругу.

В умовах монтажу доводиться відшукувати місце пошкодження кабелю, що з'являється під час його випробування або з інших причин. В окремих випадках за спеціальними програмами виконують теплові випробування кабелів. Особливістю кабельної лінії в порівнянні з іншими об'єктами є те, що кабелі недоступні для огляду, тому про умови прокладки і розташуванні їх і з'єднувальних муфт можна судити тільки за актами на приховані роботи, кабельним журналам і виконавчим кресленнями.

При знаходженні місця пошкодження так званими відносними методами необхідно знати основні параметри кабельної лінії (індуктивний опір, ємності й опір постійному струму), а також не тільки загальну довжину кабельної лінії, але і її трасу, кількість і місця розташування з'єднувальних муфт чисельнику вказано для мідної, а в знаменнику для алюмінієвої жили.

Випробування кабельних ліній

При вимірюванні опору ізоляції кабельної лінії мегомметром отримують грубу оцінку її стану (відсутність замикань на землю і між жилами, обрив жил). Для вимірювання опору ізоляції слід користуватися мегомметром на напругу 2500 В. Результати вимірювання заносять в протокол, і вони є тими показниками, з якими порівнюють результати наступних випробувань, наприклад в процесі експлуатації. Опір ізоляції не нормується, але має бути порядку десятків мегом і вище.

Випробування кабельних ліній підвищеною напругою при пусконаладжувальних роботах виробляють зазвичай від джерел випрямленої напруги (кенотроні установкою, наприклад АИИ - 70). Норми на ці випробування наведено в табл. 27.

Таблиця 27

Условия испытания	Испытательное напряжение, кВ, для кабельной линии с рабочим напряжением, кВ				Длительность приложения напряжения каждой фазе, мин
	2-10	20-35	110	220	
После прокладки и монтажа	$6U_n$	$5U_n$	—	—	10
	—	—	300	400	15
После капитального ремонта	$6U_n$	$5U_n$	—	—	5
	—	—	250	400	15
В эксплуатации	$5-6U_n$	$4-5U_n$	—	—	5
	—	—	250	400	15

Підйом напруги слід вести плавно зі швидкістю не більше 1-2 кВ / с. При досягненні випробувальною напругою величини, передбаченої нормами, кабель витримують при цій нарузі протягом часу, зазначеного в нормах. При цьому вимірюють струм витоку спочатку грубішим приладом (милліамперметром), а потім, переконавшись, що струм дуже малий і відсутні поштовхи його, більш чутливим приладом (мікроамперметром) або одним приладом на два межі вимірювання, перемикаючи його спочатку на більший, а потім на менший межа вимірювання. Варто також стежити за відсутністю поштовхів напруги і струму витоку, поведінкою випробувального обладнання та кабелю в місці оброблення (відсутність коронування, що ковзають розрядів, перекриттів на землю і між жилами).

При підйомі напруги в перший момент після кожного впливу на регулюючий пристрій (підвищення напруги з одного ступеня на інший) відбувається різке зростання струму і потім швидке спадання його до 0,1-0,2 максимального значення .

Сила струму витoku не нормується , але зазвичай для хорошого кабелю не перевищує сотень мікроампер . При наявності дефектів у випробуваній кабелі струм витoku після поштовху , викликаного переходом на інший щабель напруги , спадає повільно, не змінюється або навіть зростає . Якщо кабель витримав випробувальну напругу протягом нормованого часу , сталі значення струму витoku записують у протокол.

У процесі випробування кабелю треба також стежити за співвідношенням струмів витoku різних фаз і визначити ставлення більшого струму витoku до меншого (коефіцієнт асиметрії) . У кабелю з хорошою ізоляцією він зазвичай менше двох .

При випробуванні кабельної лінії підвищеною напругою слід враховувати , що створюються умови з підвищеною небезпекою і для персоналу , безпосередньо бере участь у випробуванні кабельної лінії , і для людей , що знаходяться поблизу випробуваної кабельної лінії , а особливо на її кінцях . Тому при проведенні цих робіт потрібно звернути особливу увагу на підготовку робочого місця з дотриманням всіх технічних заходів з техніки безпеки , на допуск бригади до роботи і контроль під час роботи з дотриманням всіх організаційних заходів з техніки безпеки та обов'язкове виконання всіх загальних і спеціальних (що стосуються даного виду робіт) правил техніки безпеки . При цьому на обох кінцях випробується кабельної лінії повинні знаходитися чергові (що спостерігають) , які не допускають нікого до кабелю до тих пір, поки не закінчатся всі роботи з його випробування , не зняті випробувальну напругу і залишковий заряд з кабелю (останній необхідно заземлити) , а також спостерігають за станом кабелю на його кінцях під час випробування (наявність ковзних розрядів , сильного коронирования та інших явищ , характерних для дефектних кабелів).

Якщо кабельна лінія випробування підвищеною напругою витримала , то виробляють її фазировку і включення під робочу напругу.

Лекція № 22

Тема: Налагодження кабельних ліній. Знаходження місця пошкодження в кабельних лініях.

Мета: Набуття студентами знань з питання знаходження місця пошкодження в кабельних лініях.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Знаходження місця пошкодження в кабельних лініях.
2. Характер пошкоджень в кабельних лініях
3. Дистанційні і трасові методи визначення пошкоджень в кабельних лініях

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.252-260.

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

1. Види пошкоджень кабельних ліній, коротка характеристика методів їх виявлення

1.1 Характер пошкоджень в кабельних лініях

Всі пошкодження за характером поділяються на стійкі і нестійкі, прості і складні.

До стійких пошкоджень відносяться короткі замикання (КЗ), низькоомні витоку і обриви. Характерною особливістю стійких ушкоджень є незмінність опору в місці пошкодження з плином часу і під впливом різних дестабілізуючих факторів.

До нестійким пошкоджень відносяться витоку і поздовжні опору з великими величинами опорів, В«запливаючі пробоїВ» в силових кабельних лініях, зволоження місця порушення ізоляції та інші. Нестійкі ушкодження можуть самоусуватися, залишатися нестійкими або переходити за певних умов в стійкі. Опір в місці нестійкого пошкодження може змінюватися як з плином часу, так і під впливом різних дестабілізуючих факторів (напруги, струму, температури та ін).

Стійкість пошкодження може бути визначена за допомогою вимірювання опору ізоляції та прозвонки пошкодженого кабелю при відсутність чи наявність дестабілізуючих факторів. Це перша операція є обов'язкової для визначення місця пошкодження як силовий кабельної лінії.

1.2 Дистанційні і трасові методи визначення пошкоджень в кабельних лініях

Важлива роль з усіх операцій належить операції В«Виявлення зони знаходження місця пошкодження В»дистанційними методами.

Успішне вирішення операції дистанційного визначення відстані до зони знаходження місця пошкодження виміром з одного кінця кабелю дозволяє значно скоротити трудомісткість і час точного визначення місця пошкодження, оскільки зона обстеження кабельної лінії трасових методами істотно звужується. Це найбільш актуально для протяжних кабельних ліній.

Найбільшою ефективності виявлення місць пошкодження кабельних ліній можна домогтися спільним використанням приладів дистанційного визначення місць пошкодження та приладів трасового пошуку місць ушкодження. Для цього спочатку приладом дистанційного типу визначають зону знаходження місця пошкодження, а потім трасових приладом в зоні знаходження місця пошкодження визначають трасу залягання кабельної лінії і визначають точне місцезнаходження ушкодження.

При цьому виникає питання про можливість виявлення і точного визначення місця пошкодження тільки приладом дистанційного типу або тільки приладом трасового типу, наприклад у разі відсутності або виходу з ладу одного з приладів.

Зручності застосування приладів дистанційного типу, в Зокрема заснованих на методі імпульсної рефлектометрії, обумовлені перш все можливістю проведення вимірювань з одного кінця кабельної лінії і досить точним визначенням відстані до місця пошкодження, маючи на увазі відстань, яку проходить електричним імпульсом по лінії.

Точно вказати місце пошкодження на трасі за результатами замірів локаційним приладом можливо при укладанні кабелю в коробах або в метро - за наявності точної розмітки траси і за додатковими ознаками (наявності видимого обриву, пережатию, порушення захисного покриття або замовлення, слідами від пробою або вигорання ділянки кабелю, зволоженню і т.п.).

Прилади трасового пошуку дозволяють визначити трасу, глибину залягання і точне місцезнаходження пошкодження кабельної лінії.

Основний недолік трасових методів полягає в тому, що при невідомій зоні знаходження місця пошкодження для точного його визначення трасовим методом буде потрібно пройти з трасошукачі уздовж всієї траси. Це призводить до великих витрат, особливо для протяжних кабельних ліній або у важко доступних місцях.

Дистанційні методи вимірювання місць можуть бути використані для вирішення різних завдань:

- вимірювання довжини кабельних або повітряних ліній зв'язку, електропередачі, контролю, управління і т.д.,
- вимірювання відстані до місця пошкодження або неоднорідності лінії,
- визначення типу пошкодження лінії (обрив, коротке замикання, витік в ізоляції кабельної лінії, поява в жилах додаткового поздовжнього опору, та інші),
- вимірювання параметрів кабельної лінії, таких як опір ізоляції, опір шлейфу, ємність кабелю.

При вирішенні задачі визначення місця пошкодження відкритої кабельної лінії для точного пошуку місця пошкодження може бути достатньо тільки дистанційного методу.

Найбільш поширеними дистанційними методами вимірювання є імпульсні методи і мостові методи.

Імпульсні методи вимірювання базуються на теорії поширенні імпульсних сигналів вздовж ліній.

Тривалість цих імпульсів значно менше часу проходження їх уздовж всієї лінії, тому в кожен момент часу імпульс присутній тільки на короткій ділянці лінії.

Імпульсні методи дозволяють: виміряти відстань (Електричну довжину лінії) до місця пошкодження або неоднорідності (муфти, кабельної вставки), визначити вид ушкодження (коротке замикання, обрив, виток, перепут...

Лекція № 23

Тема:Налагоджування вторинних апаратів і приладів. Перевірка і випробування апаратів захисту електроустановок від надструмів і перенапруги. Загальні відомості.

Мета: Набуття студентами знань з питань налагоджування вторинних апаратів і приладів.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Загальні відомості.

2. Огляд вторинних апаратів і приладів (зовнішній та внутрішній)

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.282-286.

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Огляд вторинних апаратів і приладів

Ретельний огляд вторинних апаратів і приладів дозволяє досвідченому налагоджувальникові визначити ступінь придатності апарату або приладу до роботи, встановити обсяг ремонтних робіт, забезпечивши тим самим швидке і якісне їх виконання. При огляді необхідно забезпечити хороше освітлення перевіряемого апарату або приладу. У ряді випадків для цього зручно користуватися переносними світильниками з пружинними держателями або зі струбцинами, призначеними для освітлення при фотографуванні.

Спочатку виконують зовнішній огляд апарату або приладу і встановлюють відповідність приладу, що перевіряється, проекту, перевіряють наявність пломб, відсутність зовнішніх механічних ушкоджень (вм'ятин, відколів, тріщин), щільність прилягання кришки до основи, цілість скла (якщо вони є) і щільність їх прилягання до кришки. Очищають кришку, підставки, контактні деталі (шпильки, колки, ламелі) і кріпильні деталі від бруду і пилу. Перевіряють надійність кріплення перевіряється апарату або приладу до панелі і зовнішні контактні з'єднання: оглядають місця пайок і зварювань, протискають контактні гвинти, підтягують колки і шпильки (при підтяжки кілків і шпильок слід звертати увагу на те, щоб не проверталися втулки, запресовані в основу, і не порушувалися внутрішні контактні з'єднання). В апаратах, що були в експлуатації, погані контакти можна виявити за ознаками, пов'язаними з їх перегрівом (характерне потемніння контактних елементів, порушення лакофарбового покриття, підгоряння ізоляції, дотичної з

контактним з'єднанням, характерний запах ізоляції, підданої сильному перегріву, і т. д.).

Далі встановлюють, як забезпечені умови для хорошої ізоляції струмоведучих частин:

- при задньому монтажі і підключенні на шпильки і кілки повинні бути надіті ізолюючі поліхлорвінілові трубки, якщо відстань між шпильками і краєм отворів в металевій панелі, через які проходять шпильки і кілки, менше 4-5 мм;

- при передньому монтажі і підключенні під затискачами на панелі повинні бути встановлені ізолюючі прокладки;

- у всіх випадках відстань між металевою панеллю і будь-якою струмопровідною неізолюваною деталлю апарату або приладу має бути не менше 3-5 мм.

Необхідно звертати також увагу на якість обробки панелей (відсутність задирок і гострих країв в отворах, через які проходять шпильки або колки, наявність ізоляційних втулок і рамок в отворах, через які проходять дроти при задньому монтажі і передньому підключенні).

Після зовнішнього огляду приступають до внутрішнього огляду . Якщо огляду підлягають апарати або прилади, встановлені на панелях, кришки знімають не одночасно, а по черзі, у міру переходу від одного апарату або приладу до іншого.

При внутрішньому огляді перевіряють цілість всіх деталей апарату або приладу, очищають їх від бруду і пилу м'якою чистою ганчіркою, щіткою або пилососом, перевіряють надійність всіх контактних і кріпильних деталей. Для апаратів і приладів, що були в експлуатації, за вказаними вище ознаками перевіряють, чи не піддавалися окремі деталі і контактні з'єднання перегріву. Перевіряють відсутність видимих обривів та пошкоджень ізоляції проводів внутрішнього монтажу (наявність обривів, прихованих ізоляцією, і порушення контакту в місці приєднання можна встановити, потрогавши провідник пінцетом).

При огляді електромеханічних елементів вторинних пристроїв особливу увагу слід звертати на стан механізму в цілому, а також окремих вузлів і входять до їх складу кінематичних ланцюгів, ланок і деталей.

Далі перевіряють плавність ходу механізму при приведенні його в дію від руки, балансування окремих деталей, відсутність поперечного і значного поздовжнього люфту осей і валиків (поздовжній люфт для більшості електромеханічних апаратів не повинен перевищувати 0,2-0,5 мм).

Велику увагу потрібно приділяти огляду осей, валиків, кернів і під'ятників, оскільки навіть незначні пошкодження цих деталей можуть призвести до відмови в роботі відповідних апаратів.

Перевіряють стан розривних і ковзаючих контактів; чистоту, відсутність підгарів і деформації. Встановлюють правильність регулювання контактів: кут підходу рухомих контактів до нерухомих, спільний хід контактів (втискаючись), тиск, відсутність заїдання, одночасність замикання і розмикання всіх замикаючих контактів реле і блок- контактів апаратів.

Про несправність механізму можна судити за деякими електричними величинами, що характеризує роботу даного апарату або приладу. Наприклад, значне відхилення (більше 5-10%) величини спрацьовування і повернення реле в порівнянні з заданими величинами, великий струм початку роботи (струм , при якому починає обертатися диск) реле РТ- 80 і РТ- 90 (більше 20 % струму уставки), наявність самоходу по струму і напрузі в електричних лічильниках і реле потужності, великий розкид показань електровимірювальних приладів і т. і. Тому можна рекомендувати при огляді вимірювати деякі електричні величини, характерні для нормальної роботи апарату або приладу, що перевіряється.

При огляді магнітних елементів вторинних пристроїв особливу увагу слід звертати на стан магнітопроводу (відсутність корозії, якість шихтовки, цілість ізоляції між окремими листами магнітопроводу та стяжних шпильок та ін.) Крім того, перевіряють відсутність пошкодження обмоток та виводів від них, а також в апаратах і приладах, що були в експлуатації, відсутність слідів перегріву (зміна кольору, витікання ізоляції та ін.).

Якість магнітопроводу і відсутність короткозамкнених витків в обмотках можна перевірити, знявши вольт-амперну характеристику на змінному струмі або заміривши струм холостого ходу при нормальній напрузі.

При огляді електронних елементів вторинних пристроїв (електронних ламп, іонних і напівпровідникових приладів) слід звертати увагу на стан виводів, особливо в місці їх виходу з відповідного приладу. Для напівпровідникових приладів, особливо потужних, потрібно перевірити умови їх охолодження: стан природних тепловідводів (наприклад, металевого шасі) і спеціальних тепловідводів, відсутність близько розташованих елементів, що є джерелами тепла (силові трансформатори, резистори), та ін.

Перевірка правильності монтажу, стану ізоляції і контактних з'єднань

Перевірка правильності монтажу полягає у перевірці відповідності дійсних електричних з'єднань схемою внутрішніх з'єднань апарату або приладу. При перевірці на місці установки слід переконатися в правильності підключення апарату або приладу за схемою того вторинного пристрою, до складу якого він входить. У загальному випадку перевірку правильності монтажу можна виконувати будь-яким із способів, описаних раніше. Однак найбільш прийнятним слід визнати спосіб вимірювання опору. При цьому краще користуватися ампервольтметром або вольтметрами. По-перше, такий прилад входить до складу приладів, які потрібні для електричних випробувань і вимірювань апаратів, і завжди є в наявності. По-друге, невелика напруга вбудованої в цей прилад батарейки (порядку 1,5-3 В на межі XI, при якому перевіряють кола) виключає можливість пошкодження елементів, розрахованих на невелику напругу (переважно напівпровідникових приладів), що входять до складу вторинних приладів і апаратів, що перевіряються. По-третє, одночасно з перевіркою правильності монтажу можна перевірити справність багатьох елементів

(конденсаторів, опорів, котушок індуктивності, трансформаторів, напівпровідникових приладів тощо), що входять до приладів або апаратів, що перевіряються. Перевірку стану ізоляції і контактних з'єднань виконують способами, розглянутими раніше. При цьому слід мати на увазі, що для різних вторинних апаратів і приладів передбачені різні норми випробувальних напруг. Тому всі елементи, не розраховані на те випробувальна напруга, яке передбачається докласти до приладу або апарату при даній схемі випробування, повинні бути від'єднані або закорочені (зашунтовані висновки цих елементів). Особливо треба звертати увагу на напівпровідникові прилади, електролітичні конденсатори і слабо-струмову апаратуру телефонного типу.

Перевірка електричних характеристик

Характеристикою апарату або приладу називають функціональну залежність між окремими взаємопов'язаними величинами, найбільш характерними для роботи апарату або приладу, що перевіряється. У простому випадку цю залежність встановлюють для двох величин. Прикладами таких характеристик можуть служити анодно-сіткові характеристики триелектродних ламп, що виражають залежність

між силою анодного струму і напругою на сітці при заданій анодній напрузі, або вихідні характеристики напівпровідникових тріодів в схемі з загальним емітером, що виражають залежність сили колекторного струму від колекторної напруги при заданому струмі бази, залежність між силою струму в робочій обмотці магнітного підсилювача і силою струму в обмотці управління, залежність часу роботи максимального токового реле від сили струму, що протікає через нього і т. д.

У багатьох випадках робота відповідного апарату або приладу визначається трьома взаємопов'язаними величинами. Тоді мають справу з кількома характеристиками, званими сімейством характеристик, кожна з яких показує залежність між двома величинами, в той час як значення третьої величини встановлюється і підтримується незмінним.

Основними характеристиками найбільш поширених електромеханічних апаратів є залежність вихідної величини від вхідних (у простому випадку, наприклад для реле, ця залежність зводиться до двох значень величин спрацьовування і повернення вхідної величини, оскільки вихідна величина визначається параметрами відповідного кола, зазвичай незмінними) і залежність часу дії цих апаратів від значення вхідної величини.

Основною характеристикою магнітних і електронних апаратів і приладів, є сутнісно нелінійними опорами, є залежність між прикладеною напругою і силою струму - вольт-амперна характеристика. Для некерованих апаратів і приладів

(дроселів, діодів та ін) отримують одиничну характеристику, а для керованих (магнітних підсилювачів, напівпровідникових тріодів, тиристорів та ін) - сімейство характеристик.

Розглянемо, як знімають характеристики деяких видів електронних приладів.

Діоди.

Зібравши випробувальну схему, показану на рис.1, а, і підтримуючи незмінним напругу напруження (зазвичай номінальну), збільшують ступенями напругу між анодом і катодом.

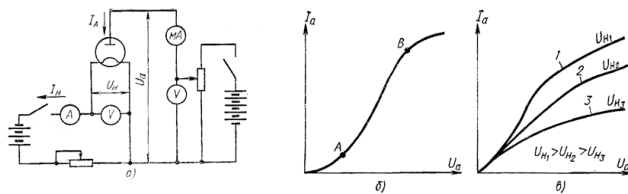


Рис. 1. Зняття характеристик лампового діода:

а — схема, б—вольт-амперна характеристика, в —сімейство вольт-амперних характеристик для різних напруг напруження

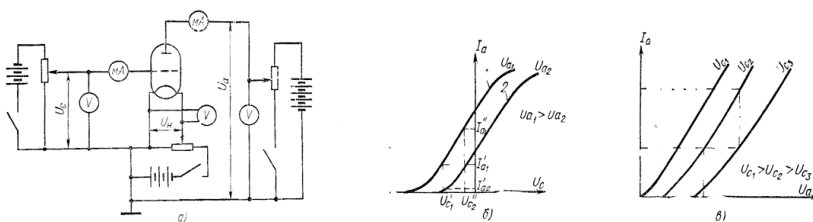


Рис. 2. Зняття характеристик лампового тріода: а — схема, б - сіткові характеристики, в — анодні характеристики

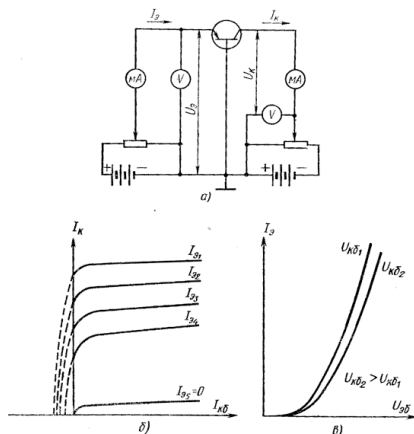


Рис .3. Зняття характеристик напівпровідникового тріода : а - схема , б - вихідні характеристики , в - характеристики прямої передачі по струму

Слід встановити число ступенів: 2-3 на початку характеристики (ділянка кривої ОА , рис.1,б), 2-3 середині характеристики (ділянка кривої АВ) і 2-3 в кінці характеристики (після точки В) , коли настає насичення . На рис.1, в показано сімейство характеристик, знятих при різних напруженнях розжарення.

Тріоди .

Зібравши випробувальну схему, показану на рис. 2, а і встановивши номінальну напругу розжарення, змінюють напругу на сітці і при номінальній анодній напрузі знімають характеристику $I_a - f (U_c)$. Змінюють (зменшують на 10 %) анодну напругу і знімають іншу характеристику і так далі, поки не буде знято все необхідне сімейство характеристик (рис. 2,б). Для кожної характерис-тики слід заміряти силу анодного струму і напругу на сітці в 10-12 точках (2-3 на початку характеристики, 5-6 в середині лінійної її частини і 2-3 в кінці).

Анодну характеристику $I_a = f (U_c)$ знімають, змінюючи ступені анодної напру-ги і вимірюючи на кожному ступені силу анодного струму і анодної напруги (як це роблять для діодів).

Для кожної з сімейства анодних характеристик (рис. 2, в) підтримують певну напругу на сітці. За анодною характеристикою неважко визначити внутрішній опір лампи, а по сіточній характеристиці знаходять коефіцієнт посилення.

При визначенні внутрішнього опору і коефіцієнта посилення (або крутизни характеристики) слід користуватися відповідними даними, взятими по середній частині характеристики. Зазвичай при знятті характеристик слід вибирати такі анодні і сіткові напруги, які мають місце в робочому режимі і при коливаннях робочого режиму для даних ламп і при відсутності сіткових струмів .

Напівпровідникові тріоди

Схема, показана на рис. 3, дозволяє знімати основні характеристики тріодів, що працюють за схемою із загальною базою: вихідну (залежність сили струму колектора I_k від колекторної напруги U_k при заданому струмі емітера I_e) і прямої передачі по струму (залежність сили колекторного струму I_k від сили струму емітера I_e при заданій колекторній напрузі U_k). Зібравши схему, в першому випадку при кожному з кількох значень сили струму емітера, вимірюваного міліамперметром, ступенями (6-8 ступенів) , змінюючи напругу на колекторі і заміряючи відповідні колекторні напруги і силу струму, знімають сімейство вихідних характеристик. У другому випадку, встановивши номінальну колектор-ну напругу, змінюючи ступенями силу струму емітера і вимірюючи відповідні струми колектора, знімають характеристику прямої передачі по струму.

Надійний і часто вживаний спосіб перевірки справності окремих деталей полягає в тому, що деталь, яку перевіряють, встановлюють замість справної такої ж деталі, якщо цей пристрій при заміні працюватиме нормально, можна зробити висновок про те, що деталь придатна. На цьому принципі побудовано багато приладів, що дозволяють перевіряти окремі деталі. Так, на рис.4 приведена схема пристрою для перевірки напівпровідникових тріодів і оцінки їх роботи в генераторному режимі. Пристрій являє собою генератор низької частоти з трансформаторним зв'язком, робота якого визначається перевіркою напівпровідниковим тріодом Г. При хорошій якості тріода напруга, що генерується буде досить великою, щоб неонава лампочка Л загорілася. Якщо вимірювати напругу на обмотці II трансформатора Тр вольтметром, можна більш ретельно контролювати якість напівпровідникових тріодів.

Перевірку вторинних приладів і апаратів закінчують настроюванням їх на певні значення керуючих величин (робочі уставки), при яких вони повинні нормально діяти. Результати заносять в протоколи випробувань.

На конкретних прикладах нижче наводиться опис методики і техніки виконання перевірки деяких з найбільш поширених вторинних апаратів.

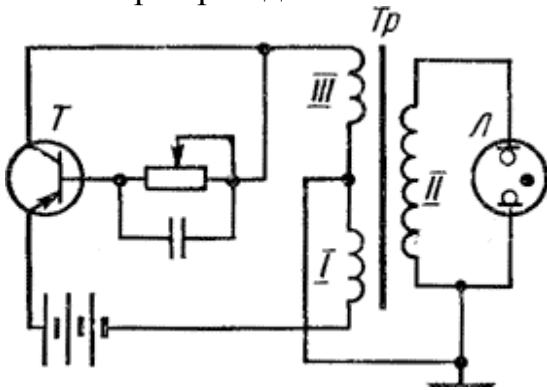


Рис .4. Пристрій для випробування напівпровідникових тріодів і оцінки їх роботи в генераторному режимі: I - III - обмотки; Г - тріод, Л - лампа, Тр – тр-тор

Контрольні питання

1. Як слід оглядати вторинні апарати і на що при цьому необхідно звертати увагу?
2. За якими ознаками судять про придатність опорів, обмоток і конденсаторів та інших вторинних приладів при перевірці їх на цілість омметром?
3. Як перевірити електричний конденсатор при відсутності відповідних приладів?
4. Як перевірити напівпровідниковий діод і тріод омметром?
5. Накресліть схему і опишіть процес зняття характеристик тріода.

Лекція № 24

Тема: Налагоджування вторинних апаратів і приладів. Перевірка і випробування апаратів захисту електроустановок від надструмів і перенапруги. Трансформатори струму і напруги. Схеми з'єднань трансформаторів.

Мета: Набуття студентами знань з питань трансформаторів струму і напруги, та схеми з'єднань трансформаторів.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Трансформатори струму і напруги.
2. Схеми з'єднань трансформаторів.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.180-184.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Перевірка й випробування апаратів захисту від надструмів та перенапруг. Загальні відомості.

Для надійної роботи електроустановок велике значення має система попередження та усунення ненормальних режимів роботи електроустановок, особливо **надструмів** (виникають при коротких замиканнях і перевантаженнях на окремих ділянках електроустановки) і **перенапруг** (атмосферних, пов'язаних з грозовими явищами), **комутаційних** (виникають при комутації струму в електричних ланцюгах) і **резонансних** (виникають в електричних ланцюгах при несприятливих співвідношеннях між ємнісними і індуктивними її елементами).

Для захисту від надструмів широко використовують різноманітні вторинні пристрої релейного захисту та автоматики, а також первинні апарати: запобіжники, автомати і засоби для обмеження струмів короткого замикання у вигляді реакторів, баластних опорів та ін.

Систему захисту від перенапруг складають засоби захисту від прямих ударів блискавки (громовідводи , грозозахисні троси) і засоби захисту від хвиль перенапруги, розповсюджуваних по повітряних лініях електропередачі і виникаючих при атмосферних електричних явищах, а також від перенапруг, що виникають при комутації струму, і резонансних явищах (розрядники, дугогасящие котушки, конденсатори та ін.).

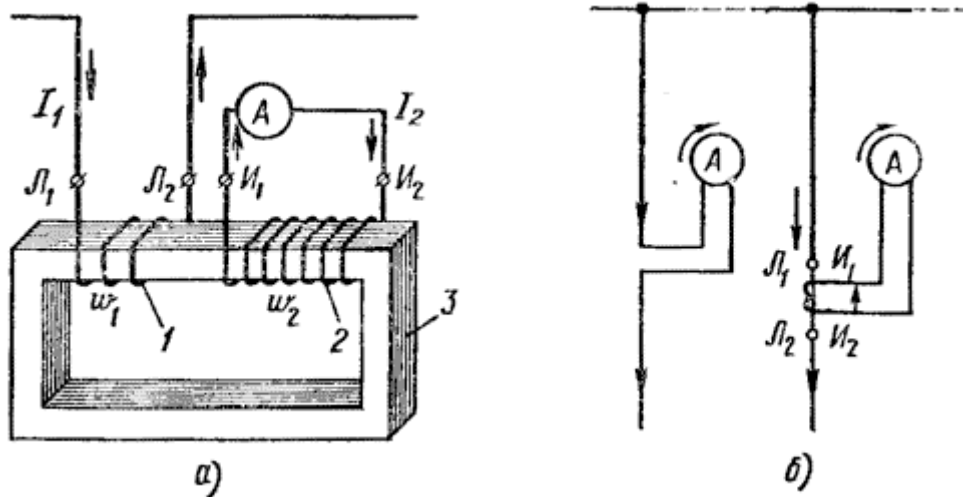


Рис . 1 . Трансформатор струму:

а - пристрій, б - включення амперметра безпосередньо і через трансформатор струму: 1 і 2 - обмотки, 3 - магнітопровід

Вимірювальні трансформатори служать для розширення меж вимірювання в колах змінного струму та відділення вторинних ланцюгів від первинних в цілях забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Вимірювальні прилади, а також реле захисту і автоматики можуть мати струмові обмотки (амперметри, струмові реле), обмотки напруги (вольтметри, реле напруги), а також обидва ці види обмоток (ватметри, електричні лічильники, реле потужності, та ін.).

Вимірювальні трансформатори струму служать для живлення струмового електричного кола, що складається з послідовно з'єднаних обмоток електровимірювальних приладів і реле, яка підключається до вторинної обмотки трансформатора струму. Первинна обмотка трансформатора струму включається в контрольоване електричне коло послідовно.

Вимірювальний трансформатор напруги служить для живлення обмоток напруги електровимірювальних приладів і реле, які підключаються до вторинної обмотки трансформатора напруги паралельно один одному. Первинна його обмотка підключається до точок електричного кола, напруга між якими повинна контролюватися.

Пристрій і схема включення трансформатора струму показані на рис. 1. Магнітний потік в магнітопроводі 3 створюється струмами первинної 1 та вторинної 2 обмоток. Співвідношення первинного та вторинного струмів визначається формулою:

$$K_{\text{ТТ}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1},$$

де I_1 - первинний струм; I_2 - вторинний струм; w_1 - число витків первинної обмотки; w_2 - число витків вторинної обмотки; $K_{\text{ТТ}}$ - коефіцієнт трансформації .

Якщо в силових трансформаторах і трансформаторах напруги збільшення опору у вторинній ланцюга викликає зменшення струму і у вторинній , і в первинній ланцюгах , а напруга на висновках обох обмоток майже не змінюється , то в трансформаторах струму збільшення опору у вторинній ланцюга призводить до збільшення напруги як на висновках вторинної , так і первинної обмоток. Відбувається це тому , що сила струму в первинному ланцюзі не залежить від навантаження трансформатора струму. Сила струму у вторинній ланцюга трансформатора струму практично не змінюється зі зміною її опору при даному

режимі первинного кола . Внаслідок цього навантаження трансформатора струму збільшується з зростанням опору у вторинній ланцюга , що складається з опорів , підключених до трансформатора струму апаратів і приладів , сполучних проводів і перехідних контактів.

Основними параметрами трансформаторів струму є номінальна напруга , сила струму первинної та вторинної обмоток , клас точності , навантаження вторинного ланцюга , обумовлена потужністю в вольт- амперах або опором вторинної ланцюга , а також максимальна кратність вторинного струму.

Номінальна сила струму вторинної обмотки більшості трансформаторів струму 5 А , а первинної обмотки вибирається за прийнятою стандартом шкалою: 5, 10, 15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 75 , 100 , 150 , 200 , 300 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1500 , 2000 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 , 8000 , 10 000 і 15 000 А.

Номінальний клас точності характеризується похибкою в коефіцієнті трансформації та кутовий похибкою для даного трансформатора струму. Кутову похибку вимірюють кутом між лініями векторів первинного та вторинного струмів . Для трансформаторів струму встановлено п'ять класів точності: 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3 і 10 , що характеризують їх максимальну відносну похибку в коефіцієнті трансформації . Номінальною навантаженням трансформатора струму називають таке навантаження , при якій похибка не перевищує значення заданого для даного трансформатора струму.

Максимальна кратність вторинного струму - це відношення найбільшого допустимого вторинного струму до номінального .

Промисловість випускає трансформатори струму для електроустановок напругою до 750 кВ в різному конструктивному виконанні в залежності від місця і способу установки , а також умов їх роботи. За місцем установки трансформатори струму поділяють на три групи : для зовнішнього , внутрішнього і вбудовані - всередині вимикачів , трансформаторів та інших

апаратів або машин. За способом установки розрізняють опорні і прохідні трансформатори струму. По конструкції первинної обмотки трансформатори струму поділяють на одновиткового стрижневі , одновиткового шинні , багатовиткові з петлевою , первинною обмоткою і багатовиткові з обмоткою восьмерочного виду .

висновки обмоток трансформаторів струму позначають : первинні Л1 (початок) і Л2 (кінець) ; вторинні - I \ (початок) і И2 (кінець). Принцип маркування прийнятий наступний : напрямок струму в приладі (і даний момент часу) має бути однаковим незалежно від включення останнього безпосередньо в ланцюг або через трансформатор струму (рис. 32 , б) , тобто при напрямку струму від Л1 до Л2 напрямком вторинного струму буде від И1 до И2 у вторинному колі.

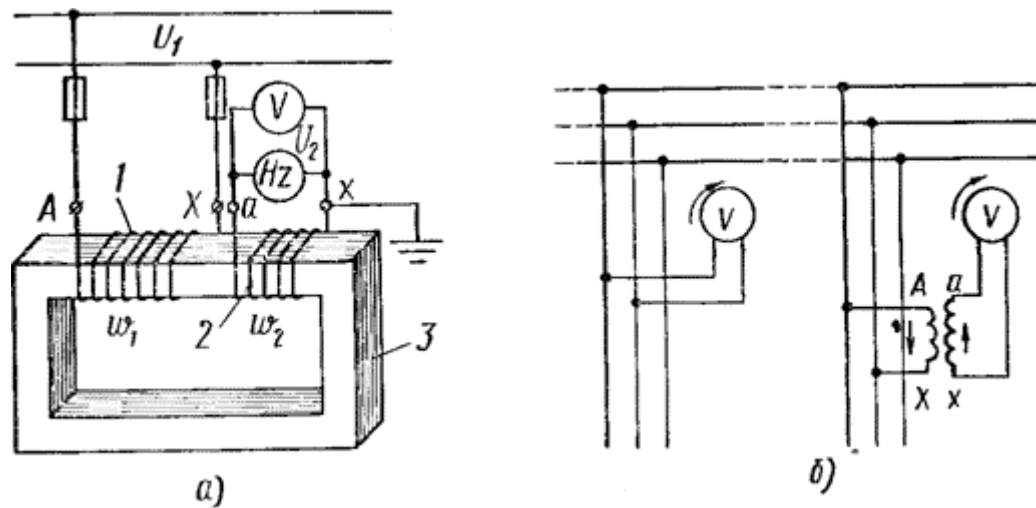


Рис .2. Трансформатор напруги:

а - пристрій, б - включення вольтметра безпосередньо і через трансформатор напруги

Для живлення вторинних пристроїв використовують різні схеми з'єднання вторинних обмоток трансформаторів струму.

З'єднання в зірку застосовують у разі контролю струму в усіх трьох фазах при різних режимах роботи мережі трифазного струму.

З'єднання трикутником застосовують, коли потрібно отримати велику силу струму у вторинному колі або здійснити зсув по фазі вторинного струму щодо первинного на 30 або 330 °.

У мережах з ізолюваною нейтраллю широке поширення знайшли схеми з'єднання трансформаторів струму в неповну зірку і на різницю струмів двох фаз. Для живлення захистів від замикання на землю застосовують схему з'єднання трансформаторів струму на суму струмів трьох фаз (схема фільтра струмів нульової послідовності). Така схема не реагує на междуфазові короткі замикання, але чутлива до всіх видів ушкоджень, пов'язаних із замиканням елементів електричної мережі на землю. Послідовне з'єднання вторинних обмоток двох трансформаторів струму однієї фази дозволяє отримати від них велику потужність, а паралельне - зменшити коефіцієнт трансформації, збільшуючи струм у вторинній ланцюга при даному струмі в лінії.

Пристрій і схема включення трансформатора напруги показані на рис.2, а і б. Співвідношення між первинною і вторинною напругами визначається формулою:

$$U_1/U_2 = W_1/W_2$$

де U_1 - первинна напруга ; U_2 - вторинна напруга ; w_1 - число витків первинної обмотки ; w_2 - число витків вторинної обмотки.

По пристрою і роботі трансформатор напруги аналогічний силового трансформатора, але відрізняється від нього тим, що нормально працює в режимі, близькому до холостого ходу, і від нього відбирається потужність, що зазвичай не перевищує декількох сотень вольтампер. Вона значно менше максимальної потужності, яку трансформатор напруги може віддавати за умовою нагріву.

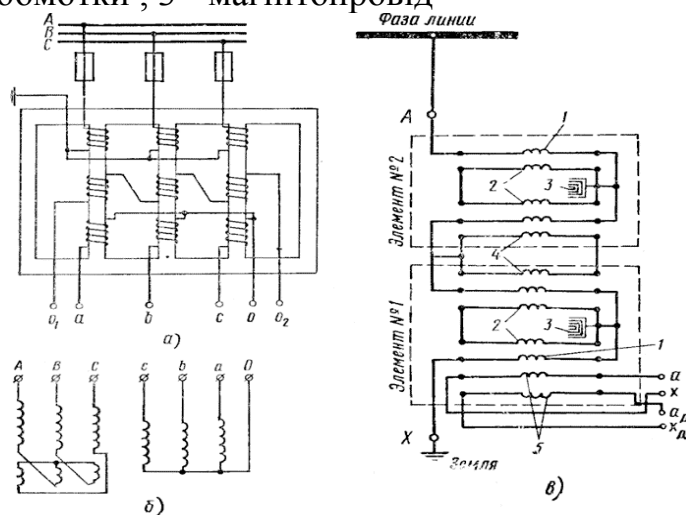
Трансформатори напруги характеризуються такими номінальними параметрами : напругою первинної обмотки, напругою вторинних обмоток, коефіцієнтом трансформації, класом точності, номінальної та максимальної потужностями . Первинні напруги відповідають шкалі номінальних напруг електроустановок : 220, 380, 660, 3000, 6000, 10000, 20000, 35000, 110000, 150000, 220000, 330000, 500000 і 750000 В, а вторинні напруги: 100 В - для трифазних трансформаторів і для однофазних, з'єднаних в трикутник ; $100/\sqrt{3}$ - для однофазних трансформаторів , з'єднаних в зірку ; та $100 / 3$ - при з'єднанні обмоток в

розімкнутий трикутник. Номінальний коефіцієнт трансформації - це відношення номінального напруги первинної обмотки до номінальної напруги вторинної обмотки. Номінальний клас точності визначається похибками в коефіцієнті трансформації і за кутом (кутова похибка). Для трансформаторів напруги встановлено чотири класи точності: 0,2 ; 0,5 ; 1 і 3.

Номінальною потужністю трансформатора напруги називають потужність, при якій похибка не перевищує допустимого значення для даного трансформатора, а гранична потужність визначається за умовами його нагрівання.

Трансформатори напруги поділяють на три основні групи: сухі (однофазні та трифазні), масляні (однофазні та трифазні) і каскадні. Умовне позначення трансформатора напруги складається з двох частин: буквеної та цифрової. Буквена частина містить букви, які мають таке значення: Н - трансформатор напруги, О - однофазний, Т - трифазний, С - сухий (без використання як ізоляції трансформаторного масла, якщо в сухому трансформаторі застосована лита ізоляція, то в буквеній частини позначення замість С ставлять букву Л), К - каскадний (якщо буква стоїть на другому місці), К - з компенсує обмоткою (якщо буква стоїть на четвертому місці), Ф - у фарфоровому кожусі, І - з пяти-стержневим сердечником. Цифрова частина вказує напруга первинної обмотки.

Рис. 3. Схеми трансформаторів напруги: а - НТМІ, б - НГМК, в- НКФ; І. 2, 4 і 5- обмотки, 3 - магнітопровід



Наприклад, однофазний сухий трансформатор напруги на 3 кВ позначають НГС - 3, однофазний масляний трансформатор напруги на 35 кВ - НОМ - 35, каскадний трансформатор напруги на 220 кВ - НКФ - 220, трифазний масляний трансформатор напруги на 10 кВ п'ятистержневої - НТМІ - 10 і, нарешті, трифазний трестержневої трансформатор напруги на 6 кВ з компенсує обмоткою - НТМК - 6.

У трифазних трестержневих трансформаторів напруги первинні обмотки з'єднані в зірку без виведеної нульової точки, так як нульова точка у них не повинна заземлюватися. Вторинні їх обмотки з'єднуються в зірку з виведеною нульовою точкою. Висновки первинної обмотки трифазних трансформаторів напруги позначають буквами А, В, С, а висновки вторинної обмотки - малими а, б і з, відповідно нульовий висновок позначають цифрою 0. У трансформаторів напруги НТМІ

(рис. 34, с) є ще три додаткові фазні вторинні обмотки, з'єднані в розімкнутий трикутник. Висновки цих обмоток позначають О1 і О2. У трифазних трестержневих трансформаторів НТМК (рис. 34, б) фазні первинні обмотки з'єднані в зигзаг (основні витки першої фази з'єднані з додатковими витками другої фази і т. д.). Завдяки такому з'єднанню зменшується кутова похибка трансформатора, а отже, підвищується його точність.

У однофазних трансформаторів напруги висновки первинної обмотки позначають буквами А (початок) і Х (кінець) , а висновки вторинної обмотки відповідно а і х. Висновки додаткової обмотки у однофазних трансформаторів напруги позначають од і хд .

Каскадні трансформатори напруги НКФ (рис. 34 , е) складаються з окремих елементів , з'єднаних послідовно . Кожен елемент являє собою двухстержневої трансформатор з трьома обмотками - первинної 1 і двома вторинними (вирівнює 2 і зв'язує 4) і магнітопроводом 3 . Перший елемент (нижній) містить п'ять обмоток : первинну 1 , вирівнює 2 , що зв'язує 4 і дві вторинні обмотки 5 , призначені для живлення вторинних приладів (основну з висновками а і х , додаткову з висновками пекло і хп) . Вирівнювальні та зв'язують обмотки служать для рівномірного розподілу навантаження вторинних обмоток по всіх стержнів кожного каскаду .

Лекція № 25

Тема:Налагодження вторинних апаратів і приладів. Перевірка і випробування апаратів захисту електроустановок від надструмів і перенапруги. Загальні відомості про перевірку і випробування апаратів захисту.

Мета: Набуття студентами знань з питань перевірки і випробування апаратів захисту.

Методи: словесний, наочний.

План:

1. Загальні відомості про перевірку і випробування апаратів захисту.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Підручник, плакати.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.241-242.

2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электрооборудования" М.; «Росельхозиздат»1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Для надійної роботи електроустановок велике значення має система попередження та усунення ненормальних режимів роботи електроустановок, особливо **надструмів** (виникають при коротких замиканнях і перевантаженнях на окремих ділянках електроустановки) і **перенапруг** (атмосферних, пов'язаних з грозовими явищами), **комутаційних** (виникають при комутації струму в електричних ланцюгах) і **резонансних** (виникають в електричних ланцюгах при несприятливих співвідношеннях між ємнісними і індуктивними її елементами).

Для захисту від надструмів широко використовують різноманітні вторинні пристрої релейного захисту та автоматики, а також первинні апарати: запобіжники, автомати і засоби для обмеження струмів короткого замикання у вигляді реакторів, баластних опорів та ін.

Систему захисту від перенапруг складають засоби захисту від прямих ударів блискавки (громовідводи, грозозахисні троси) і засоби захисту від хвиль перенапруги, розповсюджуваних по повітряних лініях електропередачі і виникаючих при атмосферних електричних явищах, а також від перенапруг, що виникають при комутації струму, і резонансних явищах (розрядники, дугогасящие котушки, конденсатори та ін.).

Випробування вентиляльних розрядників

Промисловістю випускаються наступні типи вентиляльних розрядників :

РВП- розрядник вентиляльний підстанційний на номінальні напруги 1,3 ; 6 і 10 кВ;

РВВМ - розрядник вентиляльний для захисту обертових машин;

РВМ - розрядник вентиляльний магнітний ;

РВЕ - 25 , РВО- 35 - розрядники для захисту тягових установок і регулювальної частини обмоток силових трансформаторів;

РВН - розрядник вентиляльний для захисту мереж напругою до 0,5 кВ;

РВС - розрядник вентиляльний мережевий для захисту обладнання ВРП 35 , 110 і 220 кВ;

РВМГ - розрядник вентиляльний магнітний грозовий для захисту обмоток трансформаторів 110 , 220 , 330 , 500 і 750 кВ;

РВМК - розрядник вентиляльний магнітний комбінований для захисту обладнання ВРП 330 - 500 кВ від атмосферних і комутаційних перенапруг .

У випробування входять зовнішній огляд , вимірювання опору ізоляції окремих елементів розрядника мегомметром , вимір струму провідності і випробування на пробій.

При зовнішньому огляді слід звертати увагу на відсутність сколів і тріщин в порцелянових покриттях і цементних швах, наявність захисного покриття армірованих швів, відсутність видимих порушень герметичності. Перевіряють надійність болтових з'єднань . Перед випробуванням поверхні розрядника необхідно ретельно протерти, а випробування необхідно проводити при температурі навколишнього повітря не нижче -10°C .

Опір ізоляції потрібно вимірювати мегомметром на напругу 2500 В. Опір ізоляції розрядників , крім РВП , не нормується. У розрядників РВП воно має бути не менше 5000 МОм.

Для розрядників , складених з послідовно включених елементів , необхідно ці елементи підбирати так, щоб напруга на них при зібраному розряднику розподілялася рівномірно. Тому слід підбирати елементи, опори яких не мали б великої відмінності, причому елементи з меншим опором треба розміщувати ближче до дроту (шини), що знаходиться під напругою, а елементи з великим опором - ближче до основи.

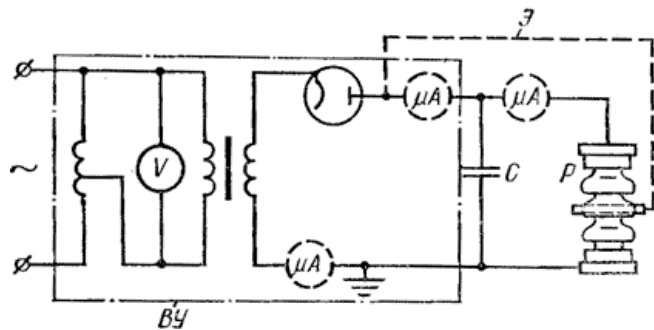


Рис . 1 . Вимірювання струму провідності розрядника : ву - випрямна установка, с – конденсатор, Р - розрядник, Э - екрануючий провідник

Слід мати на увазі, що вентильні розрядники являють собою нелінійні опори і струм провідності їх має складну нелінійну залежність від напруги. Тому контроль напруги треба вести на стороні вищої напруги, наприклад електростатичними вольтметрами С- 96 або С- 100. Випробування на пробій розрядників з шунтуючими опорами (РВС , РВМГ тощо) необхідно робити за умови дуже швидкого підйому напруги (не більше 0,5 с), наприклад, подаючи напругу на випробувальний трансформатор поштовхом. Схема вимірювання пробивної напруги наведена на рис. 2. Вимірювання виконують електроннопроменевим осциллографом, включеним через дільник напруги ДН на стороні вищої напруги випробувального трансформатора Тр. У якості подільника напруги можна використовувати гірлянду підвісних ізоляторів.

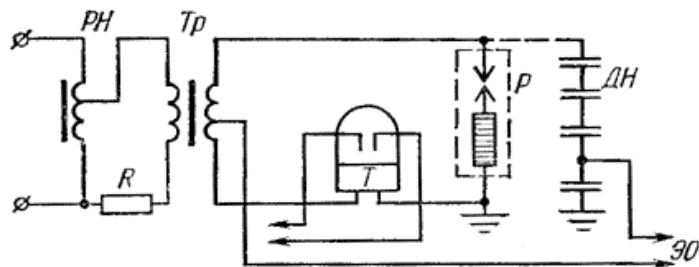


Рис. 2. Схема вимірювання пробивної напруги вентильного розрядника:

РН - регулятор напруги, R - обмежувач опір, Тр - випробувальний трансформатор,

Т - реле максимального струму, Р – розрядник, ДН - емнісний дільник напруги