

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.

**Методичні вказівки щодо організації
самостійної роботи студентів IV курсу
з дисципліни « Налагодження електроустаткування»
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація
електроустаткування підприємств і цивільних споруд»**

Уклав

Т.В. Ліх

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних дисциплін
Протокол №__ від __ _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Самостійна робота № 1

Тема:

1. Умовні позначення в електричних схемах.

Мета:

1. Ознайомитися з умовними позначеннями в електричних схемах.
2. Навчитися читати схеми

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Зображення електроустановок на схемах.
2. Умовні позначення та маркування в електричних схемах.

Практичне завдання:

1. Накреслити схему управління асинхронного двигуна через магнітний пускач з кнопками «Пуск» та «Стоп».
2. Описати її роботу.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст. 11-25.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок


Питання для самоконтролю:

1. Що таке принципова електрична схема?
2. Чим відрізняються на схемах позначення автоматичного вимикача та рубильника?
3. Чим відрізняється принципова електрична схема від монтажноі?
4. Для чого служать в принципових електричних схемах допоміжні реле?

Умовне графічне позначення електричних пристроїв

Позначен.	Назва	Позначен.	Назва
	Постійний струм		Лампа розжарювання освітлювальна
	Змінний струм		Лампа сигнальна

	Постійний або змінний струм (універсальний)		Щит аварійного освітлення
	Вимикач одноклавішний		Батарея з трьох елементів
	Вимикач двоклавішний		Акумуляторна батарея (3 секції)
	Перемикач одноклавішний		Електрична кухонна плита на 4 конфорки
	Перемикач двоклавішний		Електрична кухонна плита з духовкою
	Розетка штепсельна із заземлюючим контактом		Духовка
	Розетка штепсельна		Пральна машина
	Розетка накладна з заземлюючим контактом		Морозильник
	Рубильник однофазний		Холодильник
	Вимикач триполюсний з автовертанням		Посудомийна машина
	Запобіжник		Водонагрівач
	Кнопка дзвінка електричного		Розподільна коробка
	Дзвінок електричний		Розподільний щит

	Лічильник		Відгалужувальна коробка
	Заземлення		Мікрофон
	Телефон		Гучномовець (репродуктор)

Самостійна робота № 2

Тема: Організація налагоджувальної ділянки

Мета:

1. Ознайомитись з організацією налагоджувальної ділянки при монтажному управлінні

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Схема монтажного управління.
2. Які бригади входять до складу налагоджувальної організації.
3. Загальні вимоги, нормативні документи при проведенні пусконаладжувальних робіт.

Практичне завдання:

1. Провести аналіз проектних матеріалів.
2. Перевірка та випробування електрообладнання до надходження його в монтажну зону.

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електротроустановок

Питання для самоконтролю:

- 1.Що входить в об'єм пусконаладжувальних робіт?
- 2.Як організують пусконаладжувальні роботи в монтажних управліннях?
- 3.Як обладнується приміщення налагоджувальної ділянки?

Організація налагоджувальної ділянки при монтажному управлінні

Налагоджувальні ділянки є основними виробничими одиницями налагоджувального управління , і кожен з них зобов'язаний забезпечувати проведення пусконаладжувальних 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 цілого монтажного 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 відповідний налагоджувальна дільниця налагоджувального управління повинен 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 власного витрати). 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 дільниця зміцнюють бригадами з налагодження складних релейних захистів і пристроїв системної автоматики цеху спеціальних налагоджувальних робіт.

Нарешті, до складу налагоджувального ділянки повинна входити група з перевірки електровимірних 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 електромереж 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 повинен включати бригади з випробування ізоляції електрообладнання та кабельних ліній і розташовувати 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 , наладці 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.

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 налагодження 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 електродвигуна 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 пусконаладжувальних робіт необхідні складний інструмент і спеціальні прилади. Налагоджувальний персонал (більше 50 %) становлять інженери та техніки.

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

Правильна організація пусконаладжувальних 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.

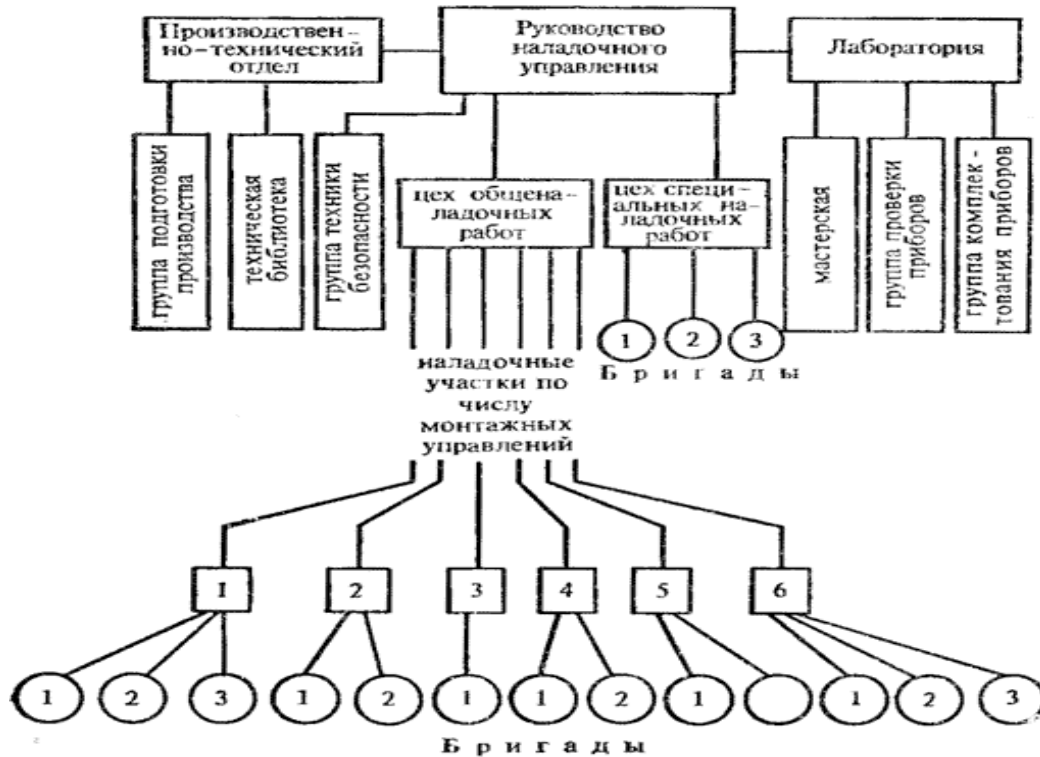


Рис 1 . Структура налагоджувального управління

Для вирішення зазначених завдань налагоджувальне управління повинне включати (рис.1) 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 електровимірювальні прилади для налагоджувальних ділянок 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.

Самостійна робота № 3

Тема: Виконання монтажних робіт.

Мета:

1. Набуття знань з питань організації і проведення електромонтажних робіт.
2. Проведення електромонтажних робіт в житлових і культурно- побутових будинках.
3. Монтаж розподільних пристроїв.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Виробництво електромонтажних робіт
2. Монтаж розподільних пристроїв

Практичне завдання:

1. Монтаж електропроводок у житлових і культурно- побутових будинках.

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Як організувати і провести електромонтажні роботи КЛ ?
2. Як організувати і провести електромонтажні роботи ПЛ ?
3. Які особливості монтажу цехових електричних мереж?

Виконання електромонтажних робіт

Організація і проведення електромонтажних робіт визначаються характером монтируемого об'єкта (житлові та культурно -побутові будівлі , промислові об'єкти , електрифікований транспорт , енергетичні комплекси) та видом монтируемой електроустановки або її ділянки (електропроводка , кабельна лінія , повітряна лінія , розподільні пристрої , цехова електромережу , заземлювальний пристрій та ін.)

Наприклад , при проведенні електромонтажних робіт в житлових і культурно- побутових будинках обсяг і якість виконуваних робіт залежать від ступеня заводської готовності під електромонтаж стінових панелей і панелей перекриттів , що випускаються заводами будівельної індустрії.

Якщо при виготовленні стінових панелей і перекриттів передбачені канали для проводів і гнізда під електроустановочні апарати , то продуктивність і якість електромонтажних робіт значно підвищуються і прискорюється введення в експлуатацію споруджуваних об'єктів. Крім того , велика частина робіт переноситься в МОЗУ монтажних управлінь.

При монтажі розподільних пристроїв на об'єкт надходить обладнання (комплектні розподільчі пристрої) високого ступеня заводської готовності. Велике значення при цьому має вмiла організація робіт у монтажній зоні. Зокрема, зважаючи на великі маси і габарити комплектних розподільних пристроїв, необхідно особливу увагу звернути на підйомно-транспортні засоби для транспортування і монтажу устаткування.

При монтажі кабельних ліній основний обсяг роботи доводиться виконувати в монтажній зоні (підготовка траси, прокладка кабелів, монтаж сполучних і кінцевих муфт). Тому велике значення має оснащення цих робіт механізмами для прокладки кабелів, підйомно-транспортними засобами для доставки в монтажну зону барабанів з кабелями, різними пристроями та інструментами для монтажу муфт.

Монтаж електропроводок у житлових і культурно-побутових будинках.

Заготівлю вузлів електропроводок виконують на технологічній лінії в МОЗУ монтажного управління (рис.2).

Контейнери 14 з монтажними вузлами перевозяться на монтуючий об'єкт, де виконують затяжку проводів в канали, установку та підключення відповідних електроустановочних апаратів.

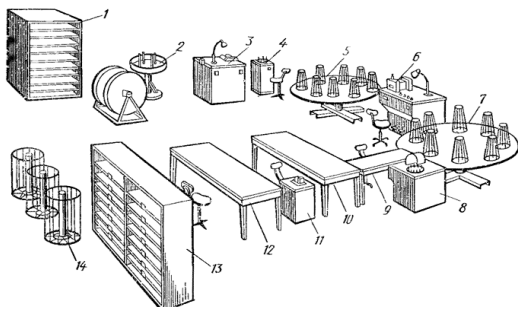


Рис. 2 Технологічна лінія заготовки вузлів електропроводки: 1 - шафа-стелаж для зберігання бухт проводів, 2 - вертушка для розмотування проводу з бухт, 3 - механізм мірного різання проводів, 4 - механізм для намотування в бухти відрізків проводів, 5 - карусельний накопичувач, 6 - механізм для зняття ізоляції і загинання кілець на кінцях проводів, 7 - карусельний накопичувач, 8 - механізм для скручування жил проводів, 9 - стіл для складання монтажного вузла, 10 - стіл-накопичувач монтажних вузлів, 11 - зварювальний пост, 12 - стіл перевірки правильності збірки монтажних вузлів, якості зварювання, комплектування та маркування, 13 - шафа для готової продукції, 14 - контейнер

Для типових серій житлових будинків розроблено технологічні карти, визначають послідовність операцій, маршрути переходів з одних приміщень в інші, інструмент і пристосування.

Існує два методи монтажу електропроводок у житлових і культурно-побутових будинках: вузловий та променевої.

При вузловому методі схему монтажного вузла виконують у МОЗУ, для чого технологічну лінію (див. рис.2) обладнають зварювальним постом I, а підключення настановних електроапаратів (штепсельних розеток і вимикачів) - безпосередньо на монтуюється об'єкті. При цьому дроти в канали протягують від распаєчної коробки (вузла) до відповідних коробок для установки електроустановочних апаратів.

При променевому методі в МОЗУ виконують підключення електроустановочних апаратів до заготовлених проводів, а на монтуюється об'єкті ці дроти (промені) протягують від коробок для відповідних

електроустановочних апаратів до распаєчної коробці , в якій здійснюють з'єднання проводів (збірку схеми). При цьому в технологічну лінію МОЗУ вводять

механізми для утворення кілець на кінцях проводів і підключення цих кінців до електроустановочних апаратів .

На монтуючий же об'єкт в контейнері разом із заготівельними відрізками проводів , підключеними до електроустановочних апаратів , доставляють спеціальні універсальні кліщі для з'єднання проводів в гільзах ДАТ , гільзи ГАО , кварці - вазелінових пасту і ізолюючі ковпачки , а також монтажні платформи ПМ- 800 або ПМ- 600 , з яких електромонтажник може виконувати роботи .

Променевої метод монтажу електропроводок визнаний більш продуктивним і перспективним у порівнянні з вузловим , однак для отримання властивих йому високих технологічних показників потрібно особливо чітка організація робіт на всіх стадіях монтажу і висока ступінь заводської готовності стінових панелей під електромонтаж .

Монтаж цехових електричних мереж.

Цей монтаж виконують в основному шинопроводами в закритому і захищеному виконанні (магістральними ШМА , розподільними ШРА та ін) ізольованими проводами в сталевих і пластмасових трубах , на лотках і в коробах , кабелями , які прокладаються на кабельних конструкціях , безпосередньо за будівельними підставах на лотках і в коробах .

Найбільш надійними є шинопроводи , комплектно поставляються заводами у вигляді окремих секцій (прямих , кутових , трійникових , приєднувальних та ін.)

Прямі секції випускають довжиною в середньому 3 м (залежно від типу шинопровода довжина секцій може бути менше або більше).

Монтаж шинопроводів може виконуватися шляхом складання безпосередньо на підготовленій трасі з секцій , що поставляються заводами , збірки укрупненими блоками (батогами) по 9-12 м , зібраними з декількох секцій в МОЗУ або безпосередньо в монтажній зоні .Причому заводом передбачаються болтові з'єднання секцій шинопроводів . Однак у практиці монтажу широко застосовують зварні з'єднання, виконані електричною дугою , що плавиться , у середовищі захисного газу (аргону) . Для цього в МОЗУ або безпосередньо в монтажній зоні обладнають технологічну лінію , що включає зварювальні пости , кантувач , кондуктори для зварювання стиків шин шинопроводів .

Велике поширення в цехових електромережах отримали відкрито прокладені ізольовані проводи та кабелі. Опорними конструкціями для них є лотки , короби і збірні кабельні конструкції , що поставляються заводами , причому лотки і коробка призначені для ізольованих проводів і голих (неброньованих) кабелів невеликих перетинів (до 10-16 мм²) , а кабелі великих перерізів прокладають по збірних кабельних конструкціях або безпосередньо за будівельними підставах (стіни, перекриття) .

В останні роки широко застосовують проводки в пластмасових , особливо вініпластові трубах.

Пластмасові труби прості в обробці , мають гарні ізоляційні властивості, стійки по відношенню до багатьох агресивних середовищ , в них легко затягувати дроти. Якщо поліетиленові й пропіленові труби придатні тільки для прихованої прокладки , то вініпластове використовують і для відкритої прокладки.

В даний час монтаж трубних провідок вимагає значних робіт в МОЗУ (мірна різання труб , виготовлення кутових елементів , розтрубів і кріпильних елементів , комплектація) .

Вигинання і виконання розтрубів вимагає попереднього нагрівання , для чого застосовують електричні печі , обладнані терморегуляторами. Механічну обробку труб можна вести на будь-яких метало-та деревообробних верстатах.

У міру розширення виробництва пластмасових труб з нормалізованими елементами (кутами , муфтами , трійниками , скобами і коробами) монтажні організації в більшому обсязі будуть виконувати роботи в монтажній зоні , що сприяє зростанню продуктивності праці і поліпшенню якості робіт .

Монтаж КЛ

Цей вид робіт за своєю специфікою до теперішнього часу не вдалося організувати індустріальними методами , тобто перенести основну частину робіт на заводи і в МОЗУ монтажних управлінь.

По суті майже всі роботи з монтажу кабельних ліній (підготовка траси , прокладка кабелів , монтаж сполучних і кінцевих муфт та ін) виконують в монтажній зоні.

В окремих випадках проводиться стендова заготівля кабелів в МОЗУ (мірна різка, монтаж кінцевих заправлень та намотування на інвентарний барабан), для чого в ряді монтажних управлінь були обладнані відповідні технологічні лінії. При цьому відчутний ефект можна отримати тільки для вузької номенклатури кабелів в окремих приватних випадках проектних рішень , наприклад, коли від повітряної лінії відходить безліч кабельних отпаек невеликої довжини (15-20 м) і перетину з кінцевими муфтою на кожному кінці . Іншим прикладом може служити петлева мережа низької напруги , що включає безліч кабельних перемичок довжиною 20-30 м кожна, які закінчуються сухими закладення.

При плануванні та організації кабельних робіт слід передбачити можливість стендової заготовки кабелів.

Той факт , що більшу частину обсягу робіт з монтажу кабельних ліній доводиться виконувати в монтажній зоні , вимагає ретельної підготовки до цих робіт, починаючи з розробки плану виробництва робіт (ППР). Необхідно на місці ознайомитися з трасою , за якою буде прокладена кабельна лінія, ретельно оглянути всі переходи або обходи через перешкоди, транспортні та технічні комунікації , перевірити специфікацію на кабелі та відповідні матеріали , а також кошторис на спорудження кабельної лінії.

Кабельні лінії можуть прокладатися безпосередньо в ґрунті , в каналах , тунелях , колекторах , по технологічних естакадах і шляхопроводах . У всіх цих випадках монтажу кабельної лінії передують будівельні роботи (наприклад , пристрій кабельного тунелю або колектора) .

Закінченість і якість цих будівельних робіт багато в чому визначає якісне проведення робіт з монтажу кабельних ліній. Особливу увагу слід звернути на підготовку і широке використання механізмів для транспортування , розкочування і укладання кабелів і засобів малої механізації при кріпленні кабелів і монтажі кабельних муфт.

Всі заготівельні роботи при виготовленні деталей кріплення кабелів , маркувальних бирок , кабельних конструкцій , інвентарних пристосувань повинні виконуватися в МОЗ.

Необхідно ретельно розробити і питання організації робіт , підготовки робочих місць, розстановки робітників як при прокладанні кабелів, так і виконанні монтажу муфт, доставки електромонтажників, інструменту та матеріалів до місця виконання робіт та ін. Перелік робіт, послідовність їх виконання і засоби механізації при монтажі кабельної лінії визначаються видом прокладки (у ґрунті, по естакаді, в тунелі), маркою кабелю і числом паралельно прокладають кабелів, умовами, при яких здійснюється монтаж (зокрема, кліматичними) .

Роботи з монтажу кабельної лінії по естакаді в загальних рисах висвітлені раніше , при розгляді мережевого планування .

При монтажі кабельної лінії в ґрунті барабани з кабелем розвозять по трасі на відстань один від одного, яке визначається довжинами кабелів на барабанах, для чого користуються кабельними транспортерами , вантажними машинами , обладнаними лебідкою для навантаження і розвантаження барабанів з кабелями або автотранспортерами . Після цього барабани встановлюють на кабельних домкратах , наприклад ДК- 3 з гальмом ТКБ , потім розмотують кабель і укладають на підготовлене дно траншеї.

Розкочування можна вести з барабана , встановленого з одного боку траншеї , по розкочувальних роликam (лінійним на прямих ділянках траси і кутовим в місцях повороту) за допомогою лебідки. У ряді випадків для розкочування кабелю доцільно використовувати трубоукладач.

Після укладання кабелів в траншею приступають до монтажу сполучних і кінцевих муфт. Потім траншеї закривають , попередньо засипавши покладений кабель невеликим шаром (але не менше 100 мм) дрібної просіяної землі та передбачивши захист кабелів від механічних пошкоджень (наприклад , прикривши їх поверх засипки червоною цеглою). Силікатна цегла застосовувати для цієї мети не можна . Далі проводять випробування змонтованої кабельної лінії підвищеною напругою і включають під робочу напругу.

Самостійна робота № 4(5)

Тема: Основні критерії стану електроустаткування

Мета: Набуття знань з питань стану електроустаткування

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Основні критерії (показники) придатності електрообладнання до експлуатації.
- 2 Абсолютні критерії.
- 3 Відносні критерії.

Практичне завдання:

2. Зробити оцінку електричного обладнання в вашій аудиторії

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Як оцінюють стан електрообладнання (основні критерії)?
2. Перерахуйте основні заходи з техніки безпеки при виконанні пусконаладжувальних робіт.
3. Які захисні засоби застосовують на налагоджувальному ділянці?

Основні критерії стану електрообладнання

Відповідальним етапом при пусконаладжувальних роботах є оцінка стану перевіряється електрообладнання та складені на її підставі висновку про придатність (або непридатність) його до експлуатації.

«Обсяг і норми » передбачають необхідні перевірки , вимірювання та випробування для різних видів електрообладнання, складових електроустановки, і встановлюють основні критерії (показники) придатності цього електрообладнання до експлуатації.

Ці критерії можна розділити на два види: абсолютні і відносні.

Абсолютні критерії чітко визначають ознаки при перевірці та значення фізичних величин при вимірах або випробуваннях , за якими можна судити про придатність (або непридатність) перевіряється електрообладнання до експлуатації.

Наведемо кілька прикладів .

Приклад 1 . Були при зовнішньому огляді (перевірці) трансформатора виявлені розбиті вводи (ізолятори) або текти масла , то це ті ознаки , за якими трансформатор не можна визнати придатним до експлуатації.

Приклад 2 . Знову вводиться кабельна лінія напругою 10 кВ повинна витримати прикладена до неї випробувальне постійна напруга 60 кВ протягом певного часу. Якщо при цьому випробуванні кабель буде пробитий , очевидно , він непридатний до експлуатації.

Приклад 3 . Пристрій захисного заземлення електроустановки напругою вище 1000 В з струмом замикання на землю більше 500 А не можна визнати придатним до експлуатації , якщо при вимірюванні опір його розтікання струму виявилось більше 0,5 Ом.

У « обсязі і нормах » наведені також абсолютні критерії стану ізоляції , контактних з'єднань допустимих температур струмоведучих частин і обмоток електричних машин і апаратів , тимчасових характеристик вимикачів та ін

Відносні критерії стану перевіреного обладнання ґрунтуються на порівнянні даних вимірювань деяких електричних величин під час пусконаладжувальних випробувань з даними вимірювань тих же величин , отриманих раніше, наприклад , при заводських випробуваннях або на підставі порівняння даних вимірювань , виконаних при пусконаладжувальних роботах на однотипному обладнанні.

Такими критеріями часто доводиться користуватися при аналізі характеристик електричних машин і трансформаторів , а також при вимірюванні опору ізоляції. Наприклад , якщо опір ізоляції електричної машини виявилось трохи нижче норми , але залишилося таким же, яким було при раніше

проведених випробуваннях (зокрема , при заводських) , можна зробити висновок , що ізоляція цієї машини після її виготовлення не була пошкоджена і за цим критерієм машина може бути включена в роботу.

Якщо струм холостого ходу декількох однотипних трансформаторів напруги однаково перевищує допустимий , можна зробити висновок , що це пов'язано не з ушкодженнями, що перешкоджають включенню трансформаторів напруги в роботу , а із застосуванням в цій партії трансформаторів напруги інший стали для муздрамтеатру.

В окремих випадках в процесі пусконаладжувальних робіт доводиться розширювати обсяг випробувань порівняно з передбаченим (наприклад , при випробуванні нетипового обладнання , встановлення можливості роботи його в режимах , відмінних від паспортних та ін.) Тоді роботи необхідно проводити за спеціальною програмою, складеною проектує організацією або заводом - виробником за участю представника налагоджувальної організації .

Така програма повинна бути затверджена замовником. Остаточний висновок про можливість включення електроустановки в експлуатацію дається на підставі комплексного її опробування в роботі.

Самостійна робота № 6

Тема: Характеристика електровимірювальних приладів

Мета: Набуття знань з питань характеристики електровимірювальних приладів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вибір вимірювальних приладів і включення їх в електричне коло, що перевіряється.
2. Характеристика переносних електровимірювальних приладів загального призначення для вимірювання напруги, сили струму і потужності

Практичне завдання: Навести приклади схем де для розширення меж вимірювання сили постійного струму застосовують шунти

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
3. Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Основні принципи вибору вимірювальних приладів?
3. Які типи приладів ви знаєте?
4. Які електровимірювальні прилади застосовують при пусконаладжувальних роботах для вимірювання сили струму , напруги та потужності ?
5. Виберіть вольтметр і межа вимірювання для вимірювання напруг на навантаженні опором 30 000 Ом , підключеної до джерела постійного струму напругою 220 В через додатковий опір 100 000 Ом.

6. Накресліть схему компенсаційного методу вимірювання напруги і поясніть його сутність.
7. Які заходи слід передбачити при вимірюванні напруги в низькоомних ланцюгах ?
8. Виберіть амперметр для вимірювання сили струму в навантаженні опором
9. 15 Ом , що живиться від джерела постійного струму напругою 2,5 В.
10. Які методи і пристрої застосовують при пусконаладжувальних роботах і я вимірювання сили струму в контрольованих ланцюгах без їх розриву ? Як працює випробувальний блок ?
11. Як визначити потужність в ланцюзі постійного струму за результатами вимірювання сили струму і напруги?
12. Як правильно включити ватметр однофазного струму при вимірюванні потужності в контрольованому колі ?
13. Яка потужність у перевірених ланцюгах (вимірювання вироблялося за методом двох ватметрів) ?
14. Як виміряти повну потужність однофазного струму , користуючись амперметром і вольтметром ?

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 обраного 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 і пр.;

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 ланцюга вхідні або вихідні опору повинні бути необхідного номінального значення ;

6) прилад повинен задовольняти загальним технічним вимогам техніки безпеки при виробництві вимірювань , встановлюваним ГОСТ 22261-76 , а також технічним умовам або приватним стандартам;

7) не допускається використовувати прилади : з явними дефектами вимірювальної системи , корпусу і т. д ; із закінченим терміном повірки ; нестандартні або не атестовані відомчої метрологічної службою , що не відповідають по класу ізоляції напруженням , на які 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 похибка та умови вимірювань ГОСТ 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.

Вибір вимірювальних приладів і включення їх в електричне коло що перевіряється

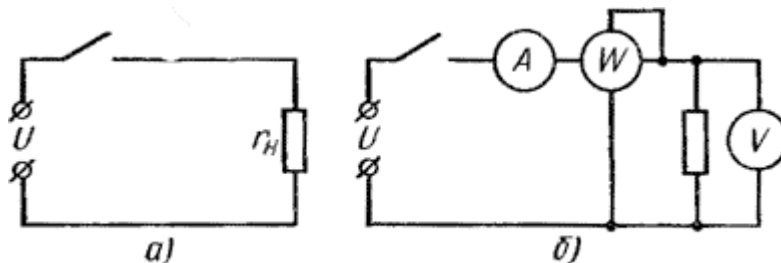


Рис. 3. Електричне коло:

а - без вимірювальних приладів, б - з включеними приладами для вимірювання струму, напруги та потужності

Розглянемо найпростішу електричну ланцюг (рис. 3, а), в якій навантаження (опір r_n) підключена до затискачів джерела живлення з напругою U . Режим, роботи цього ланцюга характеризується силою струму I , що протікає по ній, напругою U на навантаженні і потужністю P . Для їх вимірювання в перевіряється ланцюг включені відповідні електровимірювальні прилади: амперметр A і струмовий котушка ватметра W послідовно з навантаженням, а вольтметр V і котушка напруги ватметра W - паралельно навантаженні (рис.3, б).

Слід мати на увазі, що тільки при правильному виборі приладів і їх включення до перевіряється ланцюг можливо з достатньою точністю виміряти відповідні величини.

При пусконаладжувальних роботах використовують зазвичай переносні прилади класу точності 0,5-1 і лише в окремих випадках, наприклад при вимірі параметрів і характеристик електричних машин, електровимірювальні прилади підвищеної точності. Для вимірювання в колах постійного струму слід застосовувати магнітоелектричні прилади., Мають рівномірну шкалу, що володіють високою точністю і стабільністю показань і не схильні до впливу зовнішніх магнітних полів. Для вимірювання сили струму і напруги в ланцюгах змінного струму, як правило, використовують електромагнітні прилади, а для вимірювання потужності - електродинамічні або феродинамічні ватметри. Необхідно оцінювати порядок вимірюваної величини і підбирати прилад на таку

межу вимірювання, щоб свідчення його можна було знімати в кінці шкали або в другій її половині.

Потрібно пам'ятати, що будь-який електровимірювальні прилади має певне електричний опір i , будучи включеним в електричний ланцюг, споживає деяку потужність. Отже, включення електроізмері-вальних приладів в перевіряється електричний ланцюг в якійсь мірі змінює її параметри і режими, а самі вимірювальні прилади покажуть не дійсні величини, що визначають режим роботи ланцюга, що перевіряється, а що характеризують режим роботи вже інший електричного кола, утвореної після включення в неї приладів. Припустимо, що загальний опір амперметра і струмового котушки ватметра в електричному ланцюзі (див. Рис.3) тільки на порядок (в 10 разів) менше опору навантаження гн. Тоді сила струму в цьому ланцюзі зменшиться за рахунок включення в неї приладів в 1,1 рази (майже на 10%). Такого ж результату слід очікувати в цьому випадку і від вимірювання сили струму в ланцюга, що перевіряється, т. Е. Помилка вимірювання складе 10% незалежно від того, якого класу точності буде взятий амперметр. Особливо уважно слід ставитися до підбору приладів при вимірах в високоомних ланцюгах, наприклад, в різних електронних схемах, опір окремих ланцюгів яких становить сотні тисяч і навіть мільйони Ом, в той час як опір багатьох магнітоелектричних вольтметрів на межі вимірювання 100-300 В становить близько 100 000 Ом, а електродинамічних приладів-10000 Ом.

Таким чином, щоб уникнути великих помилок при вимірах треба вибирати прилади з внутрішнім опором, принаймні на два порядки (у 100 разів) меншим для струмових обмоток і великим для обмоток напруги в порівнянні з опором навантаження ланцюга, що перевіряється.

При підборі приладів слід звертати увагу на умовні позначення на їх шкалах, що характеризують як самі прилади, так і умови їх експлуатації. Характеристика переносних показують приладів загального призначення для вимірювання напруги, сили струму і потужності.

Магнітоелектричні прилади (табл. 4) застосовують для вимірювань в ланцюгах 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 в колах змінного струму, забезпечуючи їх випрямлячами або термопреобразователями.

Магнітоелектричні прилади широко використовують при общеналадочних 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 приладів, при 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.4). Очевидно, знаючи опір шунта $гш$, опір обмотки приладу $га$, можна визначити коефіцієнт K , що показує у скільки разів можливо розширити межу вимірювання по струму зі співвідношення.

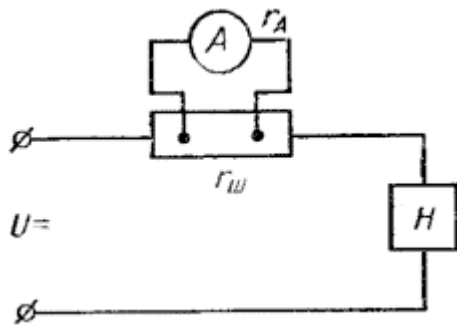
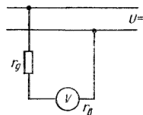


Рис. 4. Схема включення амперметра з шунтом

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

$$K = \frac{r_A}{r_{ш}} + 1.$$

Якщо ж відомі коефіцієнт K і опір обмотки приладу, можна, користуючись тим же співвідношенням, визначити опір шунта. Наприклад, потрібно за допомогою міліамперметра на 50 мА, опір обмотки якого 10 Ом, виміряти струм в 1 А. Коефіцієнт $K = \frac{I}{I_A} = 20$, тоді $K - 1 = 20 - 1 = 19$. Для розширення меж вимірювання вольтметрів на постійному струмі застосовують додаткові резистори (рис.5). Якщо вольтметр без додаткового резистора розрахований на вимірювання напруги до U_B і має опір r_B Ом, то для вимірювання напруги в D раз більшого необхідно, щоб загальний опір обмотки вольтметра і додаткового резистора було також в D раз більше опору обмотки вольтметра. Промисловістю випускаються різні шунти (табл. 5) і додаткові резистори (табл. 6) для розширення меж вимірювання приладів постійного струму.



Електромагнітні прилади використовують переважно для вимірювання в колах змінного струму. Вони надійні в експлуатації, прості за конструкцією і недорогі, а також дозволяють проводити вимірювання при виконанні більшості общеналадочних робіт з достатньою точністю.

Таблиця 4 Характеристика магнітоелектричних приладів

Наименование и тип прибора	Класс точности	Предел измерения	Ток потребления и падение напряжения на приборе
Амперметр МІ 104	0,2	0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30; 75; 150 мА	27; 55; 68; 80; 80; 80; 80 мВ
		0,3; 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30 А	85; 100; 100; 100; 140; 160; 230 мВ

		45 мВ и 3 В	1 мА
Вольтметр М1 106	0,2	45 и 75 мВ; 0,15; 0,3; 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30; 75; 150; 750 В	1 мА
		3 мА	68 мВ
.Милливольтметр М1 105	0,2	45 и 75 мВ; 3 В	1 мА
Вольтамперметр М1 107	0,2	45; 75; 150; 300; 750 мВ	1 мА
		1,5; 3; 7,5; 15; 30; 75; 150; 300; 600 В	1 мА
		0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30; 75; 150 мА	27; 55; 68; 80; 80; 80; 80; 80 мВ
		0,3; 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30 А	85; 100; 100; 100; 140; 160; 230 мВ
Вольтамперметр М1 108	0,2	45 и 75 мВ	1 мА
		1,5; 3; 7,5; 15; 30; 75; 150; 300 В	1 мА
		0,3; 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15 и 30 А	85; 100; 100; 100; 140; 160; 230 мВ
Вольтамперметр М1 109	0,2	0,15; 0,3; 0,6; 1,5; 6; 15; 60 мА	15; 45; 65; 65; 75; 75; 75 мВ
		15; 30; 60; 150; 300; 600; 1500; 3000 мВ	0,15 мА
Амперметр М104	0,5	0,015; 0,03; 0,075; 0,15; 0,3; 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30 А	32—47 мВ 48—68 мВ 87—175 мВ

Продолжение табл. 4

Наименование и тип прибора	Класс ста	И редел измерения	Ток потребления и падение напряжения на приборе
Милливольтметр М1 05	0,5	45 мВ 75 мВ 150; 300; 750; 1500; 3000 мВ	4,5 мА 3,5 мА 3 мА
Вольтметр М106	0,5	45 и 75 мВ 3; 7,5; 15; 30; 75; 150; 300; 600 В	4,5 и 3,5 мА соответственно 3 мА
Вольтамперметр М108	0,5	45 и 75 мВ 3; 15; 75; 150; 300 В	4,5 и 4 мВ соответственно 3 мА
		0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30 А	84—240 мВ
Микроамперметр М109	0,5	50; 100; 500; 1000 мкА	81—780 мВ
		10; 50; 200; 1000 мкА	49,5—490 мВ
Миллиамперметр М1 09	0,5	2; 10; 50; 200 мА	27—200 мВ
Амперметр М109	0,5	1; 2; 5; 10 А	50 мВ
Милливольтметр М109	0,5	10; 50; 200; 1000 мВ	1 мА
		45; 75; 150; 3000 мВ	1 мА
Вольтметр М109	0,5	7,5; 15; 30 В	3 мА
		75; 150; 300; 600 В	3 мА
Микроамперметр М95 То же, с универсальным шунтом Р4	1,5 1,5	0,1; 1; 10 мкА (основные) 1; 10; 100 мкА (дополнительные) Пределы измерения могут быть увеличены в 5, 10, 50, 100, 500 и 1000 раз	

Таблица 5

Номинальные параметры шунтов

	Класс	Номинальное	
Тип шунта	точности	падение напряжения	Номинальный ток, А
Р81	0,1	45	15—30—75 мА; 0,15—0,3—0,75; 1,5—3; 7,5—15; 30

P114/1	0,1	45	75; 150; 300
75PI	0,2	75	Двухнедельные: 0,3—0,75; 1,5— 7,5; 15—30; однопредельные: 75; 150
75ШС	0,5	75	5; 10; 30; 50
75ШСМ	0,5	75	75; 100; 150; 200; 300 ; 500; 750; 1000;
			1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7500
100LUC	0,5	100	2000; 3000; 4000; 5000; 6000

Таблица 6

Номинальные параметры добавочных резисторов к вольтметрам

Тип сопротивления	Класс точности	Параметры вольтметра	Номинальное напряжение сопротивления, В
P82/2 P82/3 P 103 P103 P 103	0,1 0,1 0,5 0,5 0,5	3 мА, 3 В 3 мА, 3 В 3 мА 5 мА 7,5 мА	7,5—15—30— 75— 150— 300—600 750—1500 1000; 1500 600; 1000; 1500; 3000 600; 1000; 1500

Таблица 7

Наименование	Тип	Предел измерения	Активное сопротивление	Индуктивность, мГ	
Вольтметр	Э59/1	75/150/300/600 В	10/20/40/80 кОм		
	Э59/2	7,5/15/30/60 В	83,3/166,7/1000/2000 Ом	—	
	Э59/10	1,5/3/7,5/15 В	7,5/15/37,5/75 Ом	—	
Амперметр	Э59/3	5/10 А	0,01/0,004 Ом	0,003/0,001	
	Э59/4	2,5/5 А	0,015/0,005 Ом	0,009/0,0023	
	Э59/5	1/2 А	0,05/0,014 Ом	0,052/0,013	
	Э59/6	0,25/0,5/1 А	0,7/0,019/0,05 Ом	0,93/0,23/0,06	
	Миллиамперметр	Э59/7	50/100/200 мА	20/5/1,3 Ом	22/5,5/1,3
		Э59/8	25/50/100 мА	75/19/4,8 Ом	92/23/5,7
Э59/9		10/20/40 мА	140/135/34 Ом	540/135/34	

Однак для спеціальних налагоджувальних робіт, пов'язаних з визначенням точних параметрів окремих видів обладнання, і для перевірок інших вимірювальних приладів, при яких потрібна підвищена точність вимірювання, електромагнітні прилади не застосовують.

Самостійна робота № 7

Тема: Вимірювання потужності електричної енергії в електричних колах змінного струму

Мета:

1. Набуття знань з питань вимірювання потужності електричної енергії в електричних колах змінного струму

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вимірювання активної енергії в електричних колах змінного струму.
2. Вимірювання реактивної енергії в електричних колах змінного струму.

Практичне завдання:

1. Накреслити схему вимірювання активної енергії в колах змінного струму за допомогою одного ватметра.
2. Накреслити схему вимірювання реактивної енергії в колах змінного струму за допомогою одного ватметра.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.66-68
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
3. Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Як виміряти активну енергію в колах змінного струму за допомогою одного ватметра.
2. Як виміряти реактивну енергію в колах змінного струму за допомогою одного ватметра.
3. Що служить для розширення меж вимірювання ватметрів?

Потужність в колі 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 ватметра послідовно з навантаженням, можна використовувати схеми включення, показані на рис. 1.

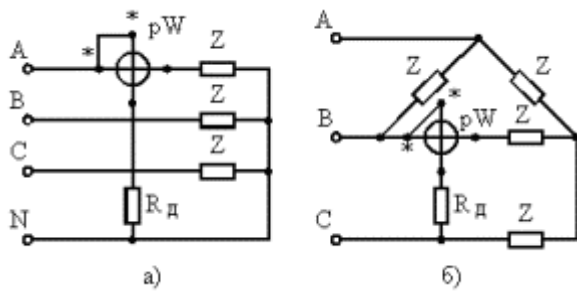


Рис . 1 Схеми вимірювання потужності

трифазного змінного струму при з'єднанні навантажень а - за схемою зірки з доступною нульовою точкою , б - за схемою трикутника за допомогою одного ватметра

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

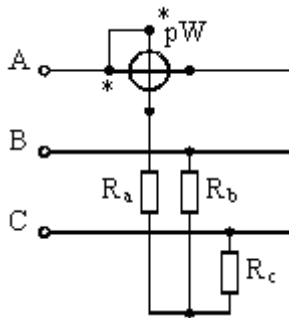


Рис 2 . Схема вимірювання потужності трифазного

змінного струму одним ватметром з штучної нульовою точкою

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

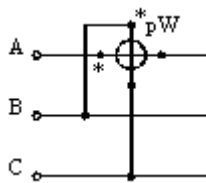


Рис . 3 . Схема вимірювання реактивної потужності трифазного

змінного струму одним ватметром

Методом двох приладів можна користуватися при симетричною і несиметричною 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

$$Q = \sqrt{3}(P_1 + P_2) \cdot \cos \phi$$

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 .

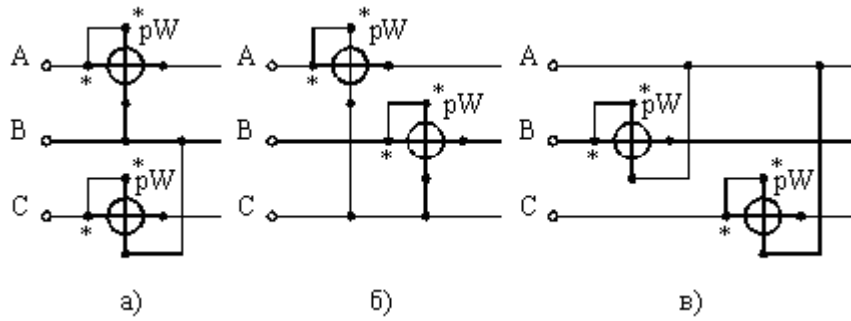


Рис . 4 . Схеми вимірювання активної потужності трифазного змінного струму двома ватметрами а - струмові обмотки включені у фази А і С; б - у фази А і В; в - у фази В і С

Реактивна потужність для трьох-і чотирьох 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.

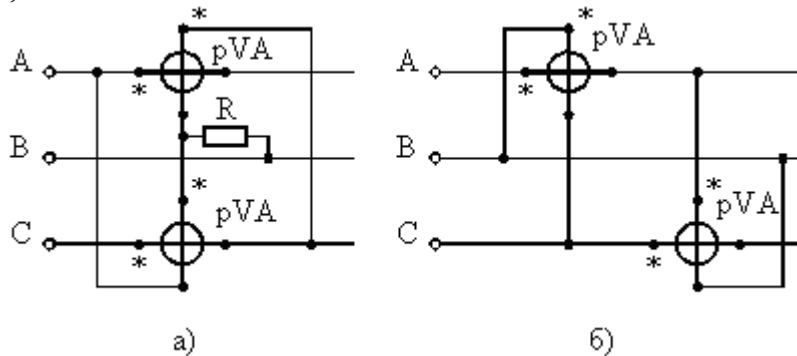


Рис . 5 . Схеми вимірювання реактивної потужності трифазного змінного струму двома ватметрами

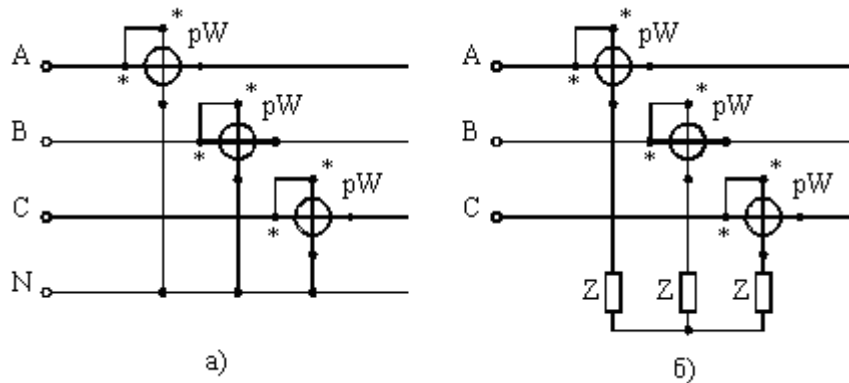


Рис . 6 . Схеми вимірювання активної потужності трифазного змінного струму трьома ватметрами а - за наявності нульового проводу; б - з штучної нульовою точкою

На практиці зазвичай застосовують одно- , двох - і трьохелементні трифазні ватметри відповідно методу вимірювання . Щоб розширити межа 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.

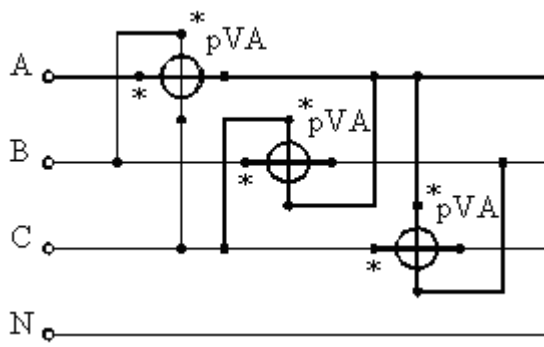


Рис . 7 . Схеми вимірювання реактивної

потужності трьома ватметрами

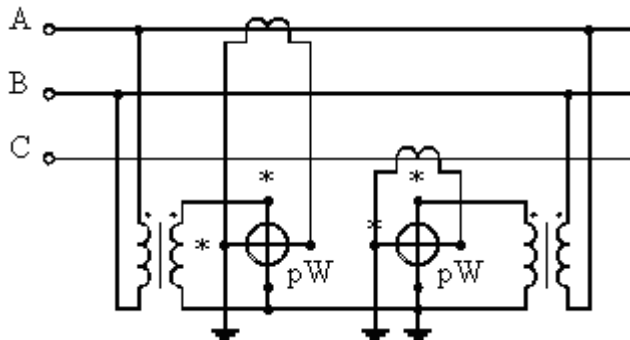


Рис . 8 . Схеми включення ватметрів

через вимірювальні трансформатори .

Самостійна робота № 8

Тема: Вимірювання сили струму без розриву кола, що перевіряється

Мета: Набуття знань з питань вимірювання струму без розриву кола, що перевіряється

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вимірювання струму без розриву кола, що перевіряється
2. Використання випробувальних затискачів
3. Використання електровимірювальних кліщів

Практичне завдання:

1. Накреслити схему вимірювання струму анодного ланцюга електронної лампи
2. Що таке випробувальні затискачі?
3. Описати роботу електровимірювальних кліщів.

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Як виміряти струм без розриву кола, що перевіряється?
2. Що таке випробувальні затискачі?

3. Описати роботу електровимірювальних кліщів.

Вимірювання струму без розриву кола, що перевіряється

Уміння вимірювати струм в контрольованому колі без її розриву набуває особливого значення при пусконаладжувальних роботах, пов'язаних з великою кількістю різних вимірів. При цьому виключається ряд небажаних явищ, пов'язаних з розривом контрольованому колі під навантаженням, і помилки при відновленні контрольованому колі після виконання відповідних вимірювань. Для вимірювання струму без розриву контрольованому колі застосовують непрямі методи та спеціальні пристрої.

При визначенні струму в контрольованому колі без її розриву широко використовують метод вимірювання напруги на відомому резисторі R_1 , включеному в цей ланцюг. Наприклад, струм в анодному ланцюзі електронної лампи Y_L визначають з падіння напруги U_k на резисторі R_1 в ланцюзі катода цієї лампи (опір зсуву): $I_a = U_k / R_1$.

Якщо $R_1 = 800 \text{ Ом}$, а вольтметр показав напругу $U_k = 2 \text{ В}$, то анодний струм $I_a = 2 : 800 = 0,0025 \text{ А}$. Вимірювання напруги на такому резисторі (800 Ом) не складає жодних труднощів.

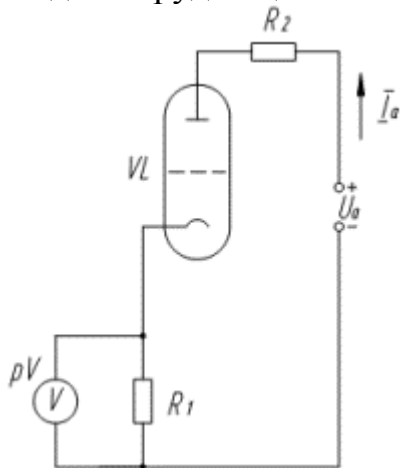


Схема вимірювання струму анодного ланцюга електронної лампи

Таким же методом визначити струм, що проходить по шині з алюмінію, перетин якої $q = 100 \times 10 = 1000 \text{ мм}^2$ або $1 \times 10^{-3} \text{ м}^2$. Опір ділянки шини довжиною l можна визначити за формулою $r = r_l / q$. Питомий опір алюмінію $r = 0,03 \times 10^{-6} \text{ Ом} \times \text{м}$.

Вимірявши падіння напруги на вказаній ділянці шини, неважко визначити струм, що проходить по ній. Якщо, наприклад, напруга на ділянці шини довжиною l м одно $0,003 \text{ В}$, опір l м шини зазначеного перерізу - $0,00003 \text{ Ом}$, а струм, що проходить по цій шині, - 100 А .

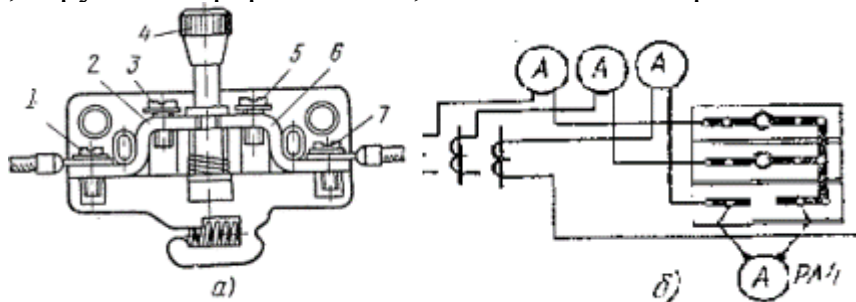
Прийнято заміряти падіння напруги на виходах трансформаторів струму при перевірці вторинних ланцюгів під навантаженням. Зазвичай відомо опір (повне) струмових ланцюгів, тому, заміривши падіння напруг, можна визначити струм в цих ланцюгах, а, крім того, переконатися у справності їх.

Електропромисловість випускається ряд пристроїв, що дозволяють вводити в контрольовані ланцюга вимірювальні прилади, не порушуючи їх цілості. До них відносять випробувальні затискачі і блоки, струмовимірювальні кліщі та ін

Використання випробувальних затискачів

Випробувальний затиск складається з двох металевих пластин 2 і 6, контактних гвинтів (1 і 7 - для підключення перевіряються ланцюгів, 3 і 5 - для підключення вимірювальних приладів і 4 - замикання між собою пластин 2 і 6). Якщо потрібно включити в контрольовану ланцюг амперметр РА4, його спочатку під'єднують до пластин 2 і 6 гвинтами 3 і 5, а потім вивертають гвинт 4.

Ланцюг при підключенні амперметра розривається НЕ буде (до підключення вона замкнута контактним гвинтом 4, після підключення обмотка амперметра утворює додатковий ланцюг, паралельну контактному гвинту 4, і коли його вивертають, струм не переривається, а проходить через обмотку амперметра). Після вимірювання струму в зазначеній ланцюга ввертають контактний гвинт 4, шунтуючи тим самим обмотку амперметра. Якщо потім відключають амперметр, струм не переривається, оскільки може проходити через контактний гвинт 4.

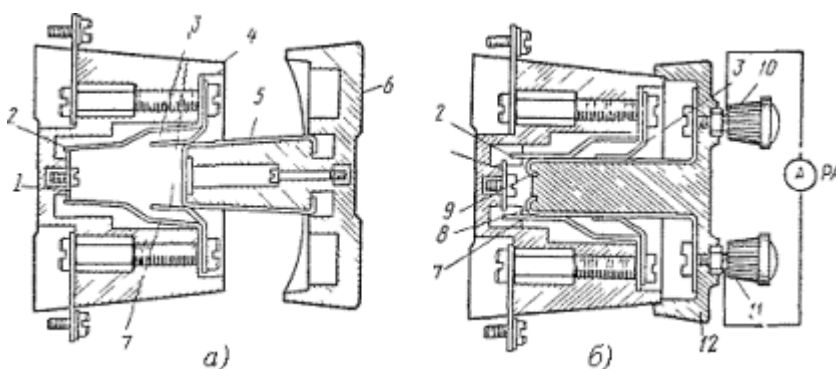


Випробувальний зажим (а) і підключення до нього амперметра (б)

Випробувальні блоки зазвичай монтують на панелях релейного захисту та автоматики для підведення до відповідних приладів ланцюгів від вимірювальних трансформаторів струму.

Кожен випробувальний блок складається з підстави 4 з головними контактами 2 і 7, попередніми контактами 3 і короткозамикачем 1, кришки 6 з контактною пластиною 5 і контрольного штепселя 12 з контактами 8 і 9 та затискачами 10 та 11 для підключення вимірювальних приладів.

Неважко переконатися, що контрольована ланцюг на ділянці між контактними гвинтами випробувального блоку залишається замкнутої як при вставленій кришці і контрольному штепселі, так і при заміні одним іншим. При вставленій кришці 6 струм може проходити від контактного гвинта через головний контакт 2 підстави 4, контактну пластину 5 кришки 6, головний контакт 7 підстави 4 до контактного гвинта. При вийнятій кришці 6 струм може проходити від контактного гвинта через головний контакт 2 підстави 4, короткозамикач 1, головний контакт 7 до контактного гвинта.



Випробувальний блок : а - з кришкою , б - з контрольним штепселем

Якщо на якийсь момент при витягуванні кришки порушиться ланцюг струму через контактну пластину 5 кришки і ще не встигне утворитися ланцюг струму через короткозамикач 1 підстави, струм може проходити по ланцюгу від контактного гвинта через попередні контакти 3 підстави та контактну пластину 5 кришки до контактного гвинта. При вставленому контрольному штепселі з підключеним до нього амперметром струм буде проходити від контрольного гвинта через головний контакт 2 підстави 4, контакт 9 контрольного штепселя 12, амперметр РА, контакт 8 контрольного штепселя, головний контакт 7 підстави 4 до контрольного гвинту.

Використання електровимірювальних кліщів

Електровимірювальні кліщі складаються з трансформатора струму з рознімним магнітопроводом, забезпеченим рукоятками і амперметром. Для вимірювання струму, що проходить по провіднику, магнітопровід розводять, охоплюють їм провідник і потім зводять до змикання обох частин муздромтеатру. Провідник із струмом в цьому випадку є та первинної обмоткою трансформатора струму.

Промисловістю випускається декілька різновидів електроелектроизмерительных кліщів для вимірювань в колах напругою до 10 кВ і до 600 В. Для вимірювання струму в колах напругою до 10 кВ служать кліщі КЕ- 44 з межами вимірювань 25, 50, 100, 250 і 500 А, а також Ц90 з межами вимірювань 15, 30, 75, 300 і 600 А. У цих кліщах рукоятки надійно ізолювані від магнітопровода.

Для вимірювання струму в ланцюзі напругою до 600 В застосовують кліщі Ц30 з межами вимірювань 10, 25, 100, 250, 500 А, якими можна вимірювати і напруга на двох межах - до 300 і 600 В. Крім того, випускають електровимірювальні кліщі, що входять до комплект до інших вимірювальним пристроям та апаратів, наприклад до вольтамперфазометр ВАФ - 85, що дозволяють вимірювати струм в електричн -ських ланцюгах без їх розриву на межах вимірювань 1-5 і 10 А.

Самостійна робота № 9

Тема: Вимірювання опору в колах змінного струму

Мета: Набуття знань з питань вимірювання опору в колах змінного струму

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вибір методу вимірювання
2. Мостові схеми вимірювання опорів
3. Використання електровимірювальних приладів

Практичне завдання:

1. Накреслити схему вимірювання малих опорів в колах змінного струму
2. Накреслити схему вимірювання великих опорів в колах змінного струму

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.58-61
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке клас точності вольтметра і амперметра?
2. Що таке межа вимірювань вольтметра і амперметра?
3. Схема вимірювання малих опорів в колах змінного струму?
4. Схема вимірювання великих опорів в колах змінного струму?

Вимірювання електричного опору змінному струму може бути зроблено методом амперметра - вольтметра за схемами рис.1.

Якщо необхідно визначити складові повного опору, використовують метод трьох приладів амперметра - вольтметра - ваттметра . Великі опори вимірюють за схемою рис . 1, а , малі опори - за схемою на рис. 1, б . Значення повного опору визначають за формулами:

$$Z = \frac{U}{I}; R = \frac{P}{I^2}; X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \frac{\sqrt{U^2 I^2 - P^2}}{I^2},$$

де P , U , I - показання ваттметра , вольтметра і амперметра відповідно.

Точність зазначених методів невелика. До них вдаються при визначенні параметрів нелінійних елементів , коли вимірювання проводиться в робочих умовах.

Для вимірювання повного опору та його складових можна використовувати метод порівняння невідомого опору Z_x з відомим активним опором R_0 .

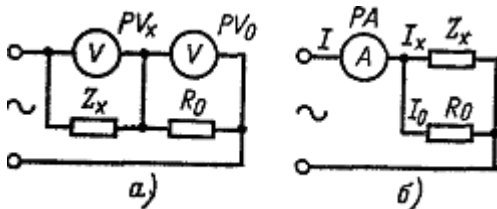


Рис . 1 . Схеми вимірювання опорів за методом порівняння: а - послідовне з'єднання порівнюваних опорів ; б - паралельне

При послідовному з'єднанні Z_x і R_0 (рис. 1 , а) повний опір і його складові визначають за формулами:

$$Z_x = R_0 \frac{U_x}{U_0};$$

$$\cos \varphi = \frac{(U^2 - U_x^2 - U_0^2)}{(2U_x U_0)}.$$

При паралельному з'єднанні Z_x і R_0 (рис. 1 , б)

$$Z_x = R_0 \frac{I_0}{I_x};$$

$$\cos \varphi = \frac{(I^2 - I_x^2 - I_0^2)}{(2I_x I_0)};$$

$$R_x = Z_x \cos \varphi; X_x = \sqrt{Z_x^2 - R_x^2}.$$

Для вимірювання повного опору , а також його активної і реактивної складових широко застосовують різноманітні мости змінного струму. Живлення мостів здійснюють струмом тієї частоти , на якій потрібно провести вимірювання .

Зазвичай активна та реактивна складові вимірюваного опору визначаються окремо за значеннями регульованих елементів .

Самостійна робота № 10

Тема: Вимірювання опору в колах постійного струму

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

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вибір методу вимірювання
2. Мостові схеми вимірювання опорів
3. Використання електровимірювальних приладів

Практичне завдання:

1. Накреслити схему одинарного моста
2. Накреслити схему подвійного моста

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.58-61

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Що таке клас точності вольтметра і амперметра?
2. Що таке межа вимірювань вольтметра і амперметра?
3. Схема вимірювання малих опорів в колах постійного струму?
4. Схема вимірювання великих опорів в колах постійного 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.

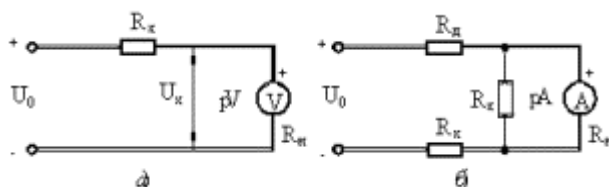


Рис. 1 . Схеми пробників для

вимірювання великих (а) і малих (б) опорів

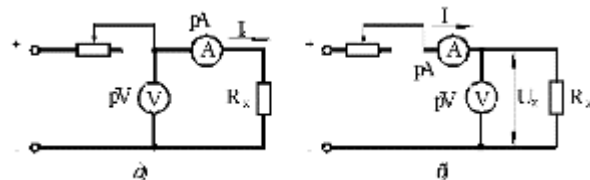


Рис. 2 . Схеми вимірювання

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

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

де I_n 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 :

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

Для схеми рис. 2 , б

$$R_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U_x}{I_x + I_n} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_n}{R_x}}.$$

Відносна методична похибка вимірювання :

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

R_n і R_v - опору амперметра і вольтметра.

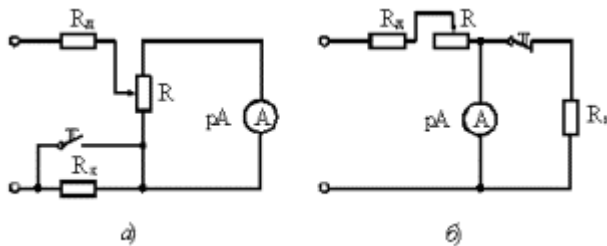


Рис . 3 . Схеми омметрів з послідовною (а) і паралельною (б) схемами вимірювання

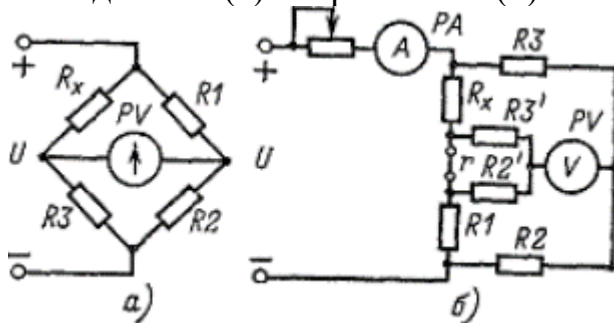


Рис . 4 . Мостові схеми вимірювання опорів : а - одинарний міст , б - подвійний.

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

$$\delta_x = \gamma_x \frac{U_x}{U_x} + \gamma_x \frac{I_x}{I_x},$$

де γ_v , γ_A - класи точності вольтметра і амперметра ; U_p , I_p - 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 опору (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.

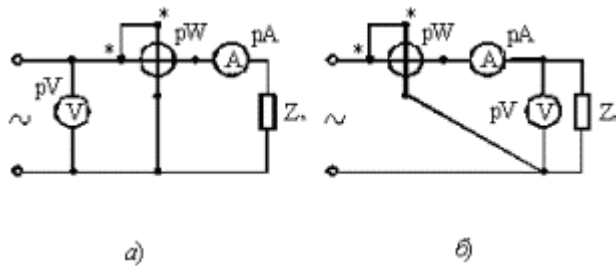


Рис 5 . Схеми вимірювання великих (а) і малих (б) опорів змінному струму

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 опору 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 неврівноважені 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 опору .

Самостійна робота № 11

Тема: Випробування заземлювальних пристроїв

Мета:

1. Набуття знань з питань випробування заземлювальних пристроїв

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

Практичне завдання:

1. Визначення заземлювального пристрою
2. Терміни перевірки заземлювальних пристроїв
3. Сучасні заземлювальні пристрої

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Що таке заземлювальний пристрій?
2. Що таке заземлювач?
3. Що таке заземлювальний провідник?
4. Які опори ЗП ви знаєте і для яких установок?

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.

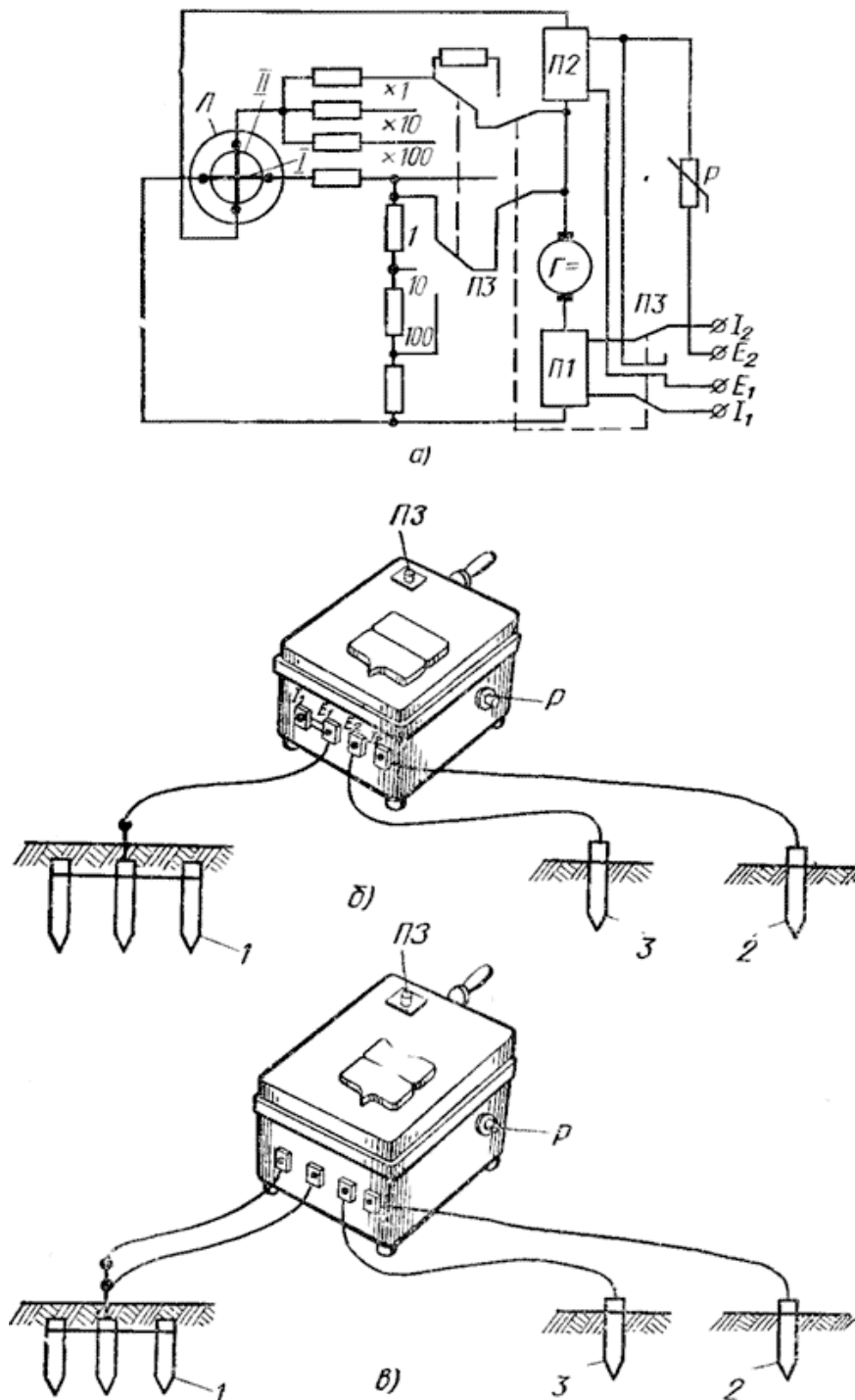
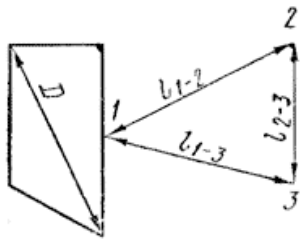
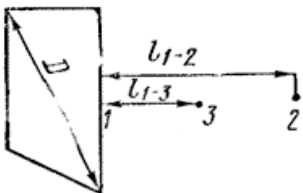
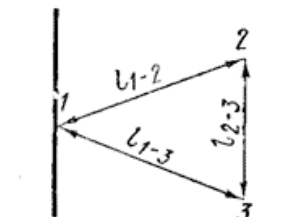
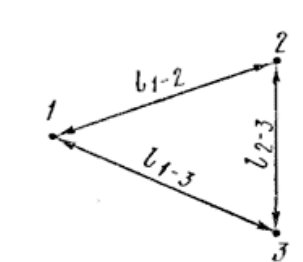


Рис. 1. Вимірювач заземлення МС-08: а - схема приладу, б, в - схеми включення приладу;

1 - заземлювальний пристрій, що перевіряється, 2 - допоміжний заземлювач, 3 - зонд; I, II - обмотки; П1, П2 - перетворювачі, ПЗ - 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. Ґрунт з підвищеним питомим опором треба зволожувати солюною або підкисленою водою в місці забивання допоміжного електрода, крім

того, необхідно ущільнювати ґрунт 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 не відомо, вимірювання починають робити з вищої межі 0-1000 Ом, переходячи потім на інші межі вимірювання для отримання обсягу 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, вдасться, 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).

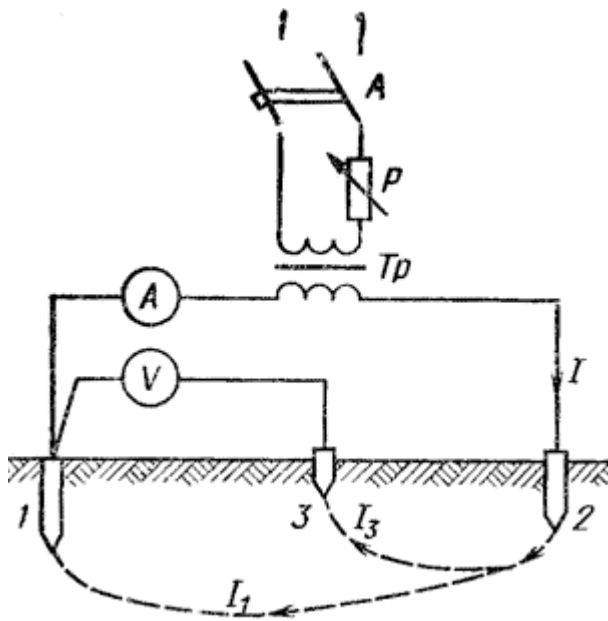


Рис. 2. Вимірювання опору заземлення методом амперметра і вольтметра: 1 - 3 - електроди; Tp – трансформатор, P - реостат, A – автомат, де R - показання приладу, Ом, a - відстань між електродами

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 многопредельним 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 Ст. 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 $\rho = 2mR$.

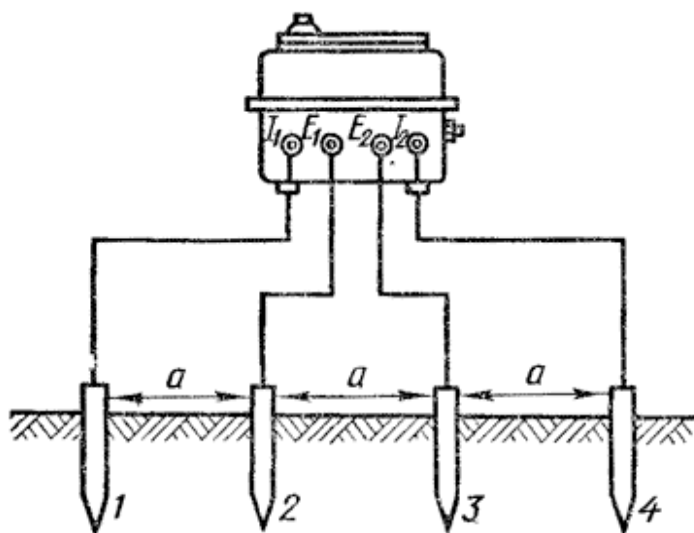


Рис. 3. Вимірювання питомого опору ґрунту вимірювачем заземлення МС-08: 1-4 - електроди

Самостійна робота № 12

Тема: Об'єм і норми випробування заземлювальних пристроїв

Мета: Набуття знань з питань випробування заземлювальних пристроїв

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Об'єм випробування заземлювальних пристроїв
2. Норми випробування заземлювальних пристроїв

Практичне завдання:

1. Об'єм випробування заземлювальних пристроїв
2. Паспорт заземлювального пристрою
3. Сучасні заземлювальні пристрої

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Що таке заземлювальний пристрій?
2. Що таке заземлювач?
3. Що взходить до паспорта заземлювального пристрою?
4. Які опори ЗП ви знаєте і для яких установок?

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

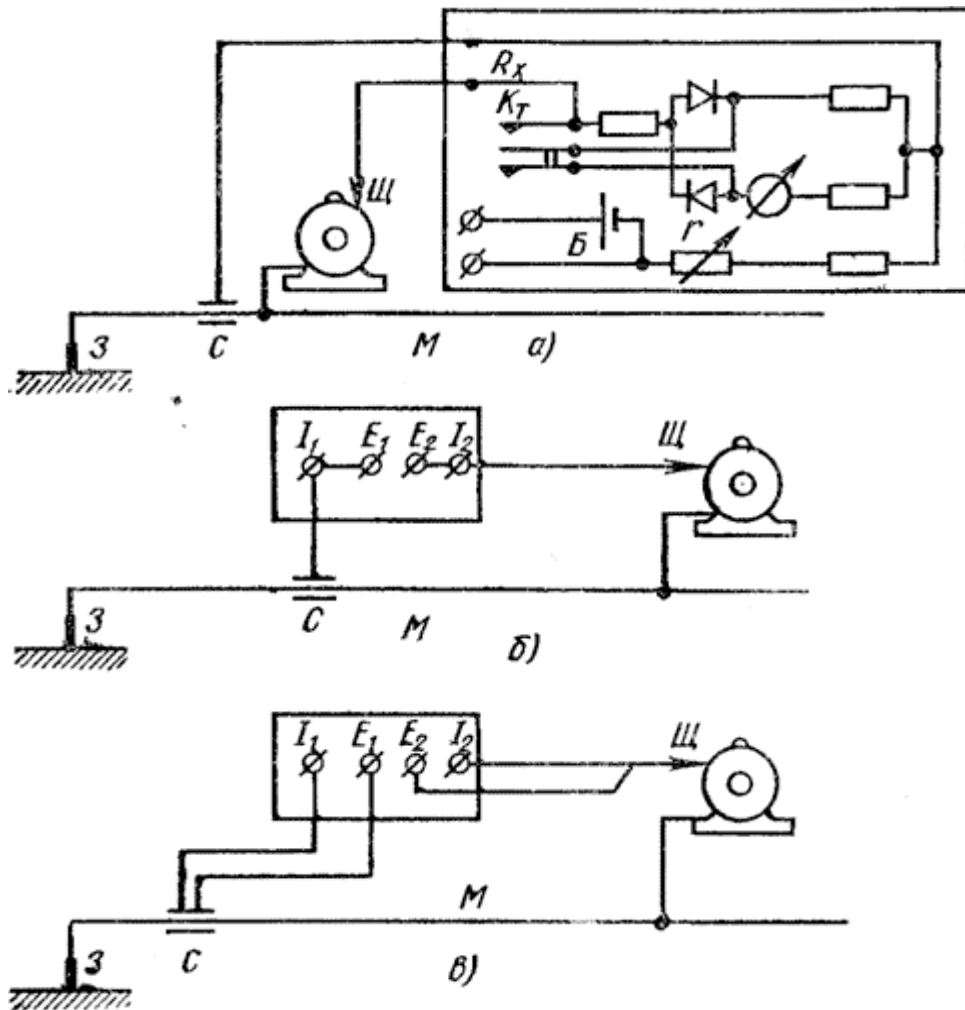


Рис.1 . Схема перевірки мережі заземлення : а - омметром М372 . б і в - приладом МС- 08.

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 З, 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 ізолюваною 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.

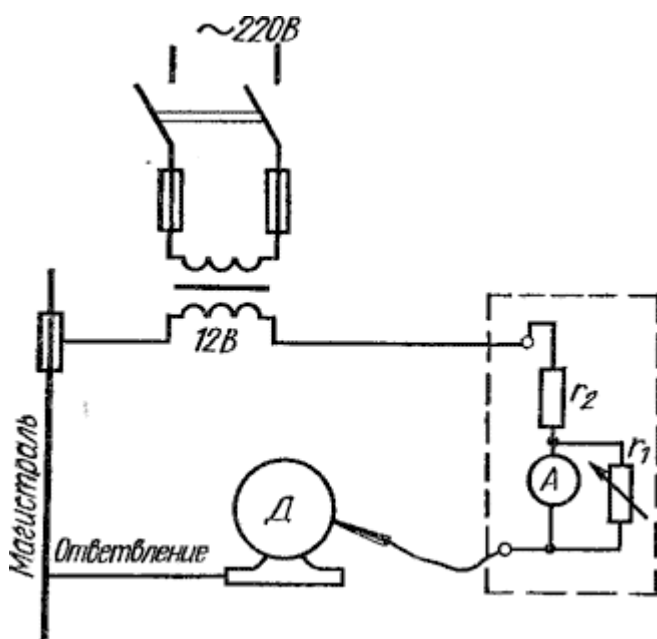


Рис . 2. Вимірювання опору заземленого елемента амперметром

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).

Самостійна робота № 13

Тема: Вимірювання та визначення напруги на заземлювачі

Мета: Набуття знань з питань вимірювання та визначення напруги на заземлювачі

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Перевірка мережі заземлення
2. Вимірювання опору заземленого елемента амперметром

Практичне завдання:

1. Схема перевірки мережі заземлення омметром М372
2. Схема перевірки мережі заземлення приладом МС- 08.

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 электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Що таке напруга кроку?
2. Принцип роботи приладу МС- 08?
3. Принцип роботи приладу М-416?
4. Що таке напруга дотику?

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

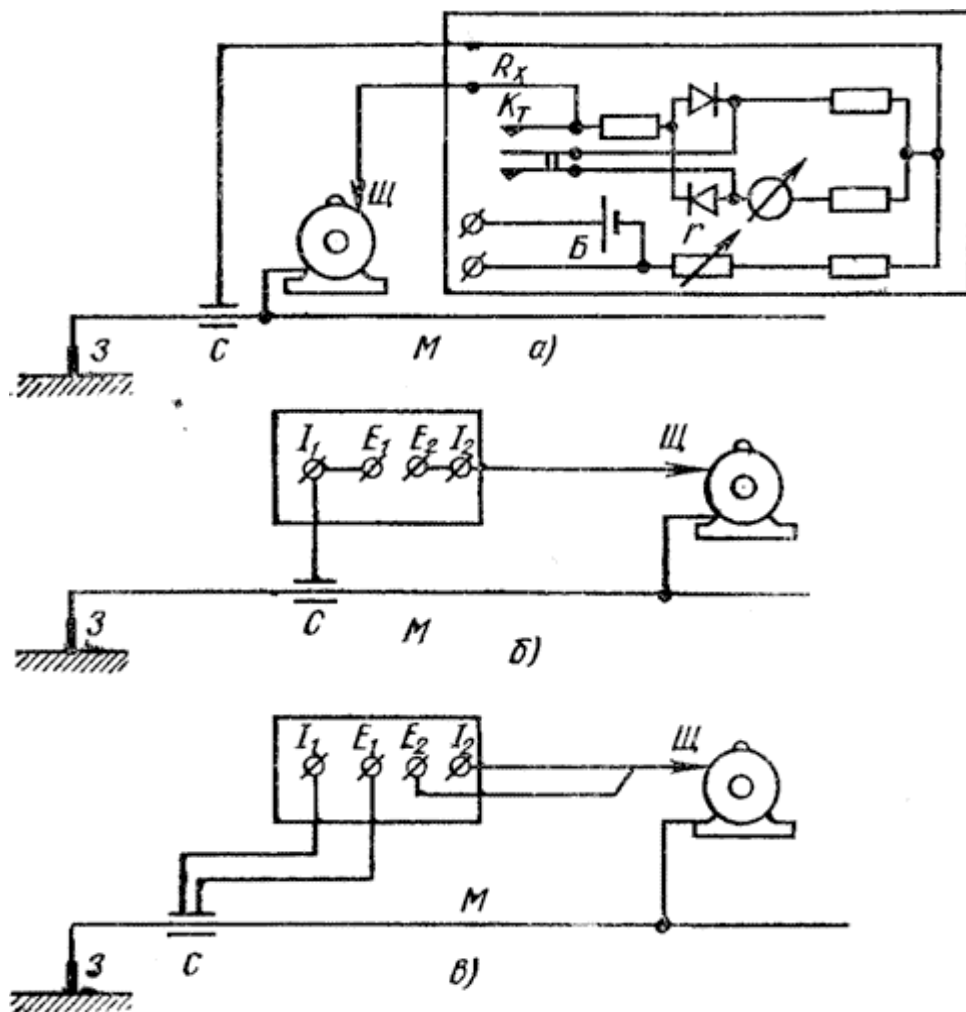


Рис.1 . Схема перевірки мережі заземлення : а - омметром М372 . б і в - приладом МС- 08.

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 ізольований 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 З, 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 вістрі 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.

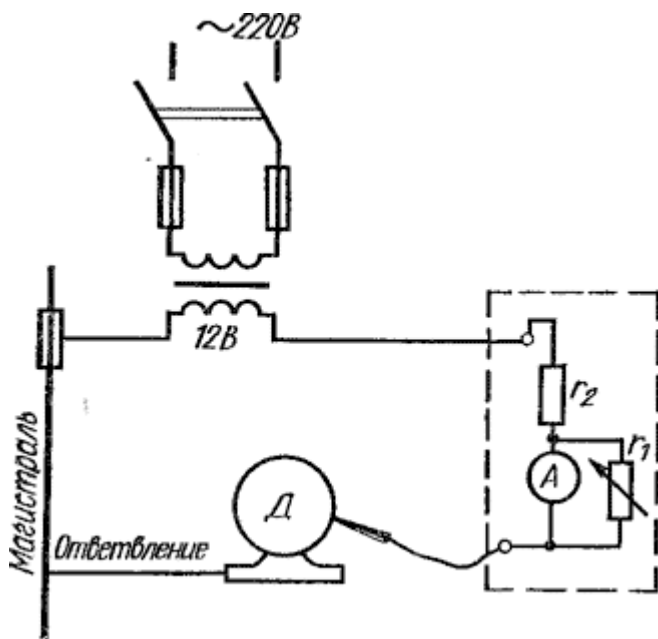


Рис . 2. Вимірювання опору заземленого елемента амперметром

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 проградуїований 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 12В).

Самостійна робота № 14

Тема: Перевірка пробивних запобіжників

Мета: Набуття знань з питань перевірки пробивних запобіжників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Випробування підвищеною напругою промислової частоти
2. Перевірка правильності вибору запобіжників

Практичне завдання:

1. Таблиця значення випробної напруги, кВ для запобіжників, установлених у РП

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Для чого служить запобіжник?
2. Чи проходять випробування запобіжники до 1кВ?
3. Як вибрати струм плавкої вставки запобіжника?
4. Які типи запобіжників ви знаєте чи зустрічали на практиці?

Запобіжники (на напругу вище 1 кВ)

Обсяг і періодичність випробувань запобіжників повинні відповідати 22.1 і 22.2:
- під час приймально-здавальних випробувань (при першому увімкненні) (П);
- під час капітального ремонту обладнання розподільного пристрою (К).
Найменування норм випробувань наведено в 22.1; 22.2.

1 Випробування підвищеною напругою промислової частоти

Значення випробної напруги опорної ізоляції запобіжників приймається згідно з таблицею 1.

Тривалість прикладення випробної напруги - 1 хв.

Випробування опірної ізоляції запобіжників виконується разом з випробуванням ізоляторів ошиновки комірок.

2 Перевірка правильності вибору запобіжників

Перед установленням запобіжників, які мають патрон з наповнювачем, перевіряється відповідність маркування на кришці патрона параметрам установки, яка захищається.

Перед установленням плавкої вставки вихлопних запобіжників перевіряється діаметр дугогасної трубки, який не повинен перевищувати, мм:

- у запобіжниках напругою 10 і 35 кВ - 27;
- у запобіжниках напругою 110 кВ, виготовлених до 1979 року - 16;
- у запобіжниках напругою 110 кВ, виготовлених у 1979 році і пізніше, -23.

Значення номінального струму плавкої вставки мають відповідати параметрам установки, що захищається.

Таблиця 1

Найменування	Значення випробної напруги, кВ для запобіжників, установлених у РП на номінальну напругу, кВ			
	6	10	35	110
Фарфорові ізолятори запобіжників	32	42	100	265

Самостійна робота № 15

Тема: Визначення діелектричних втрат

Мета: Набуття знань з питань визначення діелектричних втрат

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Векторна діаграма струму і напруги в діелектрику з втратами
2. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат

Практичне завдання:

1. Схема вимірювання ємності та тангенсу кута діелектричних втрат

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Що таке діелектрик?
- 2 Наведіть приклади діелектриків?
3. Що таке тангенс кута діелектричних втрат?

Діелектричними втратами називають енергію, рассеиваемую в електроізоляційні матеріали під впливом на нього електричного поля.

Здатність діелектрика розсіювати енергію в електричному полі зазвичай характеризують кутом діелектричних втрат, а також тангенсом кута діелектричних втрат. При випробуванні діелектрик розглядається як діелектрик конденсатора, у якого вимірюється ємність і кут δ , що доповнює до 90° кут зсуву фаз між струмом і напругою в ємнісній ланцюга. Цей кут називається кутом діелектричних втрат.

Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат

Для вимірювання ємності і кута діелектричних втрат (або $\text{tg}\delta$) еквівалентну схему конденсатора представляють як ідеальний конденсатор з послідовно включеним активним опором (послідовна схема) або як ідеальний конденсатор з паралельно включеним активним опором (паралельна схема).

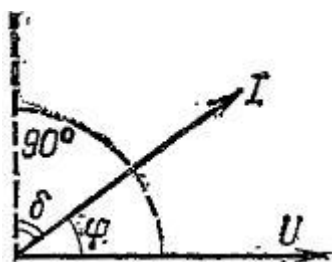


Рис . 1 . Векторна діаграма струму і напруги в діелектрику з втратами

Для послідовної схеми активна потужність :

$$P = (U^2 \omega \text{tg} \delta) / (1 + \text{tg}^2 \delta) , \text{tg} \delta = \omega CR$$

Для паралельної схеми :

$$P = U^2 \omega \text{tg} \delta , \text{tg} \delta = 1 / (\omega CR)$$

де C - ємність ідеального конденсатора; R - активний опір.

Значення кута діелектричних втрат зазвичай не перевищує сотих чи десятих часток одиниці (тому кут діелектричних втрат прийнято виражати у відсотках), тоді $1 + \text{tg}^2 \delta \approx 1$, а втрати для послідовної і паралельної схем заміщення $P = U^2 \omega \text{tg} \delta$, $\text{tg} \delta = 1 / (\omega CR)$

Значення втрат пропорційно квадрату прикладеної до діелектрика напруги і частоті , що необхідно враховувати при виборі електроізоляційних матеріалів для апаратури високої напруги і високочастотної .

Із збільшенням прикладеної до діелектрика напруги до деякого значення U_0 починається іонізація наявних в діелектрику газових і рідинних включень , при цьому δ починає різко зростати за рахунок додаткових втрат , викликаних іонізацією . При U_1 газ іонізований і зменшується (рис. 2) .

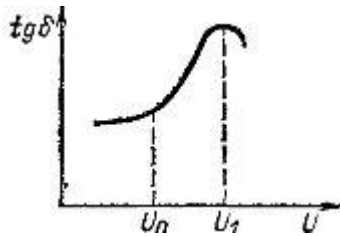


Рис . 2 . Іонізаційна крива $\text{tg}\delta = f(U)$

Значення тангенса кута діелектричних втрат вимірюють при напруженні , меншій U_0 (зазвичай 3 - 10 кВ). Напруга вибирається так , щоб полегшити випробувальний пристрій при збереженні достатньої чутливості приладу .

Значення тангенса кута діелектричних втрат ($\text{tg}\delta$) нормується для температури 20°C , тому вимірювання слід проводити при температурах , близьких до нормованої (10 - 20 оС). У цьому діапазоні температур зміна діелектричних втрат невелика, і для деяких типів ізоляції вимірне значення може без перерахунку порівнюватися з нормованим для 20°C .

Для усунення впливу струмів витoku і зовнішніх електростатичних полів на результати вимірювання на випробуваному об'єкті і навколо вимірювальної схеми монтують захисні пристосування у вигляді охоронних кілець і екранів. Наявність заземлених екранів викликає поява паразитних ємностей ; для компенсації їх впливу зазвичай застосовують метод захисного - напруги , регульованого за значенням і фазі.

Найбільшого поширення набули мостові схеми вимірювання ємності та тангенсу кута діелектричних втрат . В даний час промисловість випускає мости змінного струму типів Р5026 і Р525.Прінципальна схема моста Р525 наведена на рис. 3 .

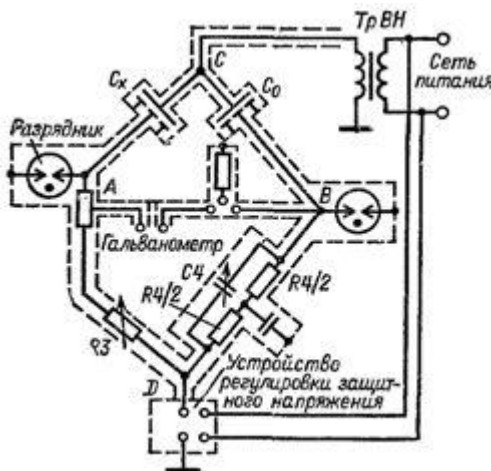


Рис . 3 . Принципова схема вимірювального моста змінного струму Р525

Урівноваження моста проводиться шляхом багаторазового регулювання елементів схеми моста і захисного напруги , для чого індикатор рівноваги

включається то в діагональ , то між екраном і діагоналлю. Міст вважається урівноваженим , якщо при обох включених індикатора рівноваги струм через нього відсутня .

У момент рівноваги моста

$$\operatorname{tg} \delta = 2\pi f C_4 R_x;$$

$$C_x = C_0 \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} ,$$

де f - частота змінного струму, що живить схему

$$C_x = (R_4/R_x) Z_i$$

Постійний опір R_4 вибирається рівним $104 / \pi$ Ом. У цьому випадку $\operatorname{tg} \delta = C_4$, де ємність C_4 виражена в мікрофарадах .

Якщо вимірювання проводилося на частоті f' , відмінної від 50Гц , то $\operatorname{tg} \delta = (f' / 50) C_4$

Коли вимір тангенса кута діелектричних втрат проводиться на невеликих відрізках кабелю або зразках ізоляційних матеріалів , через їх малої ємності необхідні електронні підсилювачі (наприклад, типу Ф- 50 - 1 з коефіцієнтом посилення близько 60). Слід мати на увазі , що міст враховує втрати в дроті, що сполучає міст з випробуваним об'єктом, і виміряне значення тангенса кута діелектричних втрат буде більше дійсного на $2\pi f R_z C_x$, де R_z - опір дроти.

Самостійна робота № 16

Тема: Зовнішній огляд контактів

Мета: Набуття знань з питань зовнішнього огляду контактів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Електричний опір контактів
2. Механічні випробування контактних з'єднань

Практичне завдання:

1. Як виконати випробування контактних з'єднань на надійність (послідовність)

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981

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

3 Правила улаштування електротроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Які контактні з'єднання ви знаєте?
- 2 Як змінюється опір в місці контактного з'єднання?
3. Як кліматичні умови впливають на контактні з'єднання?

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 контактної стики 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 мідної лудженої дроту 0,5 - 1,5 мм. Опір з'єднань багатодротяних жил перерізом до 6 мм² вимірюють проколом ізоляції без обпресування гільзи або накладення бандажа . 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 опору призводять 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 висновками і затискачами і плоскими затискачами і висновками з фасонними шайбами

Механічні випробування контактних з'єднань

Зварні з'єднання відчують на вплив статичного навантаження на стандартних зразках або контактних з'єднань , виконаних пайкою , обпресуванням , і на розбірних контактних з'єднаннях . Якщо відчують багатодротовими жилу , використовують роликові механічні захвати або інше пристосування, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження по окремих проволочкам 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 виробляють порівнянням з цілим провідником меншої міцності .

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

Випробування контактних з'єднань на нагревостойкість

Випробуванню на нагревостойкість 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 попеременном 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 середнє 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 год під струмом , при цьому періодично , через кожні 150 ч , вимірюють температуру контактних з'єднань .

Якщо один з електродів об'єкта з'єднаний із землею (кабель з заземленою металевією оболонкою) , то вторинну обмотку трансформатора високої напруги (ТрВН) не заземлюють , а з'єднують з точкою D (рис. 3) або вимір роблять за схемою перевернутого моста (мости типу Р5026) , коли висока напруга подається до точки D а до точки С під'єднується заземлений електрод випробуваного об'єкта.

При вимірах за схемою перевернутого моста регульовані елементи вимірювальної схеми перебувають під високою напругою , тому регулювання елементів моста або виробляють і а відстані за допомогою ізолюючих штанг , або оператора поміщають в загальному екрані з вимірювальними елементами .

Тангенс кута діелектричних втрат трансформаторів і електричних машин вимірюють між кожною з обмоток і корпусом при заземлених вільних обмотках .

Самостійна робота № 17

Тема: Прилади для перевірки якості електричних контактів

Мета: Знати прилади для перевірки якості електричних контактів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Дефектоскопи ІКД-10М

Практичне завдання:

1. Послідовність роботи з приладом

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Які контактні з'єднання ви знаєте?
- 2 Як змінюється опір в місці контактного з'єднання?
3. Які ви знаєте прилади для перевірки якості електричних контактів?

У районах контактної мережі для визначення якості контактних з'єднань використовуються інфрачервоні дефектоскопи ІКД-10М, за допомогою яких порівнюють свідчення нагріву контактного з'єднання (I_k) і нагріву цілісного відрізання контактного дроту, віддаленого (по дроту) від контактного з'єднання (затиску) не менше, чим на 1 м (I_n). Приватне від їх ділення називають коефіцієнтом дефектності:

$$K_d = I_k / I_n.$$

Контактне з'єднання вважається за придатне, якщо K_d не перевищує 1.

Вимірювання таким дефектоскопом проводять дистанційно, з поверхні землі, не торкаючись до вимірюваного з'єднання і дотримуючи наступні умови:

відстань від приладу до вимірюваного об'єкту має бути не більше 14м;

кут нахилу приладу по відношенню до вертикальної осі контрольованого зажимом не повинен перевищувати 30° , зображення з'єднання (контакту) має бути більше вхідного отвору приймача випромінювання - «зіниця», при невиконанні цієї умови слід наблизитися до вимірюваного об'єкту;

для підвищення точності вимірювань знімають декілька значень і фіксують максимальне.

Використовують також прилади ІКТ, вимірювання якими проводяться так само, як і дефектоскопом ІКД-10М. Проте при вимірах з відстані більше 8 м його свідчення коректуються поправочним коефіцієнтом (з паспорта приладу). Для підвищення точності вимірювань приладом ІКТ необхідно знаходитися на мінімально можливій відстані від вимірюваного об'єкту. При цьому встановлювати прилад проти сонця і проводити вимірювання при дощі, тумані, снігу забороняється.

Вимірювання обома приладами проводяться тільки при максимальному електричному навантаженні в літній період при високій температурі повітря і неможливі при з'єднанні проводів термітною або аргонодуговою зваркою, а також при з'єднанні багатодротяних проводів у вигляді петлі, шунтуюче стикове з'єднання.

Перевірка приладу ІКД перед роботою зводиться до включення тумблера і натиснення кнопки контролю живлення. Якщо стрілка індикатора відхилиться за контрольну відмітку «100», то акумулятори заряджені і прилад готовий до роботи. Справність приладу ІКТ перевіряється виміром якого-небудь об'єкту із задалегідь відомою температурою.

Самостійна робота № 18

Тема: Вимірювання вібрацій та ізоляції підшипників

Мета: Знати способи вимірювання вібрацій та ізоляції підшипників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

3. Вимірювання вібрації підшипників
4. Вимірювання зазорів підшипників ковзання

Практичне завдання:

1. Який об'єм вимірювань і випробувань передбачається нормами випробування електрообладнання для електродвигунів змінного струму

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Для чого служать підшипники?
- 2 Які зазорів у підшипниках ковзання?

1. Вимірювання зазорів у підшипниках ковзання К Збільшення зазорів у підшипниках ковзання більше, ніж значення, наведені у табл. 35 додатка 2, вказує на потребу перезаливання вкладень 8. Перевірка роботи електродвигуна на неробочому ході або з ненавантаженим механізмом К Струм неробочого ходу не повинен відрізнятись більше ніж на 10 % від значення, указанного в каталозі або в інструкції заводу- виробника. Тривалість випробування 1 год. Проводиться в електродвигунів напругою 3 кВ і вище та потужністю 100 кВт і більше 9. Вимірювання вібрації підшипників електродвигуна К Вертикальна та поперечна складові вібрації, виміряні на з'єднаних з механізмами електродвигунах, не повинні перевищувати значень, указаних в інструкціях заводів-виробників. За відсутності таких указівок необхідно керуватись табл. 36 додатка 2 Проводиться в електродвигунів напругою 3 кВ і вище та електродвигунів відповідальних механізмів 13

Після монтажу електродвигуни проходять приймально-здавальні випробування, в процесі яких визначається можливість введення в їх експлуатацію, а також виявляються недоліки, котрі можуть стати причиною аварійних ситуацій.

Ефективна робота більшості промислових технологічних установок значно залежить від надійного функціонування електроприводу. Одним із основних засобів підвищення ефективності та надійності роботи промислових установок є належна експлуатація електродвигунів. В процесі технічного обслуговування

електричних машин проводяться періодичні огляди і перевірки, поточні та капітальні ремонти.

При технічному обслуговуванні електродвигунів, які знаходяться в експлуатації, виконуються наступні роботи:

- ▶ невеликі ремонти (під час перерв у роботі технологічного обладнання) для усунення дрібних дефектів машин;
- ▶ підтягування контактів і кріплень; регулювання траверс і щіток; протирання та очищення доступних частин машини – корпусів, колекторів, кілець регулювання захистів;
- ▶ за графіком, який затверджується головним енергетиком підприємства, проводять огляди електричних машин і систем їх керування та заповнюють карту технологічного огляду (додаток А);
- ▶ щоденний контроль за виконанням Правил технічної експлуатації та інструкцій заводів-виготовлювачів, визначення навантаження за показами приладів (стаціонарних або переносних), перевірка температури підшипників, корпусів і обмоток, перевірка наявності змащувальних речовин;
- ▶ перевірка відсутності ненормальних шумів і гулу, іскріння на колекторах і кільцях, а також вібрації підшипників і корпусів машин;
- ▶ спостереження за виконанням Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів операторами та мотористами, які працюють на обладнанні.

Нормами випробування електрообладнання для електродвигунів змінного струму передбачається такий об'єм вимірювань і випробувань:

- 1) оцінка стану ізоляції обмоток для визначення необхідності сушіння;
- 2) вимірювання опору ізоляції;
- 3) випробування ізоляції обмоток статора підвищеною випрямленою напругою з вимірюванням струму витoku по фазах;
- 4) випробування підвищеною напругою промислової частоти;
- 5) вимірювання зазорів між сталлю ротора і статора;
- 6) вимірювання зазорів підшипників ковзання;
- 7) вимірювання опору обмоток постійному струму;
- 8) гідравлічне випробування повітроохолоджувача;
- 9) перевірка роботи електродвигуна на холостому ході або з не навантаженим механізмом;
- 10) вимірювання вібрації підшипників;
- 11) вимірювання розбігу в осьовому напрямку;
- 12) перевірка роботи електродвигуна під навантаженням;
- 13) перевірка справності стрижнів короткозамкнутих роторів;
- 14) випробування збудників.

Враховуючи прийняту періодичність виконання робіт, електродвигуни змінного струму підлягають вимірюванням і випробуванням в такому обсязі:

- ▶ при здаванні в експлуатацію (П) – за пунктами 1...12;
- ▶ при капітальному ремонті (К) – за пунктами 1, 2, 4...6, 8...13;
- ▶ при поточному ремонті (Т) – за пунктом 2.

Вимірювання опору ізоляції виконується мегомметром. Допустимі значення опору ізоляції подані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Допустимі значення опору ізоляції

Елемент машини, що підлягає випробуванню	Періодичність вимірювання	Напруга мегомметра, кВ	Допустимі значення опору ізоляції, МОм	Примітка
Обмотка статора	П, К, Т ²	0,5/1,0/2,5 ¹	Для електродвигунів, які знаходяться в експлуатації допустимі значення опору ізоляції $R_{i360} I$ і коефіцієнт абсорбції не нормуються, але вони мають враховуватися при розв'язанні питання про необхідність їх сушіння	В експлуатації визначення коефіцієнта абсорбції є обов'язковим лише для електродвигунів напругою 3 кВ і вище або потужністю більше 1 МВт.
Обмотка ротора	П К, Т ²	За вимогами заводу, але не більше ніж 1,0	0,2 Не нормується	Вимірювання проводиться в синхронних електродвигунах і двигунах з фазним ротором напругою 3 кВ і вище або потужністю більше 1 МВт
Термоіндикатори зі з'єднувальними проводами	П, К	0,25	Те саме	—
Підшипники	П, К	1,0	—	—

Примітки. 1. Опір ізоляції вимірюється при номінальній напрузі обмотки до 0,5 кВ мегомметром на 500 В; при номінальній напрузі обмотки більше 500 В до 1000 В – мегомметром на 1000 В, а при номінальній напрузі понад 1000 В - мегомметром на 2500 В.

2. Вимірюється під час поточних ремонтів, якщо для цього не потрібно проводити спеціальні демонтажні роботи.

Оцінка стану ізоляції обмоток електродвигунів виконується при розв'язанні питання про необхідність її сушіння. При цьому керуються таблицею 1.2. (додатками А та Г Норм випробування електрообладнання).

Таблиця 1.2. – Умови вмикання електродвигунів без сушіння

Потужність, номінальна напруга, вид ізоляції	Критерії оцінки стану ізоляції обмоток статора	
	Абсолютне значення опору ізоляції, МОм	Значення коефіцієнта абсорбції
Більше, ніж 5000 кВт Напруга – більше ніж 1 кВ	Не менше значень, поданих в додатку А Норм випробування електрообладнання при температурі ізоляції не нижче 10 °С	Не менше ніж 1,3 при температурі ізоляції від 10 до 30 °С
Менше ніж 5000 кВт Напруга – більше ніж 1 кВ		Не менше ніж 1,2 при температурі ізоляції від 10 до 30 °С
Термореактивна ізоляція обмоток статора	$R_{i360}I$ - не менше ніж $10U_{ном}$ при температурі ізоляції від 10 до 30 °С	Не нормується
Потужність – будь-яка Напруга – менше ніж 1 кВ	Не менше ніж 0,5 МОм при температурі ізоляції від 10 до 30 °С	Не нормується

Випробування ізоляції обмоток статора підвищеною випрямленою напругою з вимірюванням струму витоку по фазах проводиться в електродвигунах потужністю більше 5000 кВт згідно з додатком Г Норм випробування електрообладнання для розв'язання питання про можливість їх вмикання без сушіння. Значення випробної напруги залежить від конструкції, номінальної потужності та напруги електродвигуна, типу обмоток, марки проводу, яким виконані обмотки.

При випробуванні електродвигунів підвищеною напругою промислової частоти значення випробної напруги приймається згідно з даними таблиці 1.3. Тривалість прикладання випробної напруги – 1 хв.

Таблиця 1.3. – Випробні напруги промислової частоти для обмоток електродвигунів змінного струму

Елемент машини, що підлягає випробуванню	Періодичність випробування	Потужність електродвигуна , кВт	Номінальна напруга електродвигуна , кВ	Випробна напруга, кВ
Обмотка статора	П	Менше 1,0 Від 1,0 і більше До 1000	Нижче 0,1 Нижче 0,1 Понад 0,1	$0,8(2U_{ном}+0,5)$ $0,8(2U_{ном}+1)$ $0,8(2U_{ном}+1)$, але не менше, як 1,2
		Від 1000 і більше	До 3,3 Понад 3,3 до	$0,8(2U_{ном}+1)$

		Від 1000 і більше	6,6	$0,8(2,5U_{ном})$
Обмотка статора	К	Від 1000 і більше	Понад 6,6 0,4 і нижче	$0,8(2U_{ном}+3)$
		40 і більше та електродвигуни відповідальних механізмів ¹		1,0 1,5 1,7 4,0 5,0 10,0 16,0 1,0
		Менше ніж 40	0,66 і нижче	1,0
Обмотка ротора синхронних електродвигунів, призначених для безпосереднього пуску, з обмоткою збудження, замкнутою на резистор або джерело живлення	П	—	—	Восьмикратне значення номінальної напруги збудження, але не менше, як 1,2 і не більше, як 2,8
	К	—	—	1,0
Обмотка ротора електродвигуна з фазним ротором	П,К	—	—	$1,5U_{рот}$, але не менше ніж $1,0^2$
Резистор кола гасіння поля	П, К	—	—	2,0
Реостати та пускорегулювальні пристрої	П, К	—	—	$1,5U_{рот}$, але не менше ніж 1,0

Примітки. 1. Випробування проводять під час капітального ремонту (без зміни обмоток) відразу після зупинки до його очищення від забруднення.

2. $U_{рот}$ – напруга на кільцях при розімкнутому роторі і повній нарузі на статорі.

Вимірювання зазорів між сталлю ротора та статора повинне проводитись, якщо дозволяє конструкція електродвигуна. При цьому в електродвигунах потужністю 1000 кВт і більше, в усіх електродвигунах відповідальних механізмів, а також в електродвигунах з виносними підшипниками та підшипниками ковзання, значення повітряних зазорів у місцях, розташованих по обводу ротора і зсунутих один відносно одного на кут 90° або в точках, спеціально передбачених при виготовленні електричної машини, не повинні відрізнятись більше ніж на 10 % від середнього значення зазору.

Вимірювання зазорів підшипників ковзання проводиться відповідно до вказівок підприємства-виготовлювача.

Вимірювання опору обмоток постійному струму проводиться при практично холодному стані електродвигуна. Вимірювання омичного опору обмоток статора

та ротора виконується в електродвигунах напругою 3 кВ і вище та в електродвигунах потужністю 300 кВт і більше.

Вимірювання опору обмоток ротора проводиться в електродвигунах із фазним ротором. Значення опорів різних фаз обмотки не повинні відрізнятися один від одного або від попередніх вимірювань, а також від заводських даних більше ніж на 2 %.

Під час ремонтів обмоток електродвигунів змінного струму керуються додатком Г Норм випробування електрообладнання.

У реостатах і резисторах, які встановлені на електродвигунах на напругу 3 кВ і вище, опір вимірюється на всіх відгалуженнях, у решти вимірюється загальний опір реостатів і резисторів.

Значення опорів не повинні відрізнятися від паспортних, проектних значень або попередніх вимірювань більше ніж на 10 %.

Гідравлічне випробування повітроохолоджувачів електродвигунів проводиться надлишковим тиском повітря 0,2...0,25 МПа протягом 5...10 хв., якщо відсутні інші вказівки заводу-виготовлювача.

Перевірка роботи електродвигуна на холостому ході або з не навантаженим механізмом здійснюється в електродвигунах напругою 3 кВ і вище, потужністю 100 кВт і більше. Значення струму холостого ходу для електродвигунів, які вводяться в роботу, не нормується. Після капітального ремонту електродвигуна величина струму холостого ходу не повинна відрізнятися від значення, виміряного перед ремонтом.

Тривалість безперервної роботи електродвигуна на холостому ході – не менше 1 години.

Вимірювання вібрації підшипників проводиться в електродвигунах на напругу 3 кВ і вище, а також у всіх двигунах відповідальних механізмів. Допустимі значення вібрації на кожному підшипнику подані в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. – Допустимі значення вібрації

Синхронна частота обертання, об./хв.	3000	1500	1000	750 і нижче
Вібрація підшипників, мкм	50	100	130	160

Вимірювання розбігу в осьовому напрямку виконується в електродвигунах, які мають підшипники ковзання. Осьовий розбіг не повинен перевищувати 2...4 мм. Розбіг ротора перевіряється під час капітального ремонту в електродвигунах відповідальних механізмів або при вийманні ротора.

Перевірка роботи електродвигунів під навантаженням виконується до моменту здачі їх в експлуатацію. Навантаження повинне складати не менше 50 % номінального та забезпечуватись технологічним обладнанням, для якого дослідний двигун слугує приводом. Тривалість безперервної роботи під навантаженням при перевірці – до досягнення усталеного значення температури частин електричної машини.

Перевірка справності стрижнів короткозамкнутих роторів проводиться в асинхронних двигунах потужністю 100 кВт і більше під час капітального ремонту з вийманням ротора.

Випробування збудників здійснюється в синхронних електродвигунах згідно з розділом 5 Норм випробування електрообладнання.

Планом даного лабораторного заняття передбачається виконання таких вимірювань і випробувань:

- ▶ перевірка правильності виконання внутрішніх з'єднань трифазного асинхронного двигуна;
- ▶ вимірювання опору ізоляції;
- ▶ вимірювання опору обмоток постійному струму;
- ▶ пробний пуск електродвигуна.

Для якісного проведення вказаних робіт потрібно детально ознайомитись із відповідними теоретичними основами, які пояснюють методи та особливості виконання вказаних вимірювань і перевірок.

Самостійна робота № 19

Тема: Наладка і випробування машин постійного струму

Мета: Знати про наладку і випробування машин постійного струму

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Норми випробувань машини постійного струму
- 2 Опір ізоляції обмоток та бандажів
- 3 Випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти

Практичне завдання:

1. Випробна напруга промислової частоти для ізоляції машин постійного струму (табличні дані)

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981

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

3 Правила улаштування електродвигунов

Питання для самоконтролю:

1. Допустиме значення опору ізоляції обмоток?
- 2 Тривалість прикладення випробної напруги під час випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти ?

6 Машини постійного струму (крім збудників)

Норми випробувань машини постійного струму і періодичність такі:
- при приймально-здавальних випробуваннях (першому увімкненні) - П;
- машини , що надходять у розібраному вигляді - за 6.1-6.7;
- машини, що надходять у зібраному вигляді - за 6.1.1,6.2,6.3,6.5- 6.7
- під час капітального ремонту приводного механізму (К) - за 6.1.1, 6.2, 6.3;

- під час поточного ремонту приводного механізму (Т) - за 6.1.1.

6.1 Опір ізоляції обмоток та бандажів

6.1.1 Вимірювання опору ізоляції Вимірювання провадиться мегаомметром на напругу 0,5 кВ. Виміряне значення опору ізоляції повинне бути не менше ніж 0,5 МОм. В експлуатації опір ізоляції обмоток вимірюється разом із з'єднаними з ними колами і кабелями.

6.1.2 Вимірювання опору ізоляції бандажів
Проводиться відносно корпусу і утримуваних ними обмоток. Виміряне значення опору ізоляції повинне бути не менше ніж 0,5 МОм.

6.2 Випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти
Значення випробної напруги встановлюється за таблицею 6. Тривалість прикладення випробної напруги - 1 хв.

6.3 Вимірювання опору постійному струму
Вимірювання провадиться в генераторах, а також електродвигунах потужністю більш ніж 3 кВт при практично холодному стані машини. Норми допустимих відхилень опору наведено в таблиці 2.

Таблиця 1 - Випробна напруга промислової частоти для ізоляції машин постійного струму

Випробний елемент	Випробна напруга, кВ	Примітка
Обмотки	1,2	Для машин потужністю більше ніж 3 кВт
Бандажі якоря	1,0	Те саме
Реостати, пускорегульовальні резистори	1,0	Ізоляцію можна випробувати разом з ізоляцією кіл збудження

Таблиця 2 - Норма відхилення значень опору по постійному струму

Випробний елемент	Норма	Примітка
Обмотки збудження	Значення опорів обмоток не повинні відрізнятися від попередніх вимірювань або заводських значень більше ніж на 2 %	
Обмотка якоря (міжколекторними пластинами)	Значення виміряного опору не повинні відрізнятися один від одного більше ніж на 10 % за винятком випадків, коли це зумовлено схемою з'єднання	
Реостати і пускорегульовальні резистори	Значення виміряного опору не повинні відрізнятися від попередніх вимірювань або заводських даних більше ніж на 10 % Не повинно бути обриву кіл	Вимірювання провадиться на кожному відгалуженні Перевіряється мегаомметром цілість кіл

- 6.4 Вимірювання повітряних зазорів під полюсами
 Вимірювання провадиться в генераторах, а також електродвигунах потужністю 3 кВт і більше. Розміри зазорів в діаметрально протилежних точках не повинні відрізнятися один від одного більше ніж на $\pm 10\%$ від середнього розміру зазора.
- 6.5 Зняття характеристик ХХ та випробування виткової ізоляції
 Характеристика ХХ знімається в генераторах постійного струму. Підвищення напруги виконується до значення, яке дорівнює 130 % номінальної. Відхилення значень знятої характеристики від значень заводської не нормується (практично вони не повинні перевищувати похибку вимірювань). При випробуванні виткової ізоляції машин з числом полюсів більше чотирьох значення середньої напруги між сусідніми колекторними пластинами не повинне перевищувати 24 В. Тривалість випробування виткової ізоляції - 5хв.
- 6.6 Перевірка роботи машини на холостому ході
 Перевірка провадиться протягом не менше ніж 1 год. Під час перевірки електродвигунів значення струму ХХ не нормується.
- 6.7 Визначення меж регулювання частоти обертання електродвигунів
 Визначення провадиться на холостому ході і під навантаженням у електродвигунах з регульованою частиною обертання. Межі регулювання повинні відповідати технологічним даним механізму.

Самостійна робота № 20

Тема: Визначення групи з'єднання трифазних трансформаторів

Мета: Знати основні групи з'єднання трифазних трансформаторів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Поняття про групи з'єднання обмоток трансформаторів
2. Дві основні групи за ДСТУ 11677—65

Практичне завдання:

1. Нарисувати основні схеми і групи з'єднання обмоток трансформаторів

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Які ви знаєте групи з'єднання обмоток трансформаторів?
- 2 Приведіть векторні діаграми первинних і вторинних обмоток трифазних трансформаторів.

Поняття про групи з'єднання обмоток трансформаторів з'єднання первинних і вторинних обмоток трифазних трансформаторів (див. § 17.1) може бути однаковим, коли обидві обмотки з'єднуються зіркою або

трикутником, і змішаним - при з'єднанні однієї обмотки зіркою, а іншої - трикутником.

Таблиця 17.1

Схеми і групи з'єднання обмоток трансформатора

Умовне позначення групи	Схема з'єднання обмоток		Діаграма векторів з. д. с.	
	первинна	вторинна	первинна обмотка	вторинна обмотка
$Y/Y-0$				
$Y/\Delta-11$				

Залежно від того, як здійснюється з'єднання між обмотками — початками або кінцями їх — і в якій послідовності, теоретично можна одержати велику кількість різних схем або груп з'єднань обмоток трифазних трансформаторів і векторних діаграм їхніх напруг. Однак таке довільне й різноманітне утворення схем обмоток трансформаторів істотно ускладнило б використання трифазних трансформаторів в експлуатації. Тому з метою уніфікації виробництва й зручності застосування цих трансформаторів на практиці ДСТУ обмежило число можливих груп з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. За ДСТУ 11677—65 установлені тільки дві основні групи, обов'язкові для реалізації при виробництві трансформаторів. Ці групи представлені в табл. 17.1. Для умовної позначки груп з'єднання обмоток трифазних трансформаторів прийняті наступні знаки залежно від кутового зсуву векторів е.р.с. первинної й вторинної обмоток однієї й тієї ж фази. Так, наприклад, перша група однакового з'єднання обмоток трансформатора за схемою зірка — зірка позначається умовним знаком $Y/Y-0$ (див. табл. 17.1). Це означає, що вектори лінійних е.р.с. первинної й вторинної обмоток збігаються по фазі. Друга група змішаного з'єднання обмоток за схемою зірка-трикутник позначається умовним знаком $Y/\Delta-11$, у якому число 11 указує кутове відставання на 330° вторинної лінійної е.р.с. від первинної (див. табл. 17.1), отримане множенням цього числа на 30° (кутовий зсув, прийнятий за одиницю). Умовна позначка групи з'єднання.

Самостійна робота № 21

Тема: Перевірка правильності роботи перемикача для регулювання напруги під навантаженням

Мета: Вміти перевіряти правильність роботи перемикача для регулювання напруги під навантаженням

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Регулювання напруги трансформаторів
- 2 Перемикач без збудження
- 3 Регулювання під навантаженням

Практичне завдання:

1. Що входять до програми випробувань перемикаючих пристроїв (перерахувати)

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Як проводять перевірку перехідного опору контактів?
- 2 Що таке перевірка послідовності дії контактів?

Перевірка перемикаючих пристроїв

Регулювання напруги трансформаторів у процесі експлуатації проводять головним чином зміною числа витків обмотки. Для цього обмотки мають відгалуження, виведені на спеціальний перемикаючий пристрій, призначений для зміни коефіцієнта трансформації.

Залежно від типу і призначення силових трансформаторів вони можуть обладнуватися перемикаючим пристроєм, які діють з відключенням трансформатора від мережі (перемикач без збудження - ПБЗ), або з перемикаючим пристроєм, що діє під навантаженням (регулювання під навантаженням - РПН). Трансформатори з перемикачем типу ПБЗ мають звичайно п'ять відгалужень для одержання чотирьох ступенів напруги щодо номінальної +5; +2,5; -2,5 і -5. Трансформатори з регулюванням під навантаженням мають більше відгалужень і ширший діапазон регулювання. У програму випробувань перемикаючих пристроїв входять:

- вимірювання перехідного опору контактів;
- вимірювання сили контактного тиску;
- контроль ізоляції;
- перевірка послідовності дії контактів.

Перевірку перехідного опору контактів можна здійснювати разом з перевіркою опору обмоток трансформатора постійному струму і автономно.

Вимір проводять методом амперметра-вольтметра або за допомогою приладів, призначених для вимірювання малих опорів (мікроомметри, подвійні мости).

Вимір сили контактного тиску проводять за допомогою динамометра. Момент розірвання контактів визначають або за згасанням контрольної лампи, включеної у коло контактів, або за звільненням щупа товщиною не більше 0,1 мм. За величину контактного тиску приймають середнє значення з трьох вимірів. Розкид у вимірах не повинен перевищувати $\pm 10\%$ від середнього значення.

Контроль ізоляції перемикачів проводять разом з випробуванням ізоляції обмоток трансформатора.

Перевірку послідовності дії контактів виконують у перемикачів з регулюванням напруги під навантаженням. Порядок і схема визначення послідовності роботи контактів залежать від типу перемикача і наведені у заводських інструкціях. Суть перевірки полягає в тому, що перевіряють замкнутий або розімкнутий стан контактів перемикача залежно від положення приводного механізму (вала або рейки). Визначення проводять за допомогою сигнальних ламп, включених у схему перевірки таким чином, щоб контакти перемикача керували колом їх живлення.

Для перемикачів під навантаженням знімають кругову діаграму, що являє собою графічний відбиток послідовності роботи перемикача в залежності від куту повороту вертикального вала за один цикл.

Результати перевірки послідовності роботи контактів у поєднанні з вимірними опорами постійному струмі і коефіцієнтами трансформації дозволяють скласти остаточний висновок про придатність перемикача до подальшої експлуатації.

Самостійна робота № 22

Тема: Визначення можливості включення трансформатора в роботу без сушіння

Мета:

1. Вміти перевіряти можливість включення трансформатора в роботу без сушіння

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Сушіння за рахунок втрат потужності у власному баку
2. Сушіння струмами нульової послідовності

Практичне завдання:

1. Схема сушіння за рахунок втрат потужності у власному баку
2. Схема сушіння струмами нульової послідовності

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Як визначити число витків обмотки?
2. Чому дорівнює струм в обмотці?
3. Потужність, яка споживається обмоткою намагнічування?

В умовах експлуатації найбільше поширення одержали економічні й зручні методи сушіння трансформаторів за рахунок втрат потужності у власному баку або завдяки розсіюванню потужності при протіканні в їх обмотках струмів нульової послідовності. В обох цих випадках сушіння можна проводити на місці установки трансформаторів при будь-якій температурі середовища, але із зливанням масла з бака.

Сушіння за рахунок втрат потужності у власному баку

Іноді цей метод називають індукційним. Для нагрівання трансформатора на його бак 1 (рис.1) намотують намагнічуючу обмотку 2.

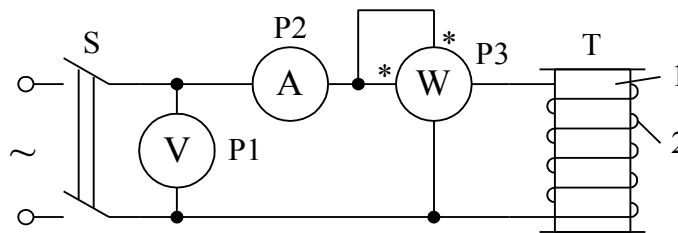


Рис. 20 - Схема сушіння трансформаторів втратами у баку

Щоб одержати більш рівномірний розподіл температур всередині бака, обмотку намагнічування намотують на 40 – 60% висоти бака (знизу), причому на нижній частині витки розташовують щільніше, ніж на верхній. Провід для обмотки може бути будь-який.

Число витків обмотки можна підрахувати за формулою

$$\omega = \frac{UA}{l} ,$$

де U – напруга джерела струму, В;

l – периметр бака, м;

A – коефіцієнт, який визначають за табл. 9.15 залежно від питомих втрат ΔP , що знаходять за формулою

$$\Delta P = k_T \frac{F}{F_0} (\vartheta_{нагр} - \vartheta_0) ,$$

де k – коефіцієнт тепловіддачі (для утепленого бака $k = 5$, для неутепленого $k = 12$ кВт/м²·град;

F – площа поверхні бака трансформатора, м² ;

F_0 – площа поверхні бака, зайнята обмоткою, м² ;

$\vartheta_{нагр}$ – температура нагрівання бака (звичайно 105 °С);

ϑ_0 – температура навколишнього середовища, °С.

Струм в обмотці визначають з формулою

$$I = \frac{\Delta PF_0}{U \cos \varphi}$$

Для трансформаторів з гладкими або трубчастими баками $\cos \varphi = (0,4 - 0,5)$; для трансформаторів з ребристими баками $\cos \varphi = 0,3$. Чим товстіші стіни бака та масивніші деталі зовнішнього кріплення, тим вище значення $\cos \varphi$.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта A в залежності від питомих втрат

ΔP	A	ΔP	A
0,75	2,33	1,4	1,74
0,8	2,26	1,6	1,65
0,9	2,12	1,8	1,59
1,0	2,02	2,0	1,54
1,1	1,42	2,5	1,42
1,2	1,84	3,0	1,34

Температуру нагрівання трансформатора можна регулювати зміною підведеної напруги, зміною числа витків обмотки намагнічування, періодичним відключенням живлення обмотки намагнічування.

Сушіння струмами нульової послідовності

Цей спосіб відрізняється від попереднього тим, що обмоткою намагнічування служить одна з обмоток трансформатора, з'єднана за схемою нульової послідовності. Трансформатори, які найчастіше застосовують в експлуатації, мають 12-ту групу з'єднання обмоток. У цьому випадку як обмотку намагнічування зручно використовувати обмотку нижчої напруги, яка має виведену нульову точку (рис.2).

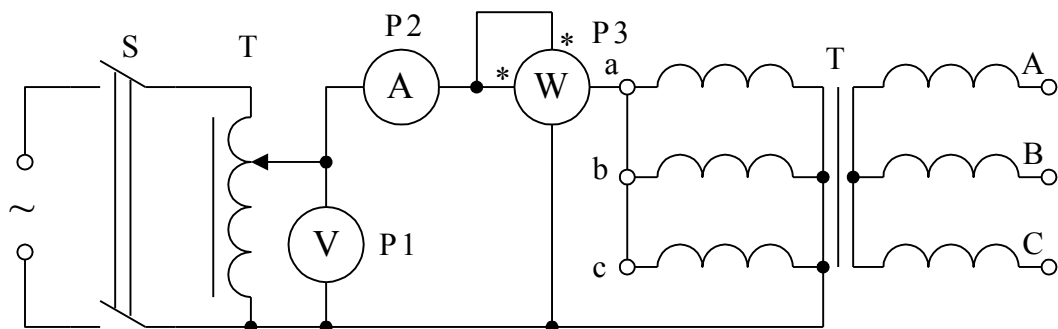


Рис. 21 - Схема сушіння трансформаторів струмами нульової послідовності

При сушінні трансформатора струмом нульової послідовності нагрів відбувається за рахунок розсіювання потужності в обмотці намагнічування, в сталі магнітопроводу, в його конструктивних деталях та в баку. Таким чином, при сушінні трансформаторів струмом нульової послідовності використовуються як внутрішні, так і зовнішні джерела тепла. Це сушіння являє собою немовби поєднання двох способів сушіння - струмом короткого замикання і втратами потужності у власному баку.

Параметри сушіння трансформаторів струмом нульової послідовності можна визначити таким способом. Потужність, яка споживається обмоткою намагнічування,

$$P_0 = \Delta P \cdot F ,$$

де ΔP – питома втрата потужності, кВт/м²;

F – площа поверхні бака, м²;

Для трансформаторів без теплової ізоляції бака, сушіння яких протікає при температурі від 100 до 110 °С, можна прийняти $\Delta P=0,65 - 0,9$ кВт/м².

При з'єднанні обмотки намагнічування за схемою зірки підведена напругу можна знайти за формулою

$$U_0 = \sqrt{\frac{P_0 Z_0}{3 \cos \varphi_0}} ,$$

де Z_0 – повний опір нульової послідовності фазної обмотки (його можна визначити дослідним шляхом);

$\cos \varphi_0$ – коефіцієнт потужності, який приймають рівним від 0,2 до 0,7. Чим більша потужність трансформатора, масивніші деталі його внутрішнього кріплення, товстіші стінки бака і менша відстань між магнітопроводом та баком, тим більше значення $\cos \varphi$. Його величину можна також встановити дослідним шляхом.

Фазовий струм сушіння, необхідний для вибору вимірювальних приладів, і площу перерізу з'єднувальних проводів визначають за виразом

$$I_0 = I_{НОМ} \sqrt{\frac{10}{S_{НОМ}}} ,$$

де $S_{НОМ}$ – номінальна потужність трансформатора, кВ·А.

Сушіння трансформаторів струмом нульової послідовності характеризується значно меншим споживанням потужності (до 40%) і часом сушіння (теж до 40%) у порівнянні із сушінням за рахунок втрат потужності у власному баку.

Недоліком сушіння струмом нульової послідовності є те, що напруга живлення тут нестандартна, тобто потрібне спеціальне джерело струму. Найчастіше як таке джерело використовують зварювальні трансформатори. Для збереження ізоляції обмоток від зволоження тривалість перебування активної частини трансформатора на відкритому повітрі не повинна перевищувати 16 год. у суху погоду (відносна вологість повітря до 75%) і 12 год. у вологу (відносна вологість повітря понад 75%). Всі трансформатори після заливання їх маслом перед включенням витримують не менше 48 год. у теплому приміщенні або 120 год. у холодному

Самостійна робота № 23

Тема: Пускове опробування електричних машин і трансформаторів

Мета:

1. Набути знання про пускове опробування електричних машин і трансформаторів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Програма приймальних випробувань електричних машин
- 2 Програма типових випробувань трифазних трансформаторів

Практичне завдання:

1. Випробування та перевірки електричних машин
2. Випробування та перевірки трифазних трансформаторів

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Які силові трансформатори ви знаєте?
- 2.Для чого здійснюють пускове опробування електричних машин і трансформаторів?
3. Класи напруг силових трансформаторів?

Додаток А**Програма випробувань електричних машин і трансформаторів**

Таблиця А.1 – Програма приймальних випробувань електричних машин (ГОСТ 183-74*)

Випробування та перевірки		Тип машини		
		МПС	СМ	АД
1		2	3	4
1	Вимірювання опору ізоляції обмоток відносно корпусу та між обмотками	*	*	*
2	Вимірювання опору обмоток при постійному струмі в практично холодному стані	*	*	*
3	Випробування при підвищенні частоти обертання	*	*	*
4	Випробування ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками на електричну міцність	*	*	*
5	Випробування міжвиткової ізоляції обмоток на електричну міцність	*	*	*
6	Визначення струму збудження генератора або частоти обертання двигуна при холостому ході	*	-	-
7	Перевірка комутації при номінальному навантаженні й короткочасному перевантаженні за струмом	*	-	-

8	Визначення характеристики холостого ходу	+	*	-
9	Визначення робочої (швидкісної) характеристики (для двигунів)	+	-	-
10	Визначення зовнішньої характеристики (для генераторів)	+	-	-
11	Визначення регулювальної характеристики	+	-	-
12	Випробування на нагрів	+	+	+
13	Визначення області безіскрової роботи й перевірка якості комутації	+	-	-
14	Визначення ККД	+	+	+
15	Вимірювання вібрацій	+	+	+
16	Вимірювання биття колектора (якщо це встановлено в стандартах на окремі види машин)	+	-	-
17	Вимірювання радіоперешкод	+	-	-
18	Вимірювання рівня шуму	+	+	+
19	Визначення характеристики усталеного короткого замикання	-	*	-
20	Визначення струму третьої гармоніки (при з'єднанні обмотки якоря в трикутник)	-	+	-
21	Вимірювання струму збудження в режимі ненавантаженого перезбудженого двигуна й визначення U-подібної характеристики	-	+	-
22	Визначення регулювальної характеристики, номінального значення струму збудження й зміни напруги	+	+	-
23	Випробування на короточасне перевантаження за струмом	-	+	+
24	Випробування механічної міцності при ударному струмі КЗ	-	+	-
25	Визначення коефіцієнта викривлення синусоїдальної кривої лінійної напруги	-	+	-
26	Визначення індуктивних опорів і постійних часу обмоток (для машин з $S > 100$ кВ×А)	-	+	-
27	Випробування електромашинного збудника	-	+	-
28	Визначення швидкості зростання напруги збудника синхронного генератора й компенсатора	-	+	-
29	Визначення початкового пускового та мінімального обертового моменту й початкового пускового струму	-	+	+
30	Перевірка стану ущільнень	-	*	-
31	Визначення коефіцієнта трансформації (АД з фазним ротором)	-	-	*
32	Визначення струму й втрат холостого ходу	-	-	*
33	Визначення струму й втрат короткого замикання	-	-	*
34	Визначення коефіцієнта потужності й ковзання	-	-	+
35	Визначення максимального обертового моменту	-	-	+

Примітка. Знаком "*" позначені пункти приймальних випробувань, які входять у програму приймально-здавальних випробувань; знак "-" означає, що це випробування не проводиться; знак "+" – проводиться. МПС – машина постійного струму; СМ – синхронна машина; АД – асинхронний двигун.

Таблиця А.2 – Програма приймальних випробувань двигунів малої потужності (ГОСТ 16264-85*)

Вид випробувань і перевірок		Тип двигуна			
		АД	СД	К	БК
1	Перевірка зовнішнього вигляду	+	+	+	+
2	Перевірка приєднувальних розмірів та биття кінця вала, що виступає	+	+	+	+
3	Перевірка напрямлення обертання та маркірування вивідних кінців обмоток	+	+	+	+
4	Вимірювання опору обмоток постійному струму в практично холодному стані	+	+	+	+
5	Вимірювання опору ізоляції обмоток відносно корпусу	+	+	+	+
6	Перевірка електричної міцності ізоляції обмоток відносно корпусу	+	+	+	+
7	Випробування міжвиткової ізоляції обмоток на електричну міцність	+	+	+	+
8	Визначення струму й втрат холостого ходу	+	+	-	-
9	Визначення струму й втрат КЗ	+	+	-	-
10	Перевірка струму й частоти обертання при номінальному навантаженні й максимально допустимому значенні напруги керування	-	-	-	+
11	Визначення напруги зрушування	-	-	-	+
12	Перевірка комутації в номінальному режимі та при короткочасному перевантаженні за струмом	-	-	+	-
13	Перевірка рівня звуку	+	+	+	+

Примітка. Знак "-" означає, що дане випробування не проводиться, знак "+" – проводиться; АД – асинхронні двигуни; СД – синхронні двигуни; К – колекторні; БК – безколекторні.

Таблиця А.3 – Програма типових випробувань трифазних трансформаторів потужністю 6,3 кВ×А й більше (ГОСТ 11677-85*)

Вид випробувань і перевірок		Примітка
1	Зовнішній огляд і перевірка на відповідність кресленням	*

2	Перевірка коефіцієнта трансформації й групи з'єднань обмоток	*
3	Випробування проби масла (або рідинного діелектрика) з бака трансформатора	*
4	Визначення опору обмоток постійному струму	*
5	Визначення параметрів ізоляції	*
6	Випробування електричної міцності ізоляції однохвилинною випробувальною напругою промислової частоти	*
7	Випробування електричної міцності ізоляції напругою промислової частоти з вимірюванням часткових розрядів (для класів напруги 150 кВ і вище)	*
8	Перевірка струму й втрат холостого ходу	*
9	Перевірка струму й втрат АЗ	*
10	Випробування бака трансформатора на щільність	*
11	Випробування пристроїв перемикачів відгалужень обмоток	*
12	Вимірювання опору нульової послідовності	
13	Випробування внутрішньої ізоляції грозовими імпульсами напруги	
14	Випробування електричної міцності повітряних проміжків	
15	Випробування на нагрів	
16	Випробування на стійкість при КЗ (для трифазних трансформаторів потужністю 125 МВА включно)	
17	Випробування бака на механічну міцність	
18	Випробування активної частини на механічну міцність	
19	Перевірка рівня звуку	

Примітка. Зіркою позначені пункти типових випробувань, які входять у програму приймально-здавальних випробувань.

Самостійна робота № 24

Тема: Фазування діючої електроустановки під робочою напругою

Мета: Набути знання про фазування діючої електроустановки під робочою напругою

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Визначення фазних обмоток за допомогою контрольної лампи
2. Визначення початків і кінців в фазних обмотках двигуна методом трансформації
3. Прилади для фазування

Практичне завдання:

1. Визначення "початку" і "кінців" обмотки методом підбору схеми "зірка"

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Які схема підключення обмоток асинхронного двигуна ви знаєте?
2. Способи підключення електродвигунів?
3. Які прилади для фазування ви знаєте?

Як визначити початку і кінці фаз обмотки асинхронного двигуна

Напруги мережі і схеми статорних обмоток електродвигуна

Якщо в паспорті електродвигуна вказано , наприклад , 220 / 380 в , це означає , що електродвигун може бути включений як в мережу 220 в (схема з'єднання обмоток - трикутник) , так і в мережу 380 в (схема з'єднання обмоток - зірка) . Статорні обмотки асинхронного електродвигуна мають шість кінців.

За ГОСТом обмотки асинхронного двигуна мають наступні позначення: I фаза - C1 (початок) , C4 (кінець) , II фаза - C2 (початок) , C5 (кінець) , III фаза - C3 (початок) , C6 (кінець).

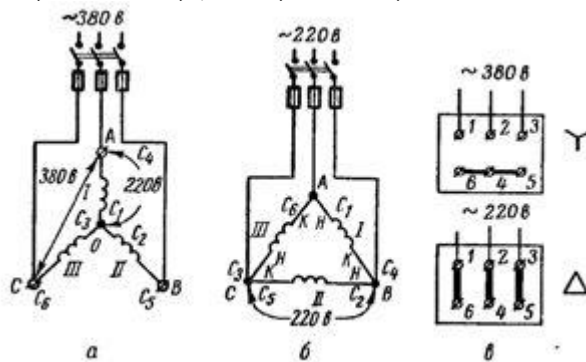


Рис . 1 . Схема підключення обмоток асинхронного двигуна : а - в зірку , б - в трикутник , в - виконання схем "зірка" і "трикутник" на дошці затискачів.

Якщо в мережі напруги дорівнює 380 В, то обмотки статора двигуна повинні бути з'єднані за схемою "зірка". У загальну точку при цьому зібрані або все початку (C1 , C2 , C3) , або всі кінці (C4 , C5 , C6) . Напруга 380 в докладено між кінцями обмоток АВ , ВС , СА . На кожній же фазі , тобто між точками О і А , О і В, О і С , напруга буде в $\sqrt{3}$ разів менше : $380 / \sqrt{3} = 220$ В.



Способи підключення електродвигунів

Якщо в мережі напруга 220 В (при системі напруг 220 / 127 В , що в даний час , практично ніде не зустрічається) обмотки статора двигуна повинні бути з'єднані за схемою "трикутник" .

У точках А , В і С з'єднуються початок (Н) попередньої з кінцем (К) подальшої обмотки і з фазою мережі (рис. 1 , б). Якщо припустити , що між точками А і В включена I фаза , між точками В і С - II , а між точками С і А - III фаза , то при схемою " трикутник " з'єднані : початок I (С1) з кінцем III (С6) , початок II (С2) з кінцем I (С4) і початок III (С3) з кінцем II (С5) .

У деяких двигунів кінці фаз обмотки виведені на дошку затискачів. За ГОСТом , початку і кінці обмоток виводять . У тому порядку , як его показано на малюнку 1 , в .

Якщо тепер необхідно з'єднати обмотки двигуна за схемою "зірка" , затискачі , на які виведені кінці (або початку) , замикають між собою , а до затискачів двигуна , на які виведені початку (або кінці) , приєднують фази мережі .

При з'єднанні обмоток двигуна в "трикутник" з'єднують , затискачі по вертикалі попарно і до перемичках приєднують фази мережі . Вертикальні перемички з'єднують початок I з кінцем III фази , початок II з кінцем I фази і початок III з кінцем II фази .

При визначенні схеми з'єднання обмоток можна користуватися наступною таблицею:

Напряжение, указанное в паспорте электродвигателя, В	Напряжение в сети, В		
	127	220	380
127 / 220	треугольник	звезда	-
220 / 380	-	треугольник	звезда
380 / -	-	-	треугольник

Визначення узгоджених висновків (почав і кінців) фаз статорної обмотки.

На висновках статорних обмоток двигуна звичайно є стандартні позначення па металевих обжимають кільцях. Однак ці обжимають кільця губляться . Тоді виникає необхідність визначити узгоджені висновки. Це виконують у такій послідовності.

Спочатку за допомогою контрольної лампи визначають пари виводів , що належать окремим фазним обмоткам (рис. 2) .

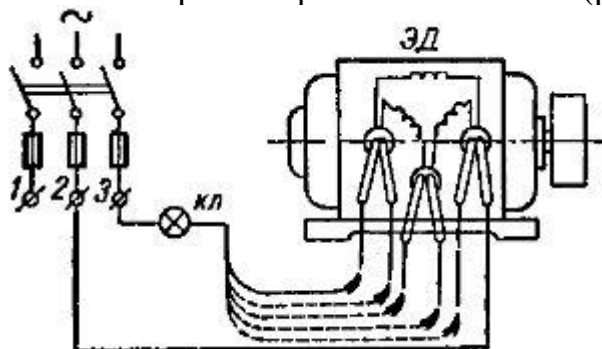


Рис . 2 . Визначення фазних обмоток за допомогою контрольної лампи.

До зажиму мережі 2 підключають один з шести висновків статорної обмотки двигуна , а до іншого затискача мережі 3 підключають один кінець

контрольної лампи. Іншим кінцем контрольної лампи черзі стосуються кожного з решти п'яти висновків статорних обмоток до тих пір, поки лампа не загориться. Якщо лампа загорілася, значить, два висновки, приєднані до мережі, належать одній фазі.

Необхідно стежити при цьому, щоб висновки обмоток не замикалися один з одним. Кожну пару висновків позначають (наприклад, зав'язавши її вузликом).

Визначивши фази статорної обмотки, приступають до другої частини роботи - визначенню узгоджених висновків чи "почав" і "кінців". Ця частина роботи може бути виконана двома способами.

1. Спосіб трансформації. В одну з фаз включають контрольну лампу. Дві інші фази з'єднують послідовно і включають і мережа на фазну напругу.

Якщо ці дві фази виявилися включеними так, що й точці О умовний "кінець" однієї фази з'єднаний з умовним "початком" другий (рис. 3, а), то магнітний потік $\Sigma\Phi$ перетинає третій обмотку і індукуює в ній ЕРС.

Лампа вкаже наявність ЕРС невеликим напруженням. Якщо накал непомітний, то слід застосувати як індикатор вольтметр зі шкалою до 30 - 60 В.

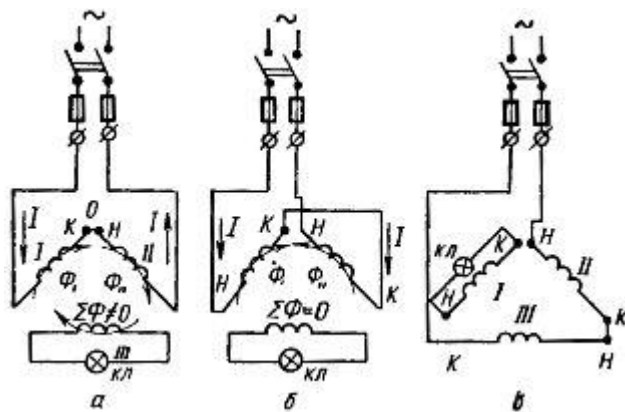


Рис. 3. Визначення початків і кінців в фазних обмотках двигуна методом трансформації

Якщо в точці О зустрінуться, наприклад, умовні "кінці" обмоток (рис. 3, б), то магнітні потоки обмоток будуть спрямовані протилежно один одному. Сумарний потік буде близький до нуля, і лампа не дасть напруження (вольтметр покаже 0). У даному випадку висновки, що належать будь-якої з фаз, слід поміняти місцями і включити знову.

Якщо накал у лампи є (або вольтметр показує деяку напругу), то кінці слід помітити. На одні з висновків, які зустрілися в загальній точці О, надягають бирку з позначкою Н1 (початок I фази), а на другий висновок - К3 (або К2).

Бірки К1 і Н3 (або Н2) надягають па висновки, що знаходяться в загальних вузлах (зав'язаних при виконанні першої частини роботи) з Н1 і К3 відповідно.

Для визначення узгоджених висновків третьої обмотки збирають схему, представлену на малюнку 3, в. Лампу включають в одну з фазі вже позначеними висновками.

2. Спосіб підбору фаз. Цей спосіб визначення узгоджених висновків (почав і кінців) фаз статорної обмотки можна використовувати для двигунів невеликої потужності - до 3 - 5 кВт.

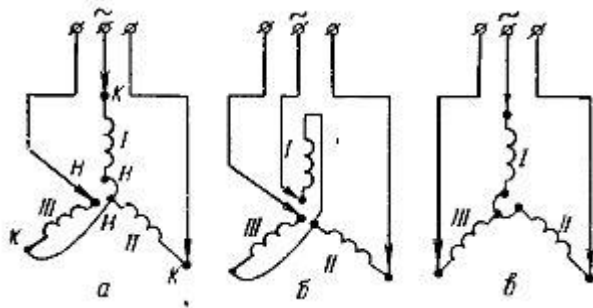


Рис . 4 . Визначення " почав " і "кінців " обмотки методом підбору схеми "зірка".

Після того, як визначені висновки окремих фаз, їх навмання з'єднують в зірку (по одному висновку від фази підключають до мережі, а по одному - з'єднують в спільну точку) і включають двигун в мережу. Якщо в загальну точку потрапили всі умовні "початку" або все "кінці", то двигун буде працювати нормально.

Але якщо одна з фаз (III) виявилася " перевернутої " (рис. 4, а), то двигун сильно гуде, хоча і може обертатися (але легко може бути загальмований). У цьому випадку висновки будь-який з обмоток навмання (наприклад, I) слід поміняти місцями (рис. 4, б).

Якщо двигун знову гуде і погано працює, то фазу слід знову включити, як раніше (як у схемі а), але повернути іншу фазу - III (рис. 3, в).

Якщо двигун і після цього гуде, то цю фазу слід також поставити як і раніше, а повернути наступну фазу - II.

Коли двигун стане працювати нормально (рис. 4, в), всі три виведення, які з'єднані в загальну точку, слід помітити однаково, наприклад " кінцями ", а протилежні - " початками ". Після цього можна збирати робочу схему, зазначену в паспорті двигуна.

ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗУВАННЯ ОБМОТОК

Нерідко при монтажі або ремонті різного радіоелектронного та електротехнічного обладнання виникає необхідність у визначенні початку і кінця обмоток трансформаторів, електричних машин і тому подібних вузлів і пристроїв. Відомі способи рішення цієї задачі за допомогою магнітної стрілки, контрольної котушки тощо) не завжди зручні або прийнятні, так як вимагають, наприклад, попередньої збірки магнітної системи апарату або подачі в його обмотки відносно великого струму.

Описуваний нижче нескладний, але чутливий прилад дозволяє швидко і легко визначити фазування обмоток електричних машин зі сталевим, пермал — лоевим або феритовою магнітопроводом. Дія приладу заснована на порівнянні фаз напруги на двох обмотках перевіряється пристроєм чутливим індикатором.

Структурна схема пристрою представлена на рис. 1. Змінне несинусоїдальное напруга, вироблювана генератором Р надходить одночасно на обмотку / випробуваного об'єкта ІО (трансформатора, електрогенератора і т. п.) і на вхід фазочуттєвого індикатора ФІ. В обмотці // об'єкта наводиться ЕРС, яка подається на електронний ключ ЕК, керуючий роботою фазочуттєвого індикатора. В залежності від полярності підключення до приладу обмотки // фаза наведеної ЕРС буде або збігатися або не збігатися з фазою напруги на обмотці /. Збіг фаз відображається загорянням однієї лампи, а розбіжність — інший.

Принципова схема приладу зображена на рис. 2. Двотактний генератор зібраний на транзисторах V1 і V2, включених по схемі із загальним емітером. Напруга з обмотки /// трансформатора Т1 надходить на фазочуттєвий індикатор, а з

обмотки IV— на перевіряється об'єкт. Перемикачем S1 цю напругу можна ступінчасто змінювати в межах 0,25...6 Ст.

Змінне напруга, що знімається з обмотки об'єкта, що перевіряється, подається на вхід електронного ключа (Вхід 2), зібраного на транзисторах V14-V16. Якщо амплітуда цієї напруги недостатня для чіткої роботи ключа, її підвищують вхідним трансформатором T2 (сигнал в цьому разі подають на Вхід 1). З виходу електронного ключа (з колектора транзистора V16) сигнал через діоди V7, V8 надходить на вхід фазочутливого індикатора, зібраного на транзисторах V9-V12.

З обмотки /// трансформатора T1 змінна напруга подається на бази транзисторів V3t V4 через струмообмежуючі резистори R3, R4. Транзистори працюють у ключовому режимі, подаючи по черговому через діоди V5, V6 відкривають сигнали на бази транзисторів V9t V10. Але бази цих транзисторів через діоди V7, V8 з'єднані також і з виходом електронного ключа. Тому відкриється той з транзисторів, на базі якого буде докладено негативна напруга. Якщо відкриється, наприклад, транзистор V9, то закриється V11; при цьому буде відкритий транзистор V12 і запалиться лампа H2.

Світити буде лампа в тому плечі фазового індикатора, в якому вступне напруга, що знімається з обмотки /// трансформатора T1, збігається по фазі з напругою перевіряється обмотці. Струм через лампи H1 і H2 має імпульсний характер, але з-за теплової інерції і щодо високої частоти генератора миготіння не спостерігається.

У приладі використано широко поширені деталі. Транзистори якого-небудь підбору не вимагають. Замість П217 можна використовувати будь-які з серій П213-П217; замість МП41А — будь-які з серій МП39-МП42. Діоди Д102А можна замінити на будь-які кремнієві або германієві.

Трансформатор T1 намотаний на магнітопроводі перерізом 3,5...4 см 2. Обмотка містить 2Ч50 витків, обмотка // — 2Ч30 витків, /// — 2Ч100 витків і IV— 5+25 + 40 витків (рахуючи від нижнього за схемою виведення). Всі обмотки виконані проводом ПЕВ-1 0,15. Підвищувальний трансформатор T2 — стандартний, ТВ3-1-2. Замість нього можна використовувати саморобний, намотаний на магнітопроводі I±116x20. Обмотка містить 100 витків дроту ПЕВ-1 0,2, // — 3000 витків ПЕВ-1 0,12. В крайньому випадку можна застосувати трансформатор з магнітопроводом перетином 3...4 см 2 і коефіцієнтом трансформації близько 20...30.

Лампи H1 і H2 — МН1-0,068. Перемикач S1 — галетний, S2 — тумблер ТВ1-2, S3, S4 — П2К. Джерелом живлення приладу служить батарея з елементів 373 загальним напругою 9 Ст.

Після виготовлення приладу необхідно промаркувати його з'єднувальні провідники (або затискачі). Для цього з'єднують провідники Входу 2 з вихідними і натискають на кнопку S3. Якщо загориться лампа ///, то це означає, що провідники попарно одноіменні, тобто сполученим один з іншим вхідного і вихідного провідникам можна присвоїти однаковий символ Н, що означає початок обмотки (або До — кінець). Замість такого позначення можна просто вибрати ці провідники з ізоляцією одного кольору.

Якщо ж при натисканні на кнопку S3 загориться лампа H2, то слід поміняти місцями вихідні провідники.

Для визначення фазування обмоток, наприклад трансформатора, необхідно вихідні затиски приладу з'єднати гнучкими провідниками з висновками будь обмотки трансформатора, а вхідні затиски Вхід 2 з'єднати з

будь-якої іншої обмоткою. Після цього натискають на кнопку S3. Якщо при цьому загориться лампа Н1, що означає, що затискачі, до яких підключені провідники одного кольору, одноіменні — покладемо, початку обмоток. Якщо загориться лампа Н2, то різноіменні.

У разі, якщо не загориться жодна лампа, то слід натиснути на кнопку S4 Контроль. Загоряння обох ламп говорить про те, що прилад справний, а у колі обмоток перевіряється пристрою є обрив.

Прилад корисно укомплектувати рамкою розмірами приблизно 100Ч250 мм

30. 50 витків мідного дроту ПЕВ-2 0,51. Використовуючи цю рамку, можна визначати фазування полюсів великих електричних машин перед їх монтажем в загальному корпусі.

Журнал «Радіо», 1981 ,№ -8, с. 24

Джерело: Вимірювальні пробники. Упоряд. А. А. Халоян.— М. ІІ РадиоСофт, ЗАТ «Журнал «Радіо», 2003.— 244 с: іл.— (Радиобібліотечка. Вип. 20)

Короткий опис статті: прилад для визначення глибини Нерідко при монтажі або ремонті різного радіоелектронного та електротехнічного обладнання виникає необхідність у визначенні початку і кінця витків обмоток, загориться, напруга, обмотки), приладу, провідники, трансформатора, вимірювання, Пробники і тестери

Самостійна робота № 25

Тема: Випробування кабельних ліній

Мета: Набути знання про випробування кабельних ліній

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Профілактичні випробування кабельних ліній
- 2 Періодичність профілактичних випробувань кабельних ліній міських електричних мереж
- 3 Профілактичні вимірювання в кабельних лініях

Практичне завдання:

1. Випробування міжфазних ізоляції кабельної лінії постійним струмом по двухполярной схемою

Література:

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

Питання для самоконтролю:

1. Які типи кабельних ліній ви знаєте?

2. Як здійснюють профілактичні випробування кабельних ліній міських електричних мереж?

3. Які параметри контролюють?

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 . Періодичність випробувань кабелів приведена в табл. 2 , а профілактичні вимірювання - в табл. 3

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		

Таблиця 2. Періодичність профілактичних випробувань кабельних ліній міських електричних мереж

Характеристика кабельной линии	Периодичность профилактических испытаний
Кабельные линии напряжением 3,6 и 10 кВ, работающие в нормальных режимах	Не реже 1 раза в 1 год
Кабельные линии, проложенные в туннелях, коллекторах, зданиях подстанций, не подверженные коррозии и механическим повреждениям и не имеющие соединительных муфт, а также концевых муфт устаревших конструкций, установленных на открытом воздухе	Не реже 1 раза в 3 года
Кабельные линии, работающие в тяжелых условиях, а также дефектные линии	Устанавливается главным инженером городской электрической сети
Кабельные линии городских электрических сетей, проложенные в земле и работающие в течение 5 лет и более без электрических пробоев в условиях эксплуатации и профилактических испытаниях	Устанавливается главным инженером городской электросети с учетом местных условий, но не реже 1 раза в 3 года

Таблиця 3. Профілактичні вимірювань в кабельних лініях

Вид измерения	Контролируемые параметры	Примечание
Измерение блуждающих токов	Потенциалы и токи на оболочках кабелей в контрольных точках	Опасными считают токи на участках линий в анодных и знакопеременных зонах, если токи утечки в землю больше 0,15 мА/дм ²
Определение химической коррозии	Коррозионная активность грунтов и естественных вод	Оценку производят при повреждении кабелей коррозией и отсутствии сведений о коррозионных условиях трассы
Измерение токовых нагрузок и напряжений	Ток и напряжение	Измерения производят 2 раза в год, в том числе 1 раз в период максимума
Контроль нагрева кабелей на участках трассы, где имеется опасность их перегрева	Температура	Измерения производят по местным инструкциям
Испытание кабелей на напряжение 3—6 кВ с резиновой изоляцией	—	Не реже 1 раза в год

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.

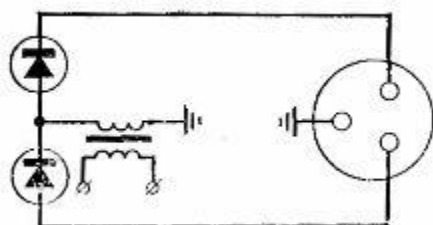


Рис. 1. Випробування міжфазних ізоляції кабельної лінії постійним струмом по двуполярній схемою

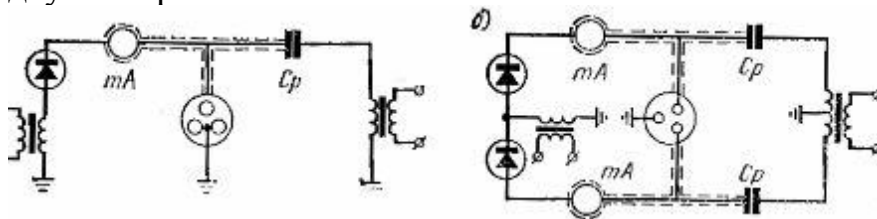


Рис. 2. Випробування ізоляції кабельної лінії постійно-змінним струмом: а - по однополярній схемі; б - по двуполярній схемою

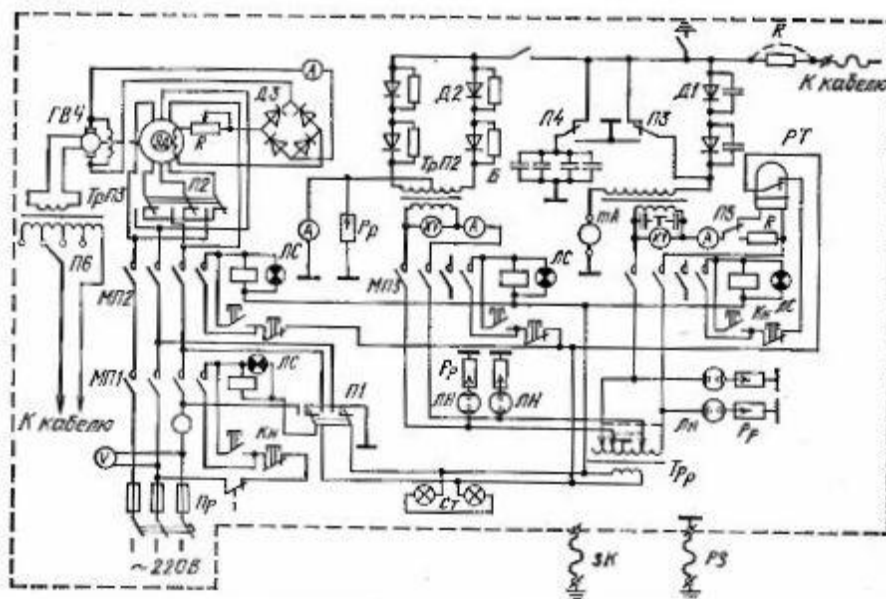


Рис. 3. Принципова схема іспитально-прожигательной установки, змонтованої на автомашині

Пр - запобіжники; МП1-МП4 - магнітні пускачі; П1-П6 - перемикачі; Трр - регулювальний трансформатор; ЕД-електродвигун; ТрП1 і ТрП2 - підвищують трансформатори; ТрП3 - підвищувальний високочастотний трансформатор; Б - батарея конденсаторів; ГВЧ - генератор високої частоти; Д1 - Д3 - випрямлячі; РТ - реле; РР - розрядники; ЛН - неонові лампи; КН - кнопки включення магнітних пускачів; ЛЗ - сигнальні лампи; СТ - сигнальне табло; РЗ - робоче заземлення; ЗК - заземлення корпусу машини

Самостійна робота № 26

Тема: Пропалювання кабелів

Мета: 1. Ознайомлення з метою пропалювання кабелів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Комбинированный акустический и индукционный прибор АИП-3
- 2 Принципова схема кенотронно - газотронної установки.

Практичне завдання:

1. Скласти принципову схему кенотронно - газотронної установки

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 электро-оборудования" М.; «Россельхозиздат» 1979.

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

Які роботи виконують перед включенням кабельної лінії в роботу після її монтажу ?

Які особливості випробування кабелю підвищеною напругою ?

Які заходи безпеки повинні дотримуватися при вимірюванні ізоляції кабелю мегомметром і при випробуванні його підвищеною напругою ?

Перерахуйте відносні і абсолютні методи відшукування місця пошкодження кабелів. Якими методами користуються для визначення місця запливаючого пробую ?

У чому сутність петлевого методу відшукування місця пошкодження кабелю ?

Як відшуковують місце пошкодження індукційним і акустичним методами і за яких умов їх можна застосовувати?

У чому сутність імпульсного методу визначення місця пошкодження кабелю і за яких видах ушкодження його можна застосовувати?

Як відшуковують місце пошкодження кабелю методом коливального розряду , в чому його переваги та недоліки?

Для чого пропалюють кабель при знаходженні місця його пошкодження ?

Яким обладнанням і приладами оснащують налагоджувальна дільниця для ведення пусконаладжувальних робіт по кабельних лініях ?

Пропалювання кабелів

Для більш точного знаходження місця пошкодження в кабелях , як вказувалося раніше , потрібно, щоб перехідний опір в місці пошкодження було найменшим . Однак при пробі дефектних кабелів під час їх випробування підвищеною напругою в каналі іскрового розряду відбувається розкладання маслоканіфольної маси з утворенням газів , що сприяють погасанням дуги і деіонизації розрядного проміжку , який потім заповнюється кабельною масою та ізоляційні властивості його в якійсь мірі відновлюються. Такий вид пошкодження отримав назву запливати пробую і зустрічається переважно в сполучних муфтах . Але навіть і за відсутності запливаючого пробую вимагається знизити перехідний опір в місці пошкодження , перш ніж приступити до відшукування цього місця.

Для цієї мети пошкоджені кабель пропалюють . Пропалювання кабелю виробляють на постійному струмі багаторазовим підйомом напруги на ньому , спочатку звичайної кенотроні установкою , а потім більш потужною, зокрема Газотрон , або на напівпровідникових випрямлячах , і на змінному струмі від відповідних трансформаторів .

Спеціальні установки для пропалювання кабелів промисловість не випускає. Тому налагоджувальні організації їх збирають на місці.

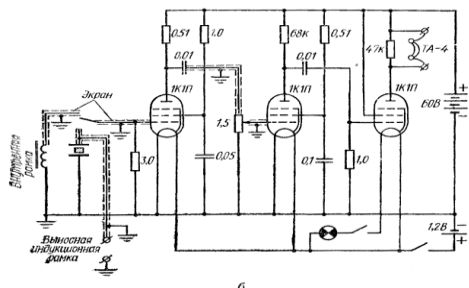
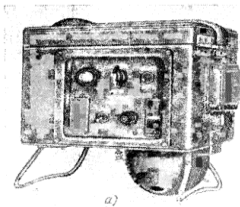


Рис. 208. Комбинированный акустический и индукционный прибор АИП-3: а — внешний вид, б — схема

На рис. 209 приведена схема кенотронно - Газотрон установки , виготовлена Мосенерго і змонтована в кузові автомашини ГАЗ- 51 . Ця установка містить кенотронні пристрій з кенотронні До типу КР- 220 на струм до 100 мА при зворотному напрузі до 10 кВ і типу В- 1 - 0 , 3 / 70 на струм 300 мА при зворотному напрузі до 70 кВ , і Газотрон пристрій на газотронах ВГ- 237 на струм до 10 А і зворотно напруга до 10 кВ. Перехід на роботу з одного пристрою на інший здійснюють перемикачем Я , керованим за допомогою ізолюючої тяги. Крім того , установка має генератор підвищеної частоти 1000 Гц , що приводиться в рух синхронним двигуном. Додатково в автомашині розміщують і інші апарати (для відшукування місця пошкодження , мегомметри , переносні прилади), а також захисні засоби з техніки безпеки , необхідні при проведенні вимірювань та випробувань кабельних ліній.

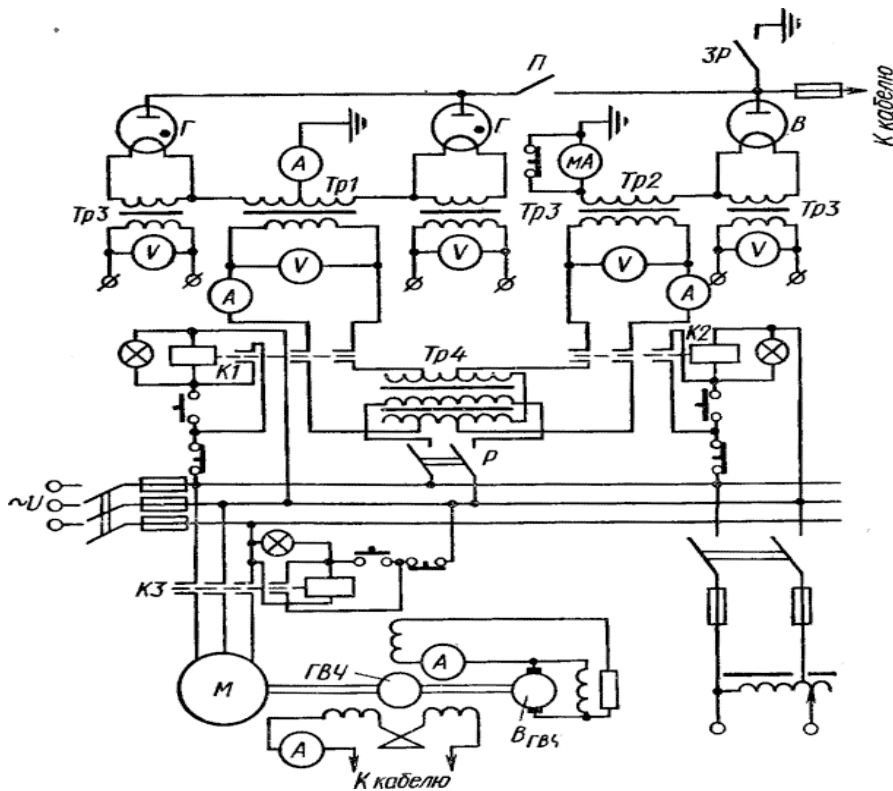


Рис . 209 . Принципова схема кенотронно - газотронної установки : В- вентиль (кенотрон) , Р - рубильник , ЗР - заземлюючий роз'єднувач , Тр1 - трансформатор газотрона , Тр2 - випробувальний трансформатор , Тр3 - трансформатори

напруження , Тр4 - регулювальний трансформатор , К1 - магнітний контактор для включення Газотрон пристрою , К2 - магнітний контактор для включення кенотроні пристрої , КЗ - магнітний контактор для включення високочастотного генератора , М - привід високочастотного генератора , ГВЧ - генератор високої частоти , Вгвч - збудник генератора високої частоти , Я - перемикач

Самостійна робота № 27

Тема: .Знаходження неушкоджених жил кабелю

Мета: Ознайомлення з методами знаходження неушкоджених жил кабелю

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Обсяг приймально-здавальних випробувань.
2. Перевірка цілісності та фазування жил кабелю.

Практичне завдання:

- 1 Скласти послідовність операцій при фазуванні лінії 10 кВ

Література:

- 1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.255-260.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

Які роботи виконують перед включенням кабельної лінії в роботу після її монтажу ?

Які особливості випробування кабелю підвищеною напругою ?

Які заходи безпеки повинні дотримуватися при вимірюванні ізоляції кабелю мегомметром і при випробуванні його підвищеною напругою ?

Перерахуйте відносні і абсолютні методи відшукування місця пошкодження кабелів. Якими методами користуються для визначення місця запливаючого пробую ?

У чому сутність петлевого методу відшукування місця пошкодження кабелю ?

Як відшуковують місце пошкодження індукційним і акустичним методами і за яких умов їх можна застосовувати?

У чому сутність імпульсного методу визначення місця пошкодження кабелю і за яких видах ушкодження його можна застосовувати?

Як відшуковують місце пошкодження кабелю методом коливального розряду , в чому його переваги та недоліки?

Для чого пропалюють кабель при знаходженні місця його пошкодження ?

Яким обладнанням і приладами оснащують налагоджувальна дільниця для ведення пусконаладжувальних робіт по кабельних лініях ?

Обсяг приймально-здавальних випробувань.

Відповідно до вимог ПУЕ обсяг приймально-здавальних випробувань силових кабельних ліній включає наступні роботи .

- 1 . Перевірка цілісності та фазування жил кабелю .
- 2 . Вимірювання опору ізоляції.
- 3 . Випробування підвищеною напругою випрямленого струму.
- 4 . Випробування підвищеною напругою промислової частоти.
- 5 . Визначення активного опору жив .
- 6 . Визначення електричної робочої ємності жил .
- 7 . Вимірювання розподілу струму по одножилним кабелям .
- 8 . Перевірка захисту від блукаючих струмів .
- 9 . Випробування на наявність нерозчиненого повітря (просочувальне випробування) .
- 10 . Випробування підживлюють агрегатів і автоматичного підігріву кінцевих муфт .
- 11 . Контроль стану антикорозійного покриття .
- 12 . Перевірка характеристик масла.
- 13 . Вимірювання опору заземлення.
- 14 . Силові кабельні лінії напругою до 1 кВ випробовуються по пп.1, 2, 7, 13 .
- 15 . Силові кабельні лінії напругою вище 1 кВ і до 35 кВ - по п.п.1 - 3 , 6 , 7 , 11 , 13 , а напругою 110 кВ і вище - у повному обсязі , передбаченим цією інструкцією.

Перевірка цілісності та фазування жил кабелю

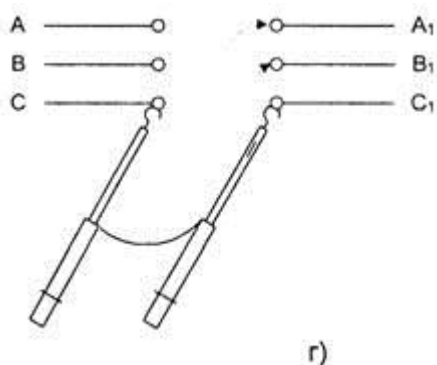
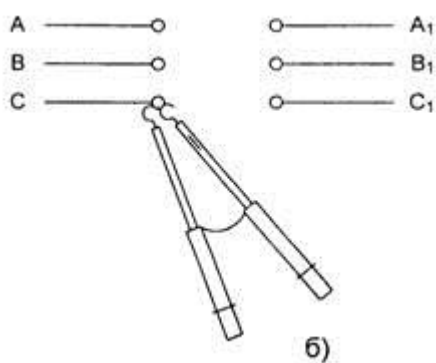
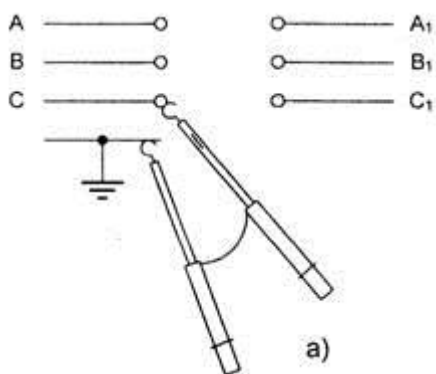
Перед включенням кабелю в роботу проводиться його фазировка , тобто забезпечується відповідність фаз кабелю фазам присоединяемого ділянки електроустановки . Перевірка проводиться прозвонкой за допомогою телефонних трубок або мегаомметра . На підставі перевірки проводиться розфарбування жив відповідно до розфарбуванням прийнятої на даній установці .

Технологія " прозвонки " за допомогою телефонних трубок полягає в наступному : один працівник під'єднує свою телефонну трубку до жили кабелю і оболонці (заземленою частини електропроводки) , а інший по черзі до жил кабелю зі свого боку , поки не дійде до тієї жили , до якої підключився перший працівник . При цьому встановлюється телефонний зв'язок між працівниками і вони можуть домовитися про порядок перевірки інший жили. На перевірені жили навішують тимчасові бирки з відповідним маркуванням . Перевірка жив " прозвонкой " буде успішною , якщо виключити можливість утворення обхідних ланцюгів . Щоб уникнути помилок необхідно переконатися , що зв'язок можливий тільки по одній жилі ; для цього під'єднують трубку до кожної з решти жив і переконуються , що зв'язки по них немає. Для " прозвонки " використовують низькоомні телефонні трубки , а в якості джерела живлення - батарейку від кишенькового ліхтаря .

Після попередньої прозвонки перед включенням кабельної лінії в роботу проводиться фазировка її під напругою. Для цього з одного кінця кабелю подається робоча напруга , а з іншого кінця проводиться перевірка відповідності фаз вимірами напруг між однойменними і різнойменними фазами. Газована вода виробляється вольтметрами (в мережах до 1 кВ) або вольтметрами з

трансформаторами напруги , а також за допомогою показчиків напруги типу УВН - 80 , УВНФ та ін (в мережах напругою вище 1 кВ) ,

Порядок проведення фазування в лініях різної напруги приблизно однаковий. Так фазировка кабельної лінії за допомогою показчиків напруги виконується в наступній послідовності (див. рис. 1) . Перевіряється справність показчика напруги , для чого щупом трубки без неонові лампи стосуються заземлення , а щуп іншої трубки підносять до жили кабелю знаходиться під напругою , при цьому неоні лампа повинна спалахнути. Потім щупами обох трубок стосуються однієї жили перебувають під напругою. Лампа індикатора при цьому горіти не повинна. Після цього перевіряється наявність напруги на висновках електроустановки та кабелю (див. рис. 1в) . Дану перевірку проводять для того , щоб виключити помилку при фазировке лінії має обрив (наприклад , через несправність запобіжника) . Процес власне фазировки полягає в тому , що щупом однієї трубки показчика стосуються будь-якого крайнього виведення установки , наприклад фази С , а щупом іншої трубки - по черзі трьох висновків з боку фазіруемой лінії (див. рис. 1г) . У двох випадках торкання (С- А 1 і С- В1) неоні лампа загоряється , у третьому (С- С1) лапа горіти не буде , що вкаже на одноименность фаз. Аналогічно визначають інші однойменні фази .



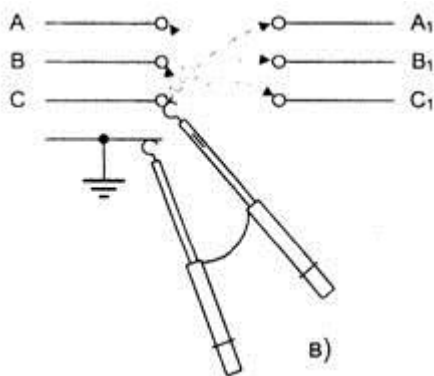


Рис. 1. Послідовність операцій при фазуванні лінії 10 кВ показчиком напруги типу УВНФ. а, б - перевірка справності показчика напруги; в - перевірка наявності напруги на виводах; г - фазування

Самостійна робота № 28

Тема: Фазування КЛ

Мета:

1. Ознайомлення з методикою фазування КЛ

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Обсяг приймально-здавальних випробувань.
2. Перевірка цілісності та фазування жил кабелю.

Практичне завдання:

1. Скласти послідовність операцій при фазуванні лінії 10 кВ

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.255-260.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
3. Правила улаштування електротроустановок

Питання для самоконтролю:

Які роботи виконують перед включенням кабельної лінії в роботу після її монтажу ?

Які особливості випробування кабелю підвищеною напругою ?

Які заходи безпеки повинні дотримуватися при вимірюванні ізоляції кабелю мегомметром і при випробуванні його підвищеною напругою ?

Перерахуйте відносні і абсолютні методи відшукування місця пошкодження кабелів. Якими методами користуються для визначення місця запливаючого пробую ?

У чому сутність петлевого методу відшукування місця пошкодження кабелю ?

Як відшукують місце пошкодження індукційним і акустичним методами і за яких умов їх можна застосовувати?

У чому сутність імпульсного методу визначення місця пошкодження кабелю і за яких видів ушкодження його можна застосовувати?

Як відшуковують місце пошкодження кабелю методом коливального розряду, в чому його переваги та недоліки?

Для чого пропалюють кабель при знаходженні місця його пошкодження?

Яким обладнанням і приладами оснащують налагоджувальна ділянка для ведення пусконаладжувальних робіт по кабельних лініях?

Обсяг приймально-здавальних випробувань.

Відповідно до вимог ПУЕ обсяг приймально-здавальних випробувань силових кабельних ліній включає наступні роботи.

- 1 . Перевірка цілісності та фазування жил кабелю .
- 2 . Вимірювання опору ізоляції.
- 3 . Випробування підвищеною напругою випрямленого струму.
- 4 . Випробування підвищеною напругою промислової частоти.
- 5 . Визначення активного опору жив .
- 6 . Визначення електричної робочої ємності жил .
- 7 . Вимірювання розподілу струму по одножилевим кабелям .
- 8 . Перевірка захисту від блукаючих струмів .
- 9 . Випробування на наявність нерозчиненого повітря (просочувальне випробування) .
- 10 . Випробування підживлюють агрегатів і автоматичного підігріву кінцевих муфт .
- 11 . Контроль стану антикорозійного покриття .
- 12 . Перевірка характеристик масла.
- 13 . Вимірювання опору заземлення.

Силові кабельні лінії напругою до 1 кВ випробовуються по пп.1, 2, 7, 13 .

Силові кабельні лінії напругою вище 1 кВ і до 35 кВ - по п.п.1 - 3, 6, 7, 11, 13, а напругою 110 кВ і вище - у повному обсязі, передбаченим цією інструкцією .

Перевірка цілісності та фазування жил кабелю .

Перед включенням кабелю в роботу проводиться його фазировка , тобто забезпечується відповідність фаз кабелю фазам присоединяемого ділянки електроустановки . Перевірка проводиться прозвонкою за допомогою телефонних трубок або мегаомметра . На підставі перевірки проводиться розфарбування жил відповідно до розфарбуванням прийнятої на даній установці .

Технологія " прозвонки " за допомогою телефонних трубок полягає в наступному : один працівник під'єднує свою телефонну трубку до жили кабелю і оболонці (заземленою частини електропроводки) , а інший по черзі до жил кабелю зі свого боку , поки не дійде до тієї жили , до якої підключився перший працівник . При цьому встановлюється телефонний зв'язок між працівниками і вони можуть домовитися про порядок перевірки інших жили. На перевірені жили навішують тимчасові бирки з відповідним маркуванням . Перевірка жив " прозвонкою " буде успішною , якщо виключити можливість утворення обхідних ланцюгів . Щоб уникнути помилок необхідно переконатися , що зв'язок можливий тільки по одній жилі ; для цього під'єднують трубку до кожної з решти жив і переконуються , що зв'язки по них немає. Для " прозвонки " використовують низькоомні телефонні трубки , а в якості джерела живлення - батарейку від кишенькового ліхтаря .

Після попередньої прозвонки перед включенням кабельної лінії в роботу проводиться фазировка її під напругою. Для цього з одного кінця кабелю подається робоча напруга , а з іншого кінця проводиться перевірка відповідності фаз вимірами напруг між однойменними і різнойменними фазами. Газована вода виробляється вольтметрами (в мережах до 1 кВ) або вольтметрами з трансформаторами напруги , а також за допомогою покажчиків напруги типу УВН - 80 , УВНФ та ін (в мережах напругою вище 1 кВ) ,

Порядок проведення фазування в лініях різної напруги приблизно однаковий. Так фазировка кабельної лінії за допомогою покажчиків напруги виконується в наступній послідовності (див. рис. 1) . Перевіряється справність покажчика напруги , для чого щупом трубки без неонові лампи стосуються заземлення , а щуп іншої трубки підносять до жили кабелю знаходиться під напругою , при цьому неоніва лампа повинна спалахнути. Потім щупами обох трубок стосуються однієї жили перебувають під напругою. Лампа індикатора при цьому горіти не повинна. Після цього перевіряється наявність напруги на висновках електроустановки та кабелю (див. рис. 1в) . Дану перевірку проводять для того , щоб виключити помилку при фазировке лінії має обрив (наприклад , через несправність запобіжника) . Процес власне фазировки полягає в тому , що щупом однієї трубки покажчика стосуються будь-якого крайнього виведення установки , наприклад фази С , а щупом іншої трубки - по черзі трьох висновків з боку фазіруемой лінії (див. рис. 1г) . У двох випадках торкання (С- А 1 і С- В1) неоніва лампа загоряється , у третьому (С- С1) лапа горіти не буде , що вкаже на одноіменність фаз. Аналогічно визначають інші однойменні фази .

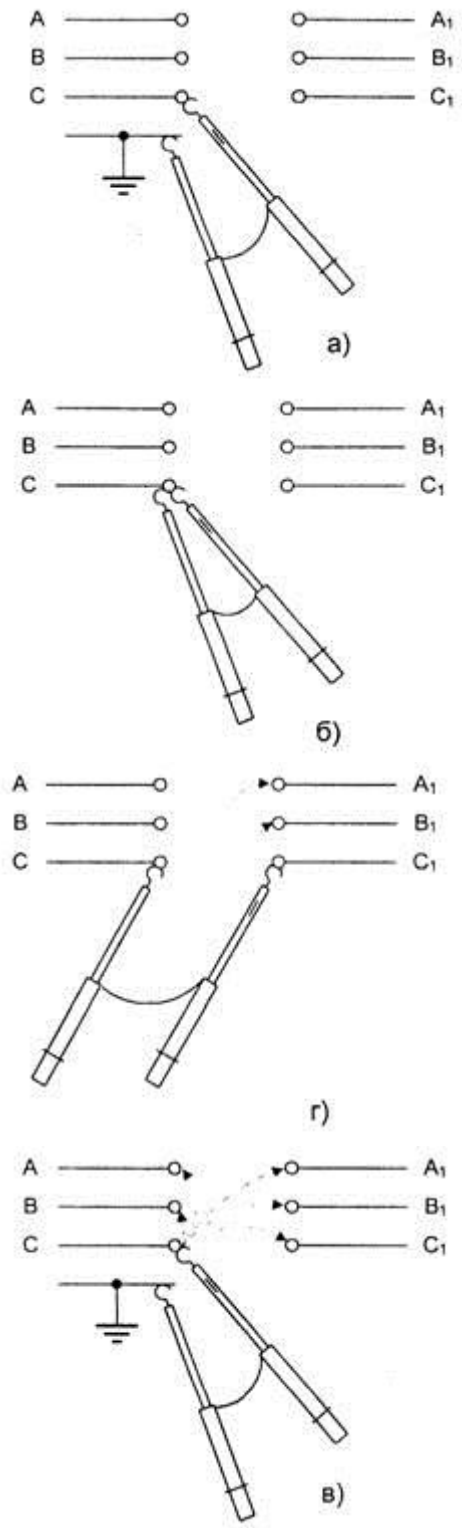


Рис. 1. Послідовність операцій при фазуванні лінії 10 кВ показником напруги типу УВНФ. а, б - перевірка справності показника напруги; в - перевірка наявності напруги на виводах; г - фазування

Самостійна робота № 29

Тема: Огляд вторинних апаратів та приладів

Мета: Ознайомлення з призначенням вторинних апаратів та приладів та проведенням їх огляду

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Призначенням вторинних апаратів та приладів.
- 2 Огляд вторинних апаратів та приладів.

Практичне завдання:

- 1 Розглянути

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.284-286.

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

Дати визначення видів електроустановок, які розрізняються за призначенням, напругою і родом струму.

Які електричні мережі називають магістральними, радіальними і замкнутими?

Для чого служать розподільні пристрої та яке основне обладнання входить до складу розподільних пристроїв на напругу вище 1000 В?

Як влаштований і працює масляний вимикач ВМП - 10?

Для чого служать роз'єднувачі, за якими ознаками їх класифікують ?

Для чого служать реактори і чим різняться реактори РБА і РБАС ?

Для чого служать запобіжники, як влаштований і працює запобіжник ПНР - 35 ?

Яке призначення розрядників, як влаштований і працює вентильний розрядник ?

Де застосовують вимірювальні трансформатори струму і напруги, чим визначаються навантаження трансформатора струму, номінальна і максимальна потужності трансформатора напруги?

Призначення вторинних пристроїв , які апарати та прилади входять до їх складу?

Яке пристрій універсального перемикача УП5300, для чого застосовують його у вторинних пристроях?

Чим відрізняються вимірювальні та логічні реле?

Як влаштовано і працює комбіноване реле РТ- 80?

Наведіть приклади схемних рішень і відповідних конструктивних рішень, які можуть бути замінені названими схемними рішеннями.

Вторичные приборы и аппараты
Вторичные приборы и аппараты предназначены для контроля за состоянием первичного (силового) оборудования и режимом работы электроустановок, а также для управления этим оборудованием. К ним относят разнообразные измерительные приборы, приборы сигнализации, командные аппараты, а также первичные преобразователи, позволяющие непосредственно получить информацию о контролируемом объекте, вход которых непосредственно связан с первичной Цепью, а с выхода отбираются соответствующие

сигналы, несущие указанную информацию по вторичным цепям, и исполнительные аппараты, непосредственно управляющие первичным оборудованием по командам, поступающим из вторичных цепей. К первичным преобразователям относят рассмотренные ранее измерительные трансформаторы и всевозможные датчики, а к исполнительным аппаратам — различные приводы, в том числе и приводы выключателей. Рассмотрим некоторые из вторичных аппаратов. Блок-контакты по существу являются датчиками механических перемещений, поскольку они преобразуют в электрические сигналы механические перемещения контролируемого оборудования, с которым связаны кинематически. Блок-контактами снабжают приводы выключателей и разъединителей, магнитные контакторы и пускатели, автоматы и другое оборудование.

Большое распространение получили блок-контакты КСА (рис. 35, а) в разъединителях и выключателях и КСУ (рис. 35, б) для коммутации цепей управления выключателей. Блок-контакты КСА собирают из отдельных пакетов, каждый из которых содержит два неподвижных и один подвижный контакты. Блок-контакты разделяют по числу пакетов (от 2 до 12), углу поворота подвижных контактов (90 или 120°) и по конструкции рычага (с коротким и длинным плечом). Блок-контакты КСУ состоят из блок-контактов КСА (обычно на 2—4 пакета) и ускоряющего механизма, обеспечивающего ускоренное переключение.

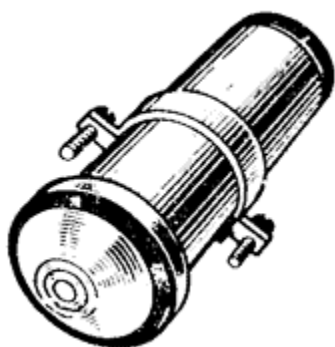


Рис. 36. Арматура сигнальных ламп АСС блок-контактов в конце хода привода выключателя

Приборы сигнализации сообщают о положении коммутационных аппаратов, срабатывании автоматических устройств путем подачи таких сигналов, которые могут быть восприняты человеком на слух или визуально. Для звуковой сигнализации применяют гудки, сирены и звонки. Для визуального восприятия пользуются электролампами, установленными в соответствующую арматуру, или световые табло, указательные реле и др.

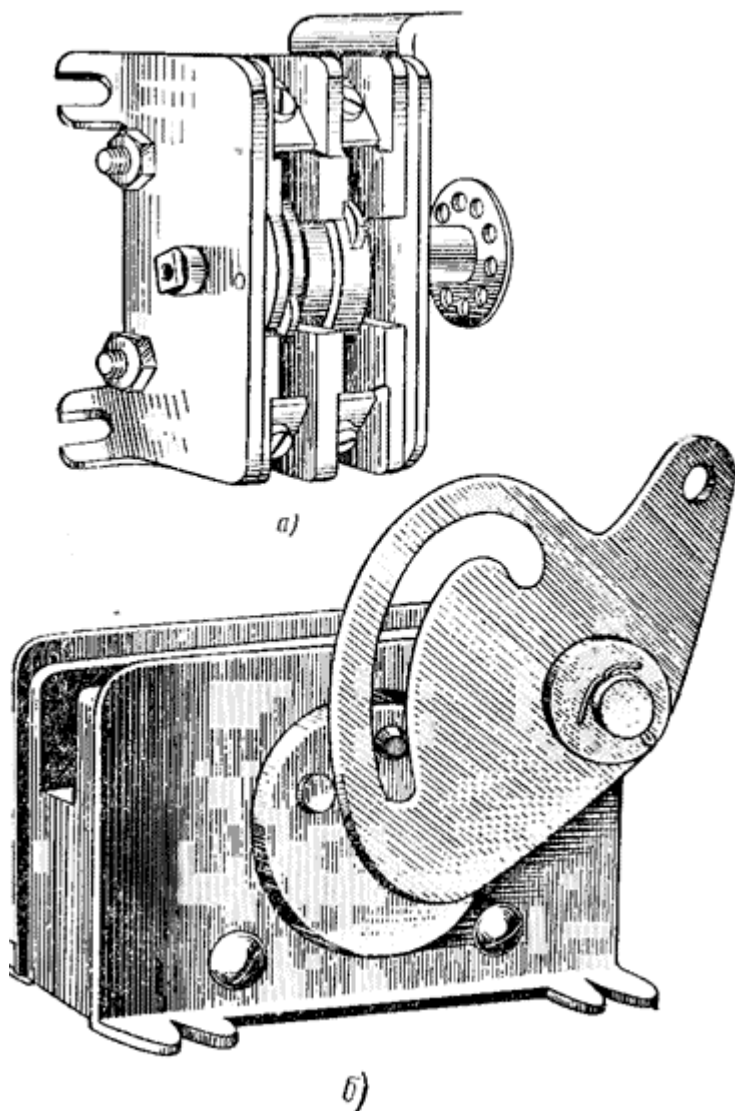


Рис. 35. Блок-контакты: а — КСА. б — КСУ

На рис. 36 показана арматура для сигнальных ламп АСС, представляющая собой сварной цилиндр с фланцем, в который с лицевой стороны вставляют пластмассовый ободок с цветной линзой, а с задней стороны — патрон с выводной колодкой. Световое табло (рис. 37) представляет собой металлический каркас прямоугольного сечения 1, снабженный с лицевой стороны пластмассовой рамкой 2, в которой вставлены два стекла (матовое снаружи и прозрачное внутри) для размещения между ними транспаранта, а с задней стороны — выводной колодкой с ламповыми патронами 4. К коробке привинчены планки 3 для крепления табло на панели. На рис. 38 показан прибор сигнальный индикаторный ПСИ, предназначенный для отображения на мнемонических схемах положения коммутационных аппаратов. В него входят два электромагнита 2, установленных на выводной колодке 1, и подвижная система в виде якоря с указателем 3. При отсутствии тока в электромагнитах подвижная система находится в нейтральном положении, а при обтекании током одного из электромагнитов она поворачивается и указатель располагается вертикально или горизонтально в зависимости от того, по какому электромагниту проходит ток.

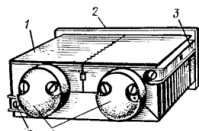


Рис. 37. Световое табло: 1 — металлический каркас, 2 — рамка, 3 —

планки, 4 — патроны

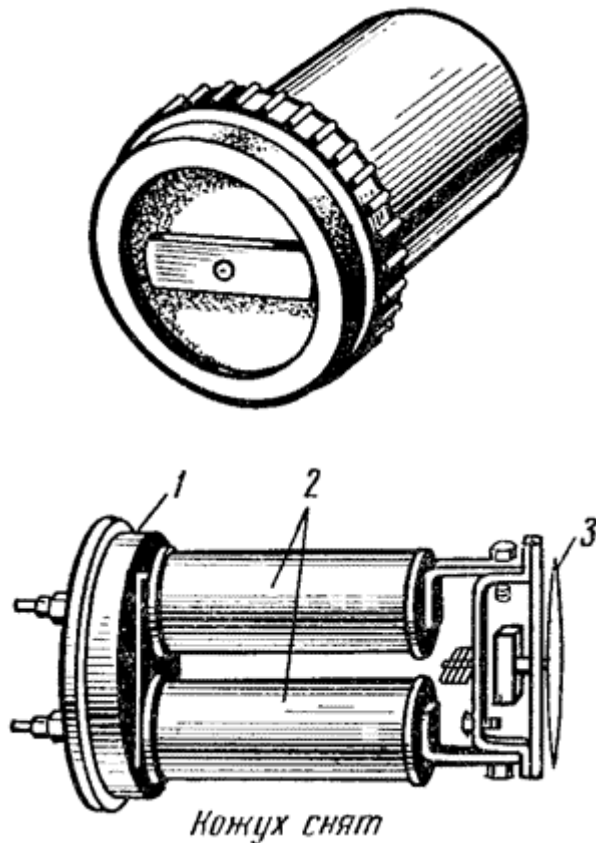


Рис. 38. Сигнальный индикаторный прибор ПСИ: 1 — выводная колодка, 2 — электромагниты, 3 — указатель

Командные аппараты служат для подачи команд на управляемые объекты с целью изменения их состояния, например, из отключенного во включенное. К ним относят ключи и кнопки управления, командоконтроллеры и др. На рис. 39 показаны малогабаритные переключатели завода «Электропульта»: МКСВФ (рис. 39, а) со встроенной в рукоятку сигнальной лампой и с фиксацией рукоятки в двух сигнальных взаимно перпендикулярных положениях, с самовозвратом ее из оперативных положений (в которые рукоятку поворачивают при подаче команд на включение или отключение управляемого объекта), МКВФ (рис. 39, б) с фиксацией рукоятки в двух сигнальных положениях и самовозвратом ее из двух оперативных положений в фиксированное, МКФ (рис. 39, в) с фиксацией рукоятки в нескольких определенных положениях, МКВ (рис. 39, г) с самовозвратом рукоятки в нейтральное положение и МКФз (рис. 39, д) с рукояткой-замком и с фиксацией ее в нескольких оперативных положениях. Широко распространены универсальные переключатели УП5300, (рис. 40), применяемые в качестве командоаппаратов для переключения цепей управления автоматов, контакторов, высоковольтных выключателей, вольтметровых и амперметровых переключателей, переключателей постов управления и полюсов многоскоростных асинхронных двигателей малой мощности, коммутаторов для управления сервомоторами и разными электроустановками с неавтоматическим (ручным) замыканием, размыканием и переключением электрических цепей. Переключатели различают по числу секций, диаграмме замыкания контактов, числу фиксированных положений и углу поворота рукоятки, ее форме, возможности съема рукоятки, степени защищенности. Число секций может

быть 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 (см. табл. к рис. 40). В переключателях с числом секций от 2 до 8 либо рукоятка фиксируется в каждом положении, либо применяется рукоятка с самовозвратом в среднее положение. При числе секций от 10 до 16 рукоятка фиксируется в каждом положении. Число фиксированных положений и угол поворота рукоятки характеризуются соответствующей буквой в середине номенклатурного обозначения переключателя. Буквы А, Б и В означают, что переключатель имеет самовозврат в среднее положение без фиксации, причем буква А указывает, что рукоятка мкфГГ-мкв. " а-мкфз может поворачиваться на 45° вправо (по часовой стрелке) и влево (против часовой стрелки), Б — только на 45° вправо, В — на 45° влево.

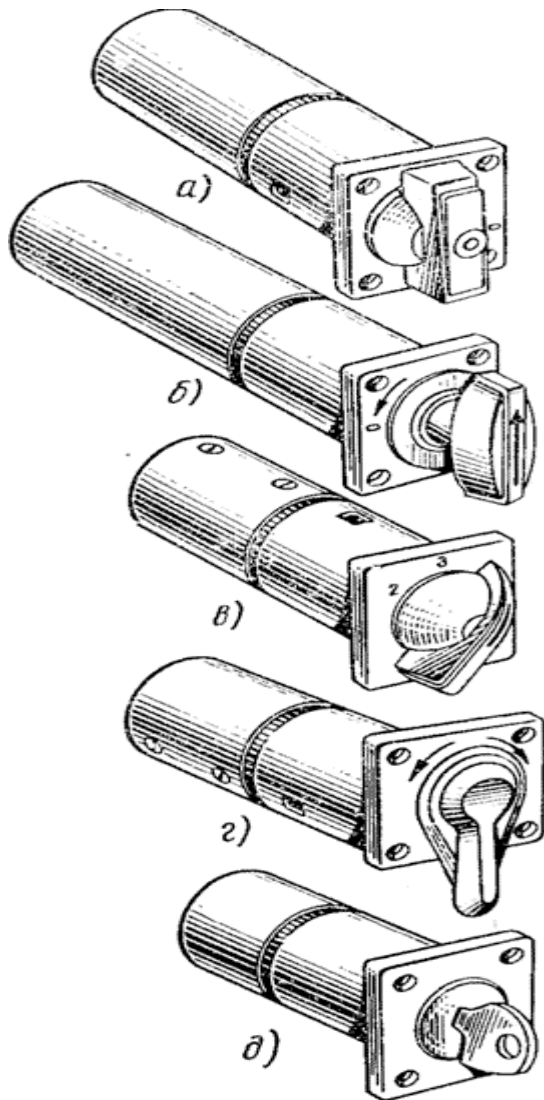


Рис. 39. Малогабаритные переключатели завода «Электропульт»: а — МКСВФ, б — МКВФ, в — МКФ, г — МКВ. д — МКФз. Буквы Г, Д, Е и Ж означают, что переключатель с фиксацией в положениях через 90°, причем буква Г указывает, что рукоятка может поворачиваться вправо на одно положение, Д — влево на одно положение, Е — на одно положение влево и вправо, Ж — может находиться либо в левом положении, либо в правом под углом 45° к середине (в среднем положении рукоятка не фиксируется).

Буквы И, К, Л, М, Н, С, Ф, Х означают, что переключатель с фиксацией в положениях через 45°, причем буква И указывает, что рукоятка может поворачиваться вправо на одно положение,

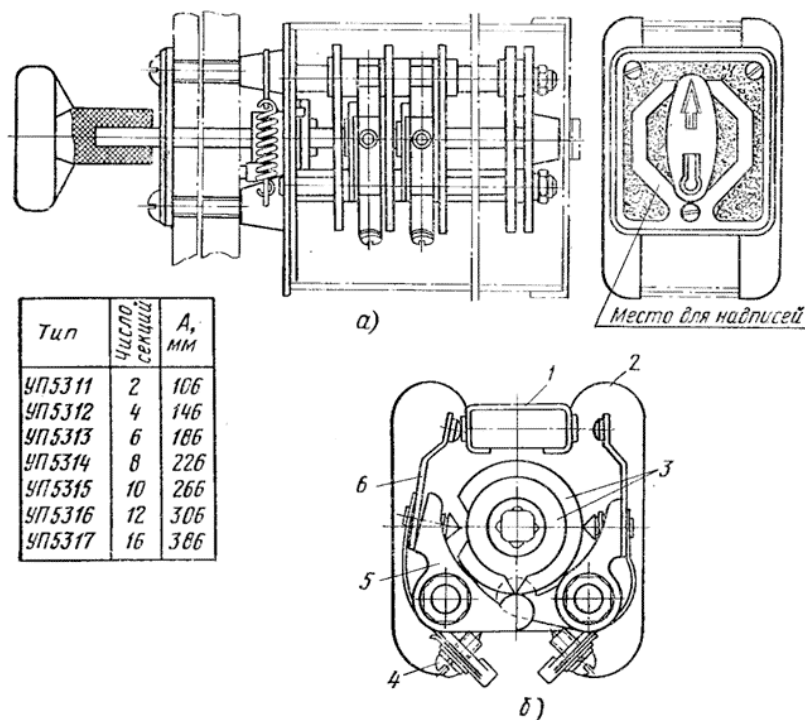


Рис. 40. Универсальный пакетный выключатель УП5300: а — внешний вид, б — устройство секции; 1 — скоба, 2 — перегородка, 3 — кулачковые шайбы, 4 — зажимы, 5 — скобы включения пальцев, 6 — контактные пальцы
 К—влево на одно положение, Л — вправо или влево на два положения, М— вправо или влево на три положения, Н — вправо на восемь положений, С — вправо или влево на одно положение, Ф — вправо на одно положение и влево на два положения, Х — вправо на три положения и влево на два положения.

Рукоятка может иметь овальную и револьверную формы. Обычно переключатели с числом секций до 6 включительно с круговым вращением (на восемь положений) имеют овальную рукоятку. У переключателей с замком рукоятка имеет также овальную форму и может сниматься в среднем положении или под углом 90° к середине, причем эти переключатели могут быть выполнены со всеми фиксаторами, кроме фиксаторов А, Б, В и Ж. В обозначении каждого переключателя указывают сокращенное название, условный номер данной конструкции, номер, указывающий число секций, тип фиксатора и номер диаграммы переключений по каталогу. Например, обозначение переключателя УП5314-Н20 расшифровывается так: У — универсальный, П — переключатель, 5 — нерегулируемый командоаппарат, 3 — безреечная конструкция, 14 — число секций, Н — тип фиксатора, 20 — номер диаграммы по каталогу. Основной частью переключателя УП5300 являются рабочие секции, стянутые шпильками. Через все секции проходит центральный валик, на одном конце которого находится пластмассовая рукоятка. Для крепления переключателя на панели в его передней стенке имеются три выступа с отверстиями под установочные винты. Коммутация электрических цепей осуществляется контактами, расположенными в секциях переключателя. Каждая секция состоит из пластмассовой перегородки, контактной скобы с двумя приваренными серебряными контактами, двух контактных пальцев с

серебряными контактами, двух скоб, взаимодействующих с указанными пальцами, зажимов для подключения подводимых проводников и кулачковых шайб, насаженных на центральный валик. В каждой секции расположено по три кулачковых шайбы, одна из которых предназначена для перемещения левого пальца в направлении замыкания соответствующего контакта, вторая — для перемещения правого пальца и средняя — для разведения

обоих

пальцев.

При повороте валика в одну сторону выступ рабочей поверхности крайней левой или правой шайбы нажимает на хвостовик скобы и соответствующий палец приходит в соприкосновение с неподвижным контактом упомянутой скобы, при этом шипы пальцев входят во впадины средней шайбы. Разведение пальцев происходит при нажатии выступов рабочей поверхности средней шайбы на шип. Хвостовик скобы включения в это время оказывается во впадине соответствующей левой или правой крайней шайбы. Фиксация переключателя осуществляется специальным устройством, находящимся на его

передней

стенке.

Кнопки управления серии КУ 1110А служат для дистанционного управления различными электромагнитными аппаратами (магнитными пускателями, магнитными контакторами и др.), а также для коммутирования электрических цепей управления, сигнализации, электроблокировки и других цепей постоянного тока напряжением до 220 В и переменного до 380 В. Кнопки управления этой серии могут быть одноэлементными КУ 1111А, двухэлементными КУ.1П2А и трехэлементными КУ 1113А. Они предназначены для открытого утопленного монтажа на металлическом или изоляционном основании толщиной до 20 мм. Контакты этих кнопок длительно выдерживают ток до 5 А и могут отключать постоянный ток 0,6 А при напряжении 110 В и 0,4 А при напряжении 220 В, а переменный ток 12 А при напряжении 127 В и 7 А при напряжении 380 В. Кнопки универсальные К-20, К-23 и К-03 (рис. 41) служат для коммутирования цепей управления, сигнализации, защиты, блокировки и автоматики в различных электроустановках напряжением до 220 В постоянного и до 380 В переменного тока. Кнопка К-20 имеет две пары замыкающих контактов, К-23 — две пары размыкающих контактов, а К-03 — одну пару замыкающих и одну пару размыкающих контактов. Контакты рассчитаны на длительное протекание тока 5 А. Реле — это автоматический аппарат, контролирующий значение какой-либо физической величины, называемой управляющей величиной, и изменяющий значение другой физической величины (в частном случае однородной с управляющей), называемой управляемой величиной. Основным признаком, характеризующим любое реле, является так называемое релейное действие, при котором происходит скачкообразное изменение управляемой величины при достижении управляющей величиной заданного значения. Например, реле максимального тока при увеличении тока в управляющей цепи (в которую входит токовая обмотка этого реле) до заданного значения, называемого током срабатывания, замыкает своими контактами управляемую цепь.

Реле состоит из трех функциональных элементов: воспринимающего (измерительного), преобразующего и исполнительного. В электроустановках преимущественно применяют электрические реле, воспринимающий элемент

которых включается в электрическую цепь и контролирует значение управляющей электрической величины (силы тока, напряжения). Преобразующий элемент связывает воспринимающий элемент с исполнительным, осуществляя при этом ряд преобразований (усиление "сигнала, замедление прохождения сигнала). Исполнительный элемент скачкообразно изменяет управляемую величину (например, замыкает или размыкает контакты в электрической цепи) при достижении управляющей величиной заданного значения. Кроме этих реле, у которых и воспринимающий, и исполнительный элементы вводятся в электрические цепи, применяют реле, реагирующие на неэлектрические величины (например, выделение газа в масло-наполненных аппаратах), и реле, исполнительный элемент которых не входит в электрическую цепь (например, реле прямого действия, встроенное в приводы выключателей).

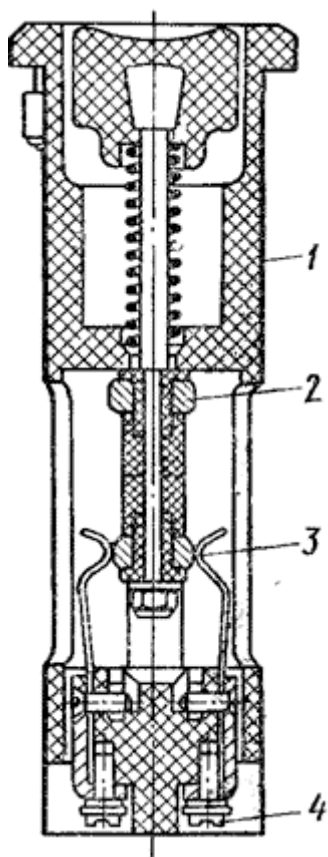


Рис. 41. Кнопка управления К-03: 1 — корпус, 2 — подвижные контакты, 3 — неподвижные контакты.

Реле выполняют самые разнообразные функции в цепи информационных преобразований, поэтому их разделяют на измерительные и логические. Измерительные реле служат в качестве измерительного органа и делятся по роду контролируемой величины на реле тока, напряжения, мощности, сопротивления, частоты и др. Для измерительных реле характерно наличие так называемых опорных (образцовых) элементов в виде калиброванных пружин, источников стабильного напряжения и тока и т. и. Они входят в состав реле, воспроизводят определенные, заранее установленные значения (называемые уставкой) какой-либо физической величины, с которой сопоставляется контролируемая величина. Измерительные реле, как правило, обладают большой чувствительностью (воспринимают даже небольшие изменения контролируемой величины) и имеют высокий коэффициент возврата (отношение величин срабатывания и возврата в исходное

положение).

Логические реле служат для размножения импульсов, полученных от основных реле, усиления этих импульсов и передачи команд другим аппаратам, для создания выдержек времени между отдельными операциями и для регистрации действия как самих реле, так и других вторичных аппаратов. Для размножения импульсов и их усиления применяют так называемые промежуточные реле. Для создания выдержек времени служат реле времени, а для регистрации действия различных вторичных аппаратов — указательные реле.

Кроме простых реле, каждое из которых выполняет какую-либо одну функцию, имеются комбинированные реле, выполняющие функции нескольких простых.

В зависимости от связи между воспринимающим и исполнительным элементами эти реле можно разделить на электромеханические, в которых связь осуществляется через механизм, магнитные, в которых воспринимающий и исполнительный элементы связаны магнитным потоком, и электронные, в которых связь обеспечивается электронно-ионными или полупроводниковыми приборами. Наиболее широкое применение нашли электромеханические реле.

Электромеханические реле по принципу действия воспринимающего элемента делят на магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные (по такому же принципу, как делят электроизмерительные приборы). Наиболее распространенным является электромагнитное реле. Устройство электромагнитного реле клапанного типа показано на рис. 42.

Сердечник 1, ярмо 4 и якорь 6 образуют магнитную цепь. Якорь свободно подвешивается на торцевую часть ярма, вокруг которой он может поворачиваться. К якору прикрепляют латунную прокладку 7, чтобы предотвратить его прилипание к сердечнику под действием остаточного намагничивания последнего. Снаружи ярма на изоляционных прокладках 3 смонтированы контактные пружины 5. На сердечнике размещена катушка 2. Это реле двухпозиционное, поскольку может находиться в двух положениях (включенном и отключенном), с одним устойчивым состоянием (при обесточенной катушке реле всегда переходит в исходное состояние, при котором якорь отпущен и контакты разомкнуты).

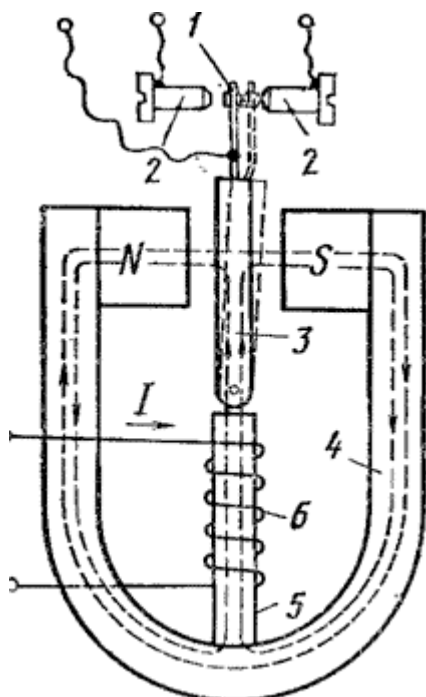


Рис. 43. Поляризованное реле:
 1 — подвижный контакт, 2 — неподвижный контакт, 3 — якорь, 4 — постоянный магнит, 5 — сердечник, 6 — обмотка
 Примером магнитоэлектрического реле является поляризованное реле (рис. 43), состоящее из постоянного магнита 4, сердечника 5, якоря 3, подвижного контакта 1 и двух неподвижных контактов 2.

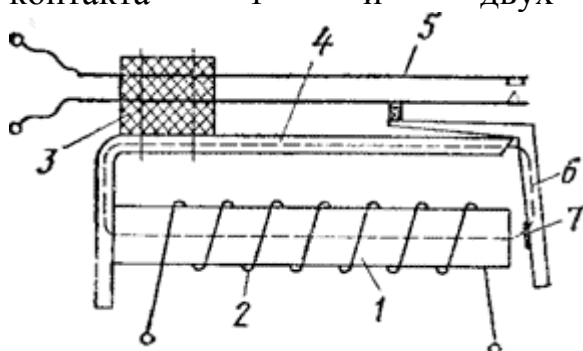


Рис. 42. Устройство электромагнитного реле клапанного типа:
 1 — сердечник, 2 — катушка, 3 — изоляционные прокладки, 4 — ярмо, 5 — контактные пружины, 6 — якорь, 7 — латунная прокладка
 В зависимости от направления тока в обмотке 6 при намагничивании сердечника в верхней его части образуется северный или южный полюс. В первом случае якорь переместится вправо, притягиваясь к южному полюсу постоянного магнита, к замкнутся правые контакты (на чертеже это положение показано пунктиром). Во втором случае якорь переместится влево, притягиваясь к северному полюсу постоянного магнита, и замкнутся левые контакты. Реле может быть отрегулировано как двухпозиционное с одним устойчивым состоянием при преобладании к левому или правому неподвижному контакту, в сторону которого всегда будет возвращаться подвижная система при обесточенной катушке, как двухпозиционное с двумя устойчивыми состояниями (подвижная система остается после обесточения катушки в том положении, в которое она перешла при прохождении тока по катушке) и как трехпозиционное с одним устойчивым состоянием, когда подвижные контакты при обесточенной катушке всегда занимают среднее положение и не имеют преобладания ни к левому, ни к правому неподвижным контактам.

Из измерительных реле для защиты электроустановок от коротких замыканий широко применяют электромагнитное РТ-40 (рис. 44), содержащее электромагнит с сердечником 14 и обмоткой 13, планку 10, установленную на подпятниках 11, на которой закреплены якорь 12 и подвижный контактный мостик 3, неподвижные контакты 5 с контактными пластинами 9, спиральную пружину 2, одним концом скрепленную с поводком 15 планки 10, а другим — с втулкой 16, находящейся на оси 17, и шкалу 1.

Примером комбинированного реле является широко распространенное индукционное реле тока РТ-80 (рис. 45), время срабатывания которого зависит от силы тока, протекающего по обмотке (чем больше ток, тем быстрее срабатывает реле). В этом реле одна электромагнитная система, состоящая из разомкнутого магнитопровода 1, обмотки 17 и короткозамкнутых витков 2, образует в сочетании с алюминиевым диском 6 индукционный воспринимающий элемент, а в сочетании с подвижным сердечником (якорем) 16 — электромагнитный воспринимающий элемент. Исполнительным элементом реле служат сравнительно мощные контакты 14, что позволяет во многих случаях обходиться без промежуточных реле. Преобразующий элемент, создающий выдержку времени при работе индукционной части реле, состоит из червяка 9, закрепленного на оси диска, зубчатого сегмента 8, опирающегося на скобу 12, винта 15 для перемещения зубчатого сегмента, и указателя уставок времени 3. Диск закреплен на оси 4, свободно вращающейся в подпятниках 11, установленных в плечах рамки 10. Рамка 10 может поворачиваться около оси 0—0 в пределах, зафиксированных ограничителем 5.

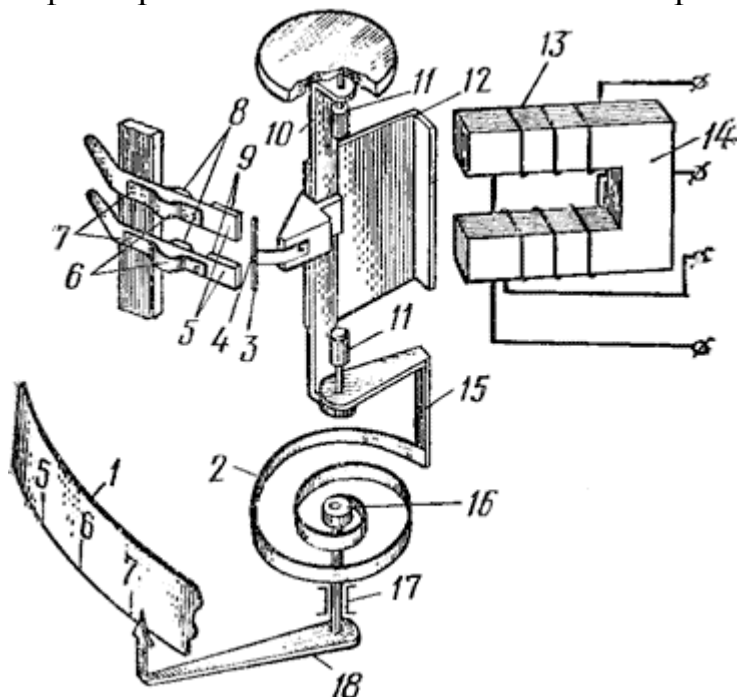


Рис. 44. Реле тока РТ-40:
 1 — шкала, 2 — спиральная пружина, 3 — подвижный контактный мостик, 4 — ось контактного мостика, 5 — неподвижные контакты, 6 — задние упоры, 7 — винты, 8 — передние упоры, 9 — контактные пластины, 10 — планка, 11 — подпятники, 12 — якорь, 13 — обмотка электромагнита, 14 — сердечник электромагнита, 15 — поводок планки, 16 — втулка, 17 — ось поводка задания уставки, 18 — поводок задания уставки
 При протекании тока по обмотке реле создается магнитный поток,

расщепляемый в воздушном зазоре на две части: одна часть проходит через участок магнитопровода, охваченный короткозамкнутым витком, а вторая — через оставшийся участок полюса магнитопровода, не охваченный короткозамкнутым витком. В короткозамкнутом витке индуцируется ток, создающий магнитный поток, который отстает по фазе от основного магнитного потока, созданного обмоткой 17 реле при протекании через нее тока. Таким образом, через участок полюса магнитопровода с короткозамкнутым витком проходит суммарный магнитный поток, состоящий из потока витка и части основного потока. Этот суммарный магнитный поток сдвинут по фазе от потока смежного участка полюса. Из курса электротехники известно, что два магнитных потока, сдвинутых один относительно другого в пространстве и по фазе, образуют вращающееся, или бегущее, как это имеет место в рассматриваемом реле, магнитное поле.

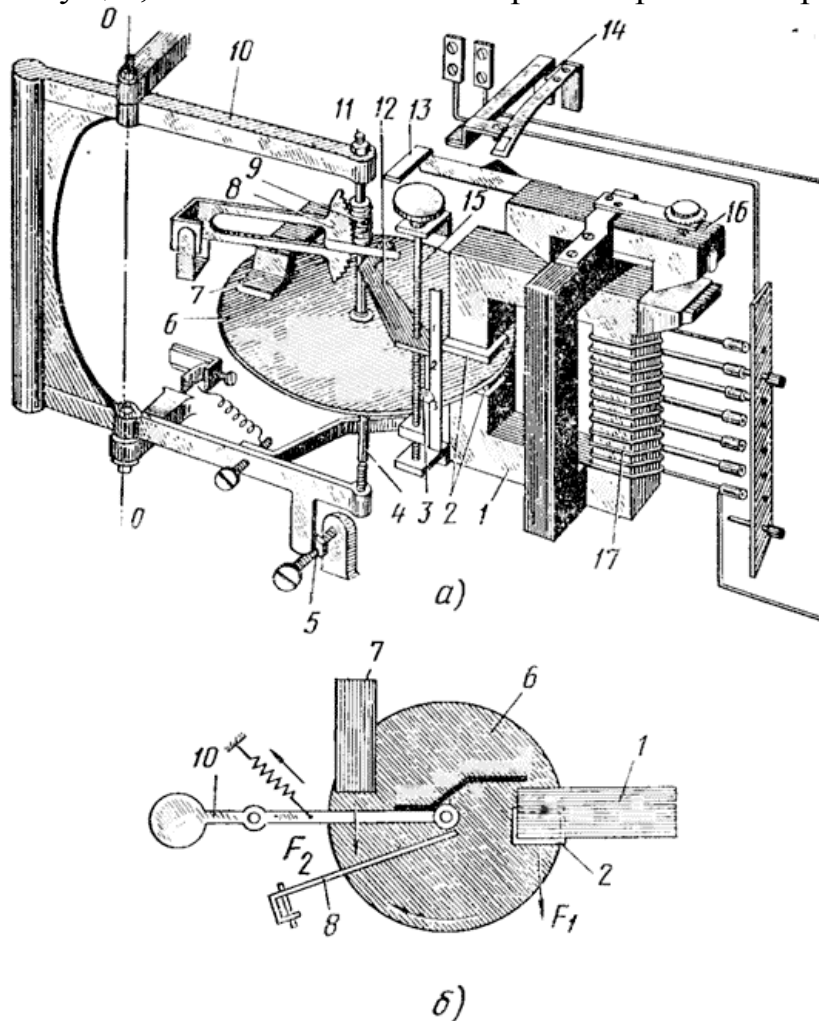


Рис. 45. Комбинированное реле РТ-80:
 а — устройство, б — диски магнитная система; 1 — разомкнутый магнитопровод, 2 — короткозамкнутые витки, 3 — указатель уставок времени, 4 — ось, 5 — ограничитель, 6 — диск, 7 — постоянный магнит, в — сегмент, 9 — червяк, 10 — рамка, — подпятники, 12 — скоба, 13 — коромысло, 14 — контакты, 15 — винт, 16 — якорь, 17 — обмотка
 При этом диск под действием силы, создаваемой бегущим магнитным полем, будет вращаться. Наименьший ток, при котором начинает вращаться диск, называется током начала работы реле. Когда диск начнет вращаться в той его части, которая проходит под полюсами постоянного магнита 7, индуцируется ток, взаимодействующий с полем постоянного магнита, благодаря чему создается тормозное усилие, действующее на диск. При

дальнейшем увеличении тока в обмотке реле частота вращения диска и усилие будут возрастать и при достижении, определенной силы тока (тока срабатывания индукционного элемента) рамка с диском под действием параллельных сил F_1 и F_2 повернется. При этом червяк придет в зацепление с зубчатым сегментом, который начнет подниматься.

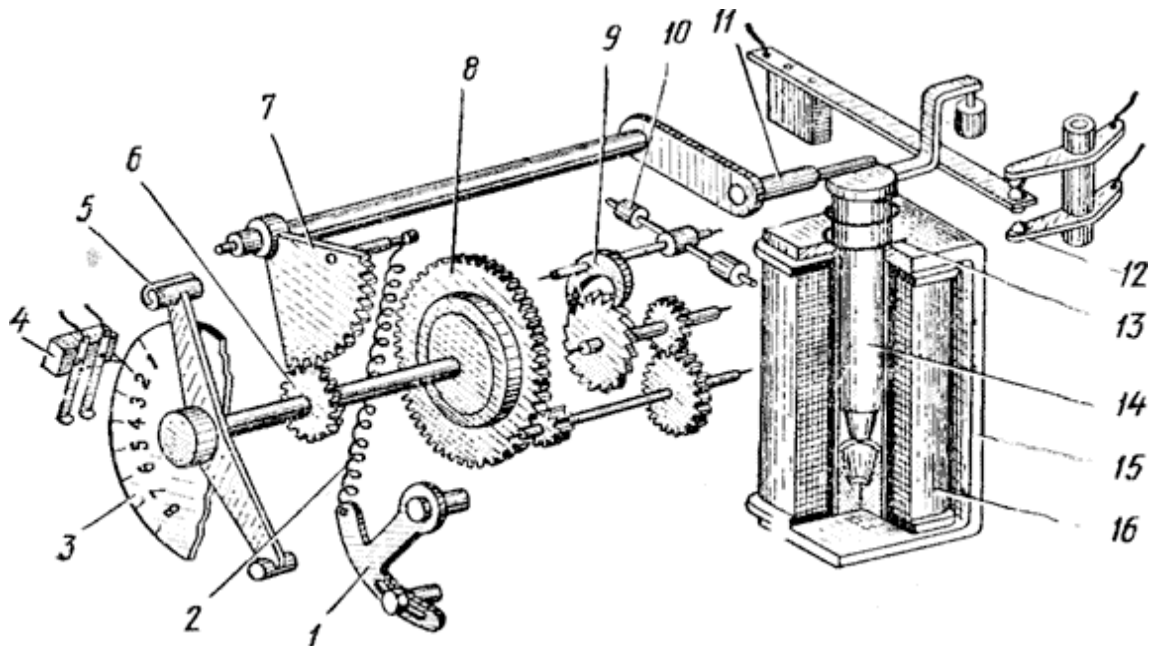


Рис. 46. Реле времени ЭВ-100:

1 — регулятор натяжения пружины, 2 — пружина часового механизма, 3 — шкала, 4 — неподвижные контакты, 5 — подвижные контакты, 6 — ведущая шестерня, 7 — зубчатый сегмент, 8 — часовой механизм, 9 — анкерный механизм, 10 — регулировочные винты, 11 — рычаг часового механизма, 12 — контакты мгновенного действия, 13 — пружина якоря, 14 — якорь, 15 — магнитопровод, 16 — обмотка электромагнита. Рычаг сегмента, придя в соприкосновение с коромыслом 13 подвижного сердечника, будет его поднимать. Правый конец этого сердечника приблизится к магнитопроводу и притянется к нему, а контакты реле замкнутся. При значении тока, равном или большем тока срабатывания электромагнитного элемента, последний срабатывает и контакты реле замыкаются без выдержки времени. Одно из логических реле — реле времени ЭВ-100 показано на рис. 46. В этом реле пружина 2 всегда находится в натянутом состоянии. При подаче напряжения на обмотку 16 якорь 14 втягивается, освобождая рычаг 11 часового механизма 8. Последний начинает двигаться под действием пружины 2. Часовой механизм обеспечивает равномерное движение подвижных контактов, которые через заданный промежуток времени вызывают замыкание неподвижных контактов 4.

Вторичные цепи

цепи

Общие сведения. Взаимодействие элементов, входящих в состав устройств вторичной коммутации, а значит, и работоспособность этих устройств определяются в значительной степени электрическими соединениями между ними.

В результате электрических соединений образуются электрические цепи, которые называются цепями вторичной коммутации или просто вторичными цепями. Вторичная цепь, как и всякая электрическая цепь, содержит

источник электроэнергии, приемник электроэнергии и проводники электрического тока, соединяющие источник с приемником. Это позволяет обеспечить питание элементов вторичных устройств энергией, необходимой для их работы. Главное же назначение любой вторичной цепи — осуществление определенной части информационных преобразований, необходимых для управления соответствующим первичным оборудованием. Поэтому вторичная цепь должна включать элементы, с помощью которых в нее вводится информация в виде сигналов управления или контроля и выводится из данной вторичной цепи. Первые называют модулирующими элементами, а вторые демодулирующими. Для большинства вторичных цепей (рис. 47) приемником электроэнергии является демодулирующий элемент 3.

Отдельные вторичные цепи, например измерительные с первичными преобразователями в виде измерительных трансформаторов тока или термопар, имеют еще более простую структуру, поскольку трансформатор тока в этой цепи является одновременно и источником электроэнергии, и источником информации.

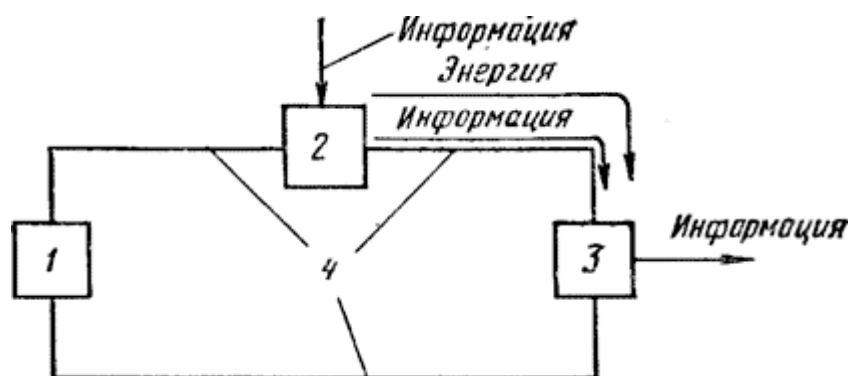
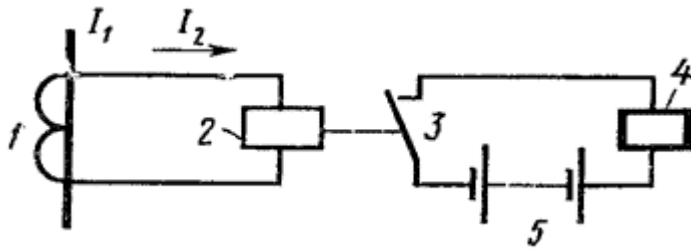


Рис. 47. Структурная схема вторичной цепи: 1 — источник питания. 2 — модулирующий элемент, 3 — демодулирующий элемент, 4 — проводники. Источниками энергии во вторичных цепях служат отдельные виды первичных преобразователей, например, измерительные трансформаторы и специальные источники питания: генераторы, аккумуляторы, силовые трансформаторы, называемые источниками оперативного тока. Проводниками электрического тока (по ним же передается и информация) являются медные изолированные провода и контрольные кабели с медными и алюминиевыми жилами. Воспринимающие органы вторичных аппаратов и приборов, а также органы непосредственного управления первичным оборудованием (например, обмотки возбуждения электрических машин, приводы коммутационных аппаратов, управляющие электроды ионных, электронных и полупроводниковых приборов) являются приемниками электроэнергии и демодулирующими элементами. Функции модулирующих элементов выполняют исполнительные органы вторичных аппаратов и приборов, характеризующиеся э. д. е., током или сопротивлением, которые изменяются соответственно с изменениями контролируемой величины. Следует иметь в виду, что первичные преобразователи по своему назначению являются информационными элементами. Они маломощны и имеют низкий к. п. д., а поэтому мало пригодны для выполнения энергетических функций в качестве источников питания.



Кроме того, большинство первичных преобразователей должно работать в режиме, близком к холостому ходу, поскольку с увеличением нагрузки значительно ухудшаются их характеристики и особенно точность информации, вводимой ими в соответствующие цепи. Поэтому первичные преобразователи редко применяют в качестве источников питания. Если же это необходимо, то стремятся одни первичные преобразователи использовать только для выполнения энергетических функций в данной вторичной цепи, а другие для осуществления свойственных им информационных функций. Если в распоряжении имеется только один первичный преобразователь, схему вторичной цепи строят так, чтобы разделить во времени энергетическую и информационную функцию этого преобразователя. Рассмотрим несколько конкретных примеров различного использования первичных преобразователей.

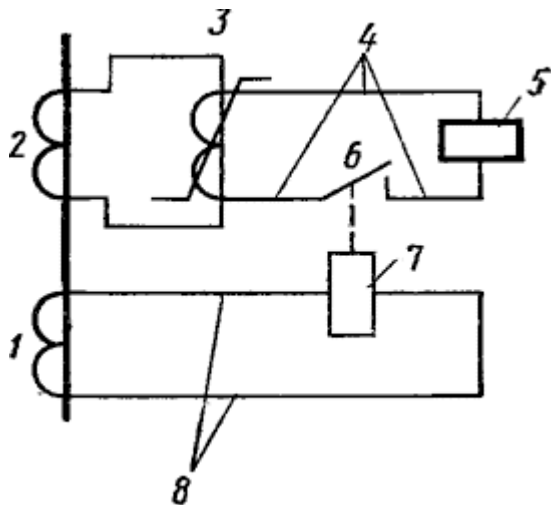


Рис. 49. Схема токовой защиты, показывающая разделение информационных и энергетических функций между трансформаторами тока: 1, 2 и 3 — трансформаторы тока, 4 и 8 — проводники, 5 — отключающий электромагнит, 6 — замыкающий контакт, 7 — обмотка реле. На рис. 48 показана простая схема включения реле максимального тока, обмотка 2 которого подключена к трансформатору тока 1, а контакты 3 управляют цепью отключающего электромагнита 4 выключателя, питаемой от независимого источника оперативного тока в виде аккумуляторной батареи 5. Очевидно, здесь информационные функции возложены преимущественно на трансформатор тока, являющийся первичным преобразователем, а энергетические функции — на аккумуляторную батарею.

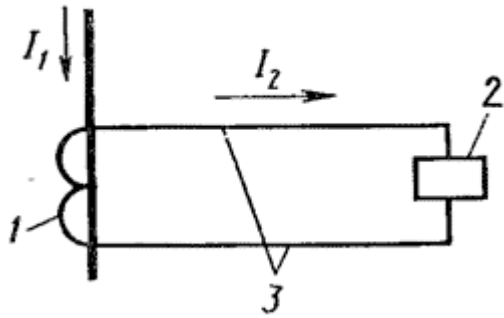


Рис. 51. Схема, показывающая совмещение информационных и энергетических функций у трансформатора тока: 1 и 2 — обмотки, 3 — соединительные провода. Разделение функций между трансформаторами тока видно из схемы максимальной токовой защиты (рис. 49). Здесь вторичная обмотка трансформатора тока 1, обмотка 7 реле и проводники 8 образуют цепь контроля, а вторичная обмотка промежуточного быстронасыщающего трансформатора тока 3, подключенного ко второму трансформатору тока 2, замыкающий контакт 6 реле, обмотка отключающего электромагнита 5 и проводники 4 составляют цепь питания отключающего электромагнита.

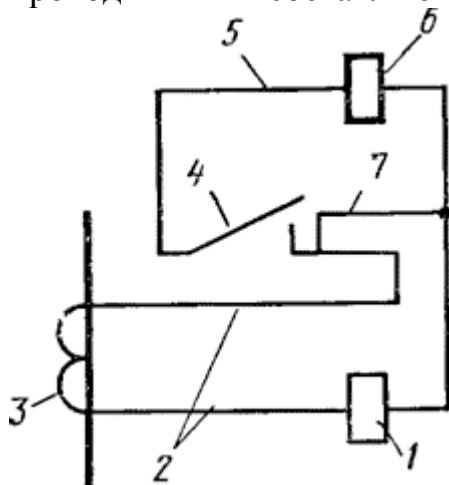


Рис. 50. Схема токовой защиты, показывающая разделение во времени информационных и энергетических функций для одного трансформатора тока:

1, 3 и 6 — обмотки, 2 и 5 — соединительные провода, 4 и 7 — контакты. На рис. 50 показана вторичная цепь максимальной токовой защиты с реле косвенного действия, где энергетические и информационные функции одного и того же трансформатора тока разделены во времени. Вначале, до срабатывания реле, образуется цепь контроля (вторичная обмотка <3 трансформатора тока, размыкающий контакт 7 реле, обмотка 1 реле, соединительные провода 2). При этом нагрузка на трансформатор тока сравнительно небольшая и определяется только мощностью, потребляемой обмоткой реле. После срабатывания реле его контакты переключаются и образуется цепь питания (вторичная обмотка 3 трансформатора тока, замыкающий контакт 4 реле, обмотка 6 отключающего электромагнита привода, обмотка 1 реле, соединительные провода 2 и 5). Теперь трансформатор тока служит уже в качестве источника переменного оперативного тока, обеспечивая необходимую мощность для питания отключающего электромагнита.

В простейшей схеме (рис. 51) трансформатор тока выполняет одновременно

и энергетические функции, питая обмотку отключающего электромагнита, и информационную функцию, обеспечивая контроль тока во вторичной цепи (вторичная обмотка трансформатора тока 1, обмотка электромагнита 2 и соединительные провода 3).

Классификация вторичных цепей.

Вторичные цепи, входящие в состав вторичных устройств, различают по месту в цепи информационных преобразований, по степени сложности, по характеру выполняемой той или иной цепью функции и по ряду других признаков.

По месту в цепи информационных преобразований вторичные цепи разделяют на измерительные, оперативные, исполнительные и цепи связи (передаточные звенья). В измерительных цепях начинаются информационные преобразования. В них осуществляются отбор информации о состоянии управляемого объекта и ее первичная переработка в сигналы, удобные для дальнейших преобразований и передачи информации. В состав этих цепей входят первичные преобразователи (датчики, измерительные трансформаторы, шунты, добавочные сопротивления, емкостные делители напряжения, выпрямители и др.).

Оперативные цепи составляют наиболее обширную группу вторичных цепей. В них поступает информация от измерительных цепей и осуществляются основные преобразования, определяющие наиболее целесообразные действия (операции) вторичного устройства в соответствии с состоянием управляемого объекта и заданной программой. Электрическую энергию эти цепи, как правило, получают от самостоятельного источника питания. Назначение исполнительных цепей — обеспечить исполнение команд, поступающих в виде соответствующих сигналов от оперативных цепей, путем непосредственного воздействия на управляемый объект через его элемент управления (включение или отключение выключателя, изменение тока в цепи возбуждения генератора, переключение ответвлений трансформатора и др.).

Для увеличения мощности сигналов, поступающих в исполнительную цепь (за счет энергии источников питания), в ее состав входят усилители мощности. Если для приведения в действие органа непосредственного управления контролируемого объекта используют неэлектрическую энергию, то в исполнительные цепи входят неэлектрические звенья (пневматические, гидравлические, механические).

Только в самых простых вторичных устройствах (см. рис. 51) весь процесс информационных преобразований осуществляется в одной вторичной цепи. Большая же часть вторичных устройств содержит значительное количество взаимосвязанных вторичных цепей.

Если рассматривать любую пару взаимосвязанных вторичных цепей, то каждая предыдущая вторичная цепь является управляющей, а последующая, получающая информацию от предыдущей вторичной цепи, управляемой вторичной цепью. Связь между отдельными вторичными цепями может осуществляться без применения специальных электрических цепей, с помощью преобразующего элемента вторичного аппарата (см. рис. 48), воспринимающий элемент которого находится в управляющей цепи, а исполнительный элемент — в управляемой цепи. Однако во многих случаях такая связь между вторичными цепями выполняется с помощью специальных

цепей, называемых цепями связи. Применение цепей связи позволяет согласовывать между собой соответствующие вторичные цепи и передавать информацию с достаточной точностью при необходимом уровне сигнала. Наряду с цепями связи, по которым сигналы последовательно передаются от предыдущей вторичной цепи в последующую, широко применяют цепи обратной связи, по которым величина, пропорциональная выходным сигналам, вводится в предыдущие цепи и складывается с входным сигналом, усиливая или ослабляя его. В первом случае обратная связь называется положительной (ПОС), а во втором случае — отрицательной (ООС). Кроме этого, различают жесткую обратную связь (ЖОС), действие которой проявляется непрерывно, и гибкую обратную связь (ГОС), вступающую в работу в динамическом режиме (в момент изменения уровня сигнала). По степени сложности вторичные цепи можно разделить на две группы: простые и сложные. Отличительным признаком сложной цепи является наличие ответвлений, образующих обходные (побочные) цепи, в которых осуществляются дополнительные функции (например, защита отдельных элементов основной цепи от перенапряжений). Вторичные цепи также классифицируют по характеру возлагаемых на них функций: цепи измерения, управления, сигнализации, защиты, блокировки и т. д.

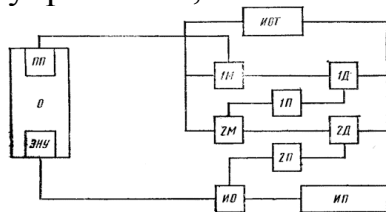


Рис. 52. Структурная схема вторичного устройства: О — управляемый объект, ПП — первичный преобразователь, 1М и 2М — модулирующие элементы, 1Д и 2Д — демодулирующие элементы, Ш и 2П — передаточные звенья. ИО — исполнительный орган, ЭИУ — элемент непосредственного управления, ИОТ — источник оперативного тока. ИП — источник питания. В отдельных случаях принято называть цепи соответственно названию вторичного элемента, относящегося к этой цепи: цепь эмиттера, коллектора, базы (для полупроводниковых приборов); цепь сетки, катода, накала, анода (для электронных ламп); цепи обмоток смещения, обратной связи, управления и рабочих обмоток (магнитного усилителя).

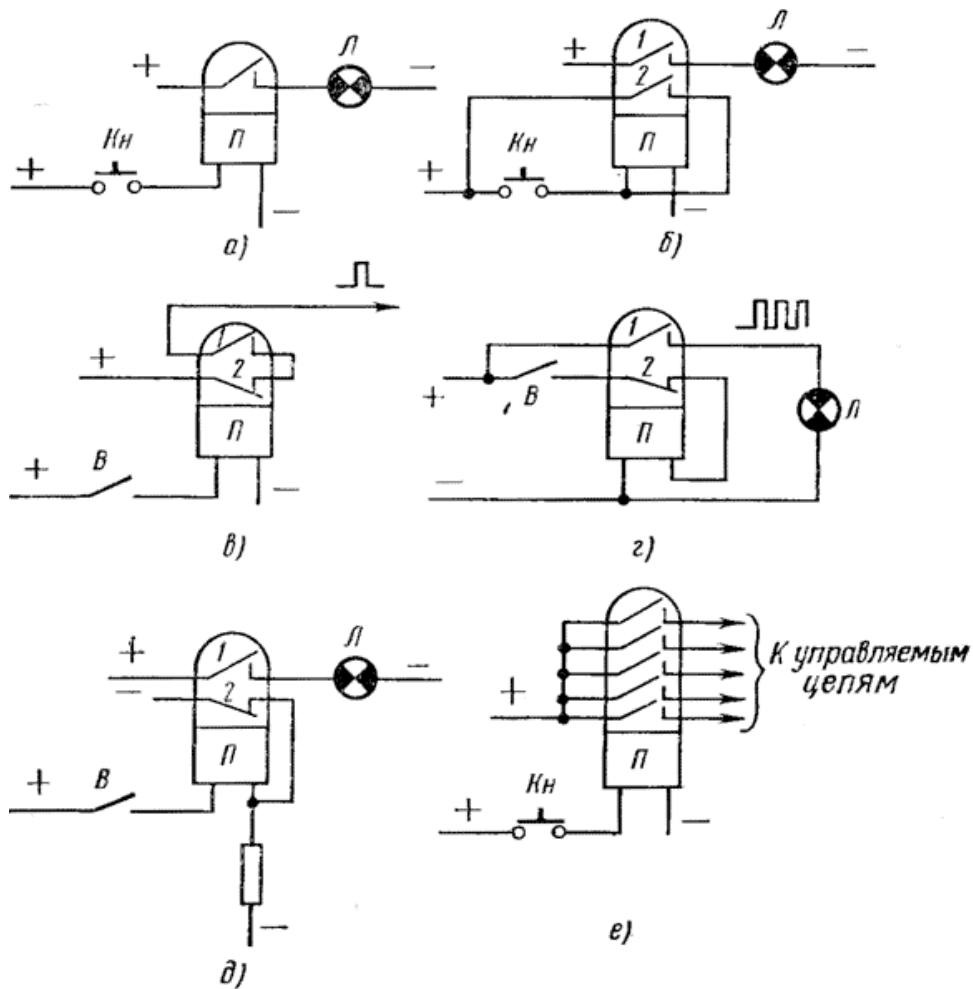


Рис. 53. Различные схемные решения на основе промежуточного реле: а — нормальное включение, б — преобразование кратковременного импульса в длительный, в — преобразование длительного импульса в кратковременный, г — преобразование постоянного напряжения в пульсирующее, д — повышение термической устойчивости реле, е — размножение управляющих импульсов: / и 2 — контакты

Рассмотрим структурную схему вторичного устройства, в которой достаточно полно отражены различные виды вторичных цепей и их взаимосвязь (рис. 52). Сведения от управляемого объекта O поступают в измерительную цепь через первичный преобразователь $Я/7$, преобразуются и вводятся в оперативные цепи модулирующим элементом $1M$. В оперативных цепях осуществляется обработка полученных сигналов демодулирующими элементами $1Д$ и $2Д$ с последовательной передачей от первой до последней (в нашем примере до третьей) цепи при помощи передаточных звеньев $1П$ и $2П$. Необходимую энергию для питания оперативных цепей получают от источника оперативного тока ИОТ. Сигналы управления от последней оперативной цепи поступают в исполнительный орган ИО, который через элемент непосредственного управления ЭНУ воздействует на управляемый объект. Необходимая энергия в данном случае поступает от источника питания ИП. Источник питания ИП, исполнительный орган ИО и элемент непосредственного управления ЭНУ составляют исполнительную цепь.

Под схемным решением понимается такое решение технической задачи, когда нужный эффект получают путем соответствующих электрических соединений между отдельными вторичными элементами, входящими в состав данного вторичного устройства. Возможность схемных решений и их

эффективность можно увидеть на примерах различного использования промежуточного реле.

При обычном включении (рис. 53, а) реле срабатывает и остается во включенном положении (сигнальная лампа Л горит), пока по его обмотке протекает ток (кнопка Кн замкнута). Несложное изменение в схеме (рис. 53, б) позволяет преобразовать кратковременный импульс тока в длительный. Сработав, реле остается во включенном положении и после прекращения действия управляющего импульса тока (кнопка Кн отпущена), так как его обмотка будет обтекаться током по цепи: плюс источника тока, замыкающий контакт 2 реле, обмотка реле, минус источника тока. Схема (рис. 53, в) позволяет преобразовать длительный импульс в кратковременный. Контакты реле для этого отрегулированы так, чтобы при срабатывании сначала замыкались его замыкающие контакты, а затем размыкались размыкающие контакты. В схеме (рис. 53, г) то же реле преобразует постоянное напряжение в пульсирующее. При включении выключателя В к обмотке реле через его размыкающий контакт 2 подводится напряжение, реле срабатывает, причем сначала замыкается его замыкающий контакт 1, к лампе Л подводится напряжение и она загорается, а затем размыкается размыкающий контакт 2, реле возвращается в исходное положение, контакт 1 размыкается и лампа Л гаснет. Затем весь процесс повторяется. Таким образом, на выходе получается пульсирующее напряжение, в результате чего в данном случае получается прерывистый (мигающий) свет. Схема (рис. 53, д) позволяет использовать термически неустойчивое реле для работы в длительном режиме после подачи напряжения на его обмотку, поскольку последовательно с обмоткой будет введено дополнительное сопротивление, ограничивающее силу тока в обмотке. Схема (рис. 53, е) часто используется для размножения управляющего импульса (при одном импульсе в управляющей цепи, подаваемом замыканием кнопки Кн, на выходе через замыкающие контакты реле подается пять импульсов пяти управляемым цепям). Это далеко не полный перечень возможных схемных решений применительно только к одному промежуточному реле показывает, какие неограниченные возможности заключены для схемных решений при использовании разнообразных электромеханических, магнитных и электронных вторичных элементов во вторичных устройствах. Ниже рассматриваются наиболее распространенные схемные решения, в отдельных случаях сопоставляемые с конструктивными решениями, используемыми для одной и той же цели.

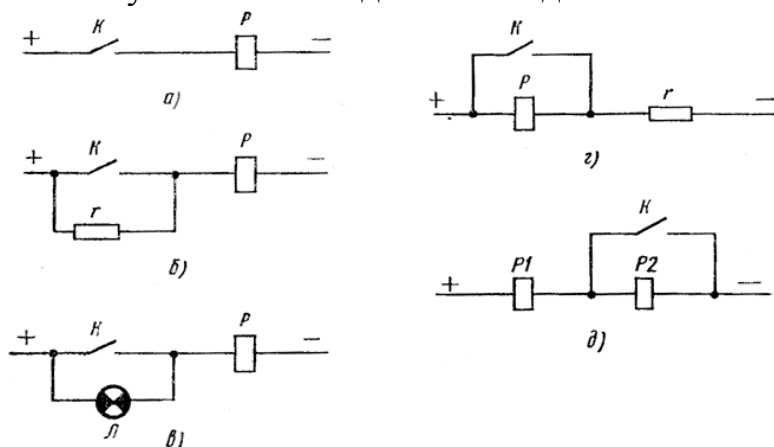


Рис. 54. Схемы подачи и съема управляющих импульсов: а — ключом, б — ключом, шунтированным резистором, в — ключом, шунтированным лампой, г — ключом, включенным параллельно обмотке реле, д — для двух реле

Подача и съём управляющих импульсов наиболее просто осуществляется с помощью ключа (рис. 54, а), включенного последовательно с управляемым элементом. В качестве ключа применяют различные электромеханические элементы (рубильники, выключатели, кнопочные контакторы), а также электронные и магнитные элементы, работающие в ключевом режиме. Очевидно, при включении ключа К сработает реле Р, а при отключении ключа реле возвращается в исходное положение. Присоединив параллельно ключу К резистор г (рис. 54, б), можно облегчить работу ключа, поскольку часть тока, протекающего через обмотку реле при включенном ключе, ответвляется в резистор г. Если вместо резистора параллельно ключу подсоединить сигнальную лампу небольшой мощности с тем, чтобы при отключенном положении ключа ток через лампу был недостаточен для срабатывания реле, получим распространенную схему контроля цепи обмотки реле (при отключенном ключе). Горение лампы показывает, что цепь обмотки реле цела (рис. 54, в). На рис. 54, г приведена схема управления реле, позволяющая включать или отключать его путем шунтирования или расшунтирования обмотки ключом К, а схема (рис. 54, д) позволяет одним ключом К управлять двумя реле Р1 и Р2. При замыкании ключа К срабатывает реле Р1 и отпадает реле Р2, а при размыкании* того же ключа срабатывает реле Р2 и отпадает реле Р1. Очевидно, при такой схеме реле должны быть подобраны так, чтобы ток в последовательно соединенных их обмотках был достаточен для срабатывания реле Р2, но недостаточен для реле Р1.

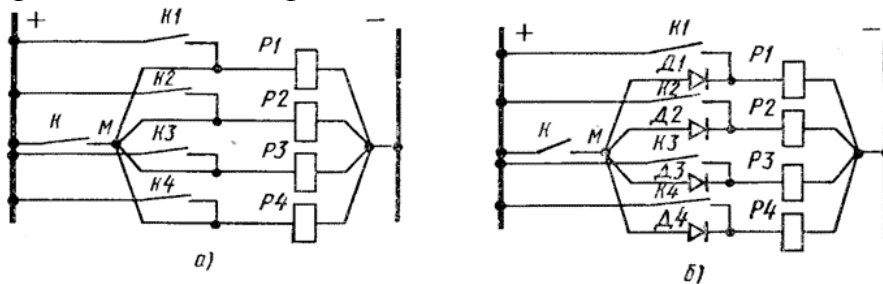


Рис. 55. Схемы размножения управляющих импульсов: а — без развязывания управляющих цепей, б — с развязыванием управляющих цепей: Р1—Р4 — реле, К1—К4 — ключи, Д1—Д4 — диоды, М — общий узел

Размножение управляющего импульса с помощью многоконтактного промежуточного реле (см. рис. 53, е) возможно при небольшом числе управляемых цепей. Поэтому в таких случаях прибегают к схемному решению, когда число управляемых цепей ничем не ограничивается. Однако простое объединение управляемых цепей в один узел (рис. 55, а) недопустимо, поскольку невозможно раздельное управление цепями. Например, если потребуется включить только одно реле Р1 ключом К1, то плюс источника питания одновременно через общий узел М подводится к остальным реле Р2, Р3 и Р4, вследствие чего последние также сработают, хотя это не требуется. При этом образуются ложные обходные цепи. Чтобы избежать ложного срабатывания реле, на которые не распространялась

команда, требуется обеспечить, их разделение, т. е. развязать эти цепи. На рис. 55, б для разделения цепей использованы полупроводниковые диоды, обладающие свойством проводить ток только в одном направлении (от общего узла М в сторону управляемых цепей). Если на одну из цепей будет подано напряжение от положительного полюса источника тока, например ключом К1, ток будет проходить только по этой управляемой цепи, а по другим цепям не будет, так как соответствующие диоды в обратном направлении ток не пропустят. Для распределения управляемых импульсов между несколькими управляемыми цепями широко используют два способа распределения: временной и комбинационный. На рис. 56, а приведена схема, обеспечивающая подведение управляющего импульса к одной из управляемых цепей (первый способ). При этом выбор управляемой цепи осуществляется предварительной установкой переключателя П в соответствующее положение (например, для управления цепью 10). После этого кнопкой Кн можно подать управляющий импульс на выбранную цепь. При большом количестве управляемых цепей использование этого способа требует значительного времени для выбора соответствующей цепи. На схеме (рис. 56, б) показан другой способ выбора управляемой цепи, использующий соответствующую комбинацию положений нескольких ключей (в данной схеме четырех).

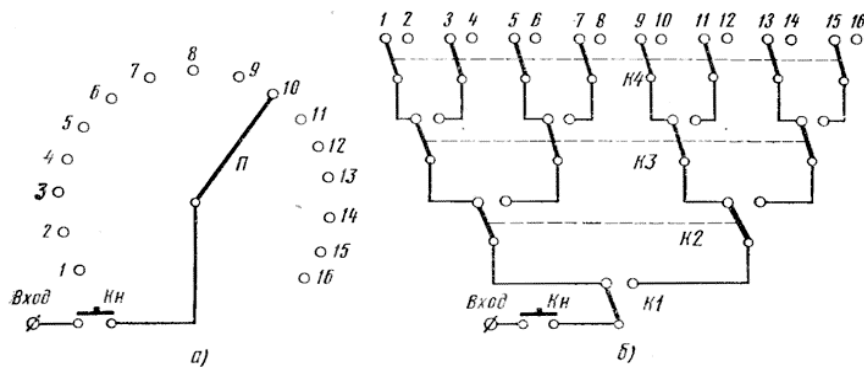


Рис. 56. Способы распределения управляющих импульсов: а — временной, б — комбинационный; П — переключатель, Кн — кноп/ка, К1—К4 — ключи

Для выбора шестнадцатой цепи после первой (это положение показано на чертеже) достаточно выполнить только четыре операции, переключив ключи К1—К4 в другое положение, а на шестнадцать (последовательно переводя подвижный контакт из первого в шестнадцатое положение), необходимых при первом способе. Однако применение второго способа требует сложных многоконтактных переключателей (или реле). Например, ключ К4 в рассматриваемой схеме (рис. 56, б) содержит восемь подвижных контактов. Поэтому при большом количестве цепей такое схемное решение не применяют, а используют устройства, работающие по первому способу, или - одновременно оба рассмотренных способа.

Для распределения импульсов по первому способу промышленность выпускает различные ручные переключатели и переключатели с электрическим приводом. Некоторые такие переключатели были рассмотрены ранее. Примером переключателя с электрическим приводом может служить распространенный в телефонии и телемеханике шаговый искатель (рис. 57). Он состоит из контактных полей с неподвижными

контактами 4, контактных щеток 2 и электромагнитного механизма. При подаче импульсов тока в обмотку 1 якорь 9 приводит собачку 7 в возвратно-поступательное движение (вверх под действием электромагнитного усилия в момент обтекания обмотки 1 током и вниз под действием пружины 8, когда обмотка 1 не обтекается током). Собачка передвигает храповое колесо 3, а вместе с ним контактную щетку 2, последовательно перемещающуюся по неподвижным контактам 4 контактного поля. В устройствах телемеханики применяют шаговые искатели (ШИ-25/4 и ШИ-50/4), имеющие по четыре контактных поля и соответственно по четыре контактные щетки, а также вспомогательные контакты 5 и контакты саморазрыва 6. Если обмотку электромагнита подключить через эти контакты к источнику постоянного тока, ее цепь будет периодически замыкаться и размыкаться, а щетки шагового искателя будут непрерывно обходить контактное поле. Шаговый искатель ШИ-25/4 содержит 27 неподвижных контактов (ламель), а ШИ-50/4 — соответственно 52 в каждом контактном поле. Большим быстродействием обладают распределители импульсов на основе схемных решений, использующих электронные и магнитные элементы. На рис. 58 приведена схема распределителя импульсов на магнитных элементах, называемого также одноходовым (или однотоктным) кольцевым коммутатором. Он состоит из магнитных элементов на тороидальных сердечниках (торах) с прямоугольной петлей гистерезиса, каждый из которых содержит три обмотки: входную (или обмотку записи) 3, выходную 2 и тактовую 1, называемую также обмоткой движения или обмоткой считывания. Питательное напряжение в виде импульсов тока с частотой сети 50 Гц подается одновременно к тактовым обмоткам всех торов. Эти импульсы через диод Дп обеспечивают перевод всех торов в состояние отрицательного намагничивания.

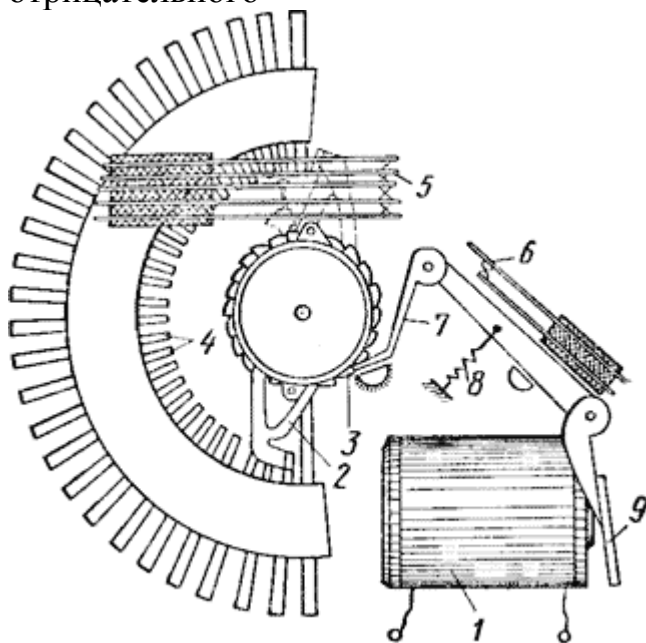


Рис. 57. Шаговый искатель; 1 — обмотка, 2 — контактные щетки, 3 — храповое колесо, 4 — неподвижные контакты, 5 — вспомогательные контакты, 6 — контакты саморазрыва, 7 — собачка, 8 — пружина, 9 — якорь. Допустим, что первый тор перешел в состояние положительного намагничивания (например, при прохождении тока по обмотке 3). Тогда при первом же тактовом импульсе тока первый сердечник перемагнитится,

переходя из состояния положительного в состояние отрицательного намагничивания. При этом в выходной обмотке 2 первого тора наведется электродвижущая сила, под действием которой конденсатор С1 зарядится через диод Д_а. После окончания первого тактового импульса напряжение с конденсатора С1 через диод Д_б подводится к входной обмотке второго тора, последний перемагнитится в сторону положительного намагничивания. При этом следует учитывать, что пока тактовый импульс не окончится, напряжение ко входной обмотке второго тора не подводится, так как диод Д_б заперт тем же тактовым импульсом, подаваемым через диод Д₀ и резистор. Кроме того, при перемагничивании тора в сторону положительного намагничивания ни к конденсатору, ни к выходным зажимам не подводится напряжение, поскольку диоды Д_а и Д_б заперты э. д. с. обратной полярности, наведенной

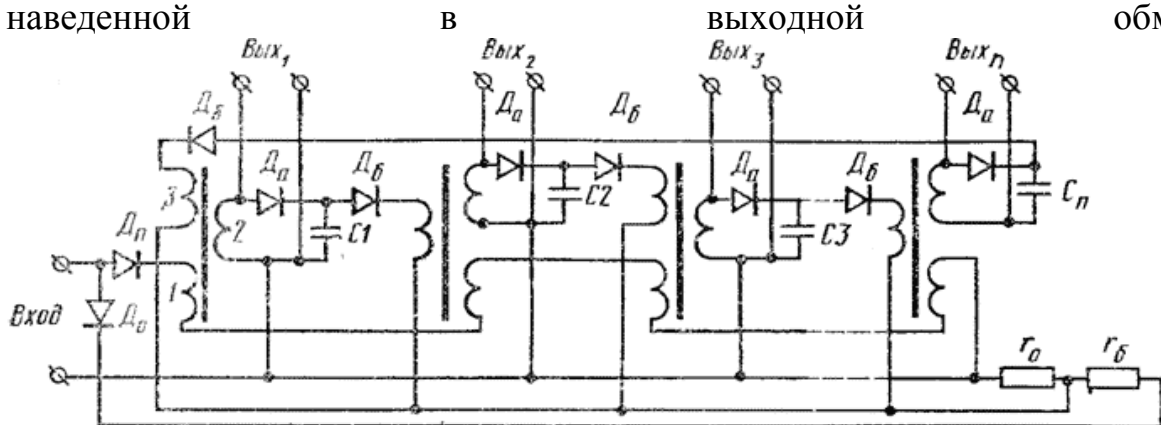


Рис. 58. Кольцевой коммутатор на магнитных элементах с прямоугольной петлей гистерезиса (МЭ ППГ): 1—3 — обмотки. Таким образом, в результате первого тактового импульса уже второй тор окажется в состоянии положительного намагничивания и сигнал будет снят с выходной обмотки первого тора. В дальнейшем под действием тактовых импульсов процесс повторяется с той разницей, что в состояние положительного намагничивания переходят последующие торы, с которых затем и снимаются выходные импульсы. Поскольку выходная обмотка последнего тора соединена с входной обмоткой первого тора, то после работы последнего тора подготавливается к работе первый тор и весь процесс будет непрерывно повторяться. В связи с этим подобные распределители получили название кольцевых коммутаторов. Временные преобразования управляющих импульсов заключаются в замедлении или ускорении их прохождения, в преобразовании длительных импульсов в короткие и, наоборот, коротких импульсов в длительные. Причем эти преобразования могут осуществляться как схемными, так и конструктивными решениями. На рис. 59 показано схемное решение для ускорения срабатывания реле. При этом сопротивление резисторов r выбирают такой величины, чтобы при включенном ключе К к реле было приложено нормальное напряжение. На рис. 60 показано схемное решение для замедления срабатывания реле. При этом схема (рис. 60, а) позволяет увеличить время срабатывания реле до 1 с, а схема (рис. 60, б) — замедлить время опускания реле до 1 с. К конструктивным решениям, обеспечивающим изменение времени прохождения импульса, относится увеличение быстродействия реле уменьшением постоянной времени и облегчением его механической

системы. Магнитные системы таких реле выполняются шихтованными из материала с повышенным удельным сопротивлением.

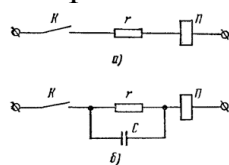


Рис. 59. Схемные решения для ускорения срабатывания реле: а — с одним резистором, б — с резистором, шунтированным конденсатором; г — резистор, П — переключатель, К — ключ, С — конденсатор. Для замедления срабатывания и отпадания реле постоянного тока на них устанавливают медные втулки или короткозамкнутые витки. Применение медных втулок и короткозамкнутых витков, надетых непосредственно на сердечник, и установка медных щечек у каркаса вместо щечек из изоляционного материала приводит к увеличению времени срабатывания и отпадания реле. Втулки, надетые на конец сердечника, способствуют сравнительно большому замедлению при срабатывании реле, а надетые на сердечник у основания — сравнительно большому замедлению реле при отпадании.

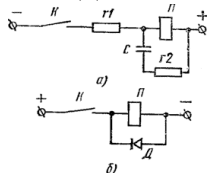


Рис. 60. Схемные решения для замедления реле: а — при срабатывании, б — при отпуске

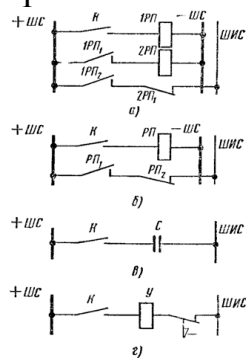


Рис. 61. Преобразование длительного импульса в кратковременный: а — с помощью двух реле, б — одним промежуточным реле, в — с помощью конденсатора, г — указательным реле. В двухрелейной схеме (рис. 61, а) при замыкании ключа К срабатывает реле 1РП и замыкает свои замыкающие контакты 1РП₁ и 1РП₂. В результате образуется цепь формирования кратковременного импульса напряжения (шинка +ШС, замкнувшийся контакт 1РП₂, замкнутый контакт 2РП₁, шинка импульсного сигнала ШИС). Через некоторое время, определяемое временем действия реле 2РП, последнее срабатывает и размыкает свои контакты 2РП₁, прекращая тем самым подачу напряжения на шинку ШИС.

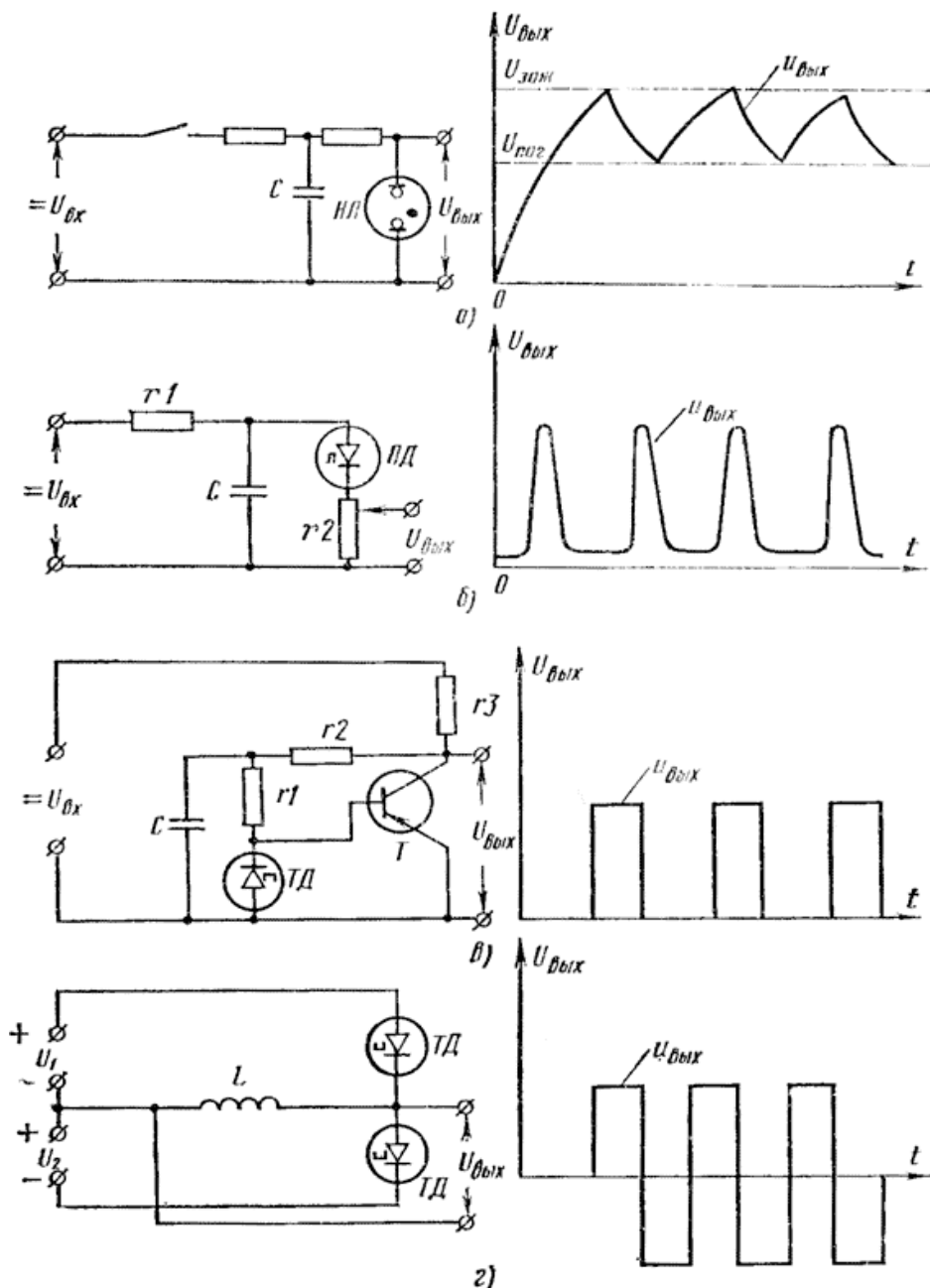


Рис. 62. Преобразование постоянного напряжения в импульсное: а — с неоновой лампой, б — с переключающим диодом, в — с одним туннельным диодом, г — с двумя туннельными диодами

В упрощенном варианте (рис. 61, б) при замыкании ключа К срабатывает реле РП, причем его контакты РП1 и РП2 так отрегулированы, что сначала замыкается замыкающий контакт РП1 а затем размыкается размыкающий контакт РП2. Таким образом, некоторое время оба контакта находятся в замкнутом состоянии, обеспечивая прохождение кратковременного импульса напряжения к шинке ШИС. Кратковременный импульс может формироваться при зарядке конденсатора С после замыкания ключа К (рис. 61, в). Несложно осуществить схему формирования кратковременного импульса тока на указательном реле с контактами, замкнутыми при поднятом флажке (рис. 61, г). При замыкании ключа К реле У срабатывает и при выпадении флажка размыкает свои контакты. Импульс тока проходит от момента замыкания ключа К до момента размыкания контактов реле У при выпадении флажка. Преобразование кратковременных импульсов в длительные подробно освещено ранее (см. рис. 53, б). Кроме того, к таким преобразованиям можно отнести фиксацию импульсов тока с помощью указательных реле и

двухпозиционных реле с двумя устойчивыми состояниями. Генерирование импульсов может осуществляться различными средствами, в том числе и схемными решениями. Рассмотрим несколько примеров генерирования периодически повторяющихся кратковременных импульсов на выходе соответствующих устройств при подведении на их вход постоянного напряжения (рис. 62) и переменного напряжения (рис. 63). В каждой схеме приведены временные диаграммы, выражающие зависимость выходной величины от времени (форма импульса). В схеме с неоновой лампой (см. рис. 62, а), когда напряжение на конденсаторе C будет равно напряжению зажигания U_s неоновой лампы НЛ, последняя загорится, ее сопротивление значительно уменьшится, конденсатор начнет разряжаться через неоновую лампу, а выходное напряжение будет снижаться. При снижении выходного напряжения до значения, равного напряжению погасания $t/\text{ног}$ неоновой лампы, последняя погаснет, ее сопротивление значительно возрастет и конденсатор C будет заряжаться, а напряжение на нем станет увеличиваться. Этот процесс продолжается непрерывно. Схема с переключающим диодом ПД (см. рис. 62, б) работает аналогично рассмотренной схеме с неоновой лампой, но выходное напряжение снимается с резистора r_2 в цепи переключающегося диода, что и определяет форму импульсов выходного напряжения. Схема с туннельными диодами (см. рис. 62, в и г) позволяет получить выходное напряжение в виде импульсов прямоугольной формы: для первой схемы однополярные, а для второй — двухполярные. Схема с кремниевым стабилитроном (рис. 63, а) обеспечивает получение на выходе однополярных импульсов в положительные полупериоды подводимого переменного напряжения. В начале каждого положительного полупериода, пока напряжение не достигло пробивного напряжения стабилитрона КС, происходит зарядка конденсатора C (зарядный ток протекает по цепи: зажим 1 — резистор r_1 — конденсатор C — резистор r_2 — зажим 2) и на выходе образуется соответствующий импульс напряжения, снимаемый с резистора r_2 . После пробоя стабилитрона напряжение на нем и, следовательно, на конденсаторе C станет постоянным, зарядный ток по указанной цепи протекать не будет, а напряжение на выходе снизится до нуля.

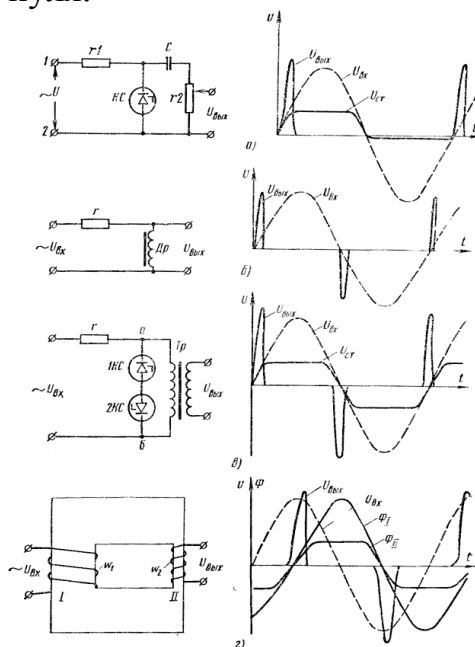


Рис. 63. Преобразование переменного напряжения в импульсное: а — со стабилитроном, б — с дросселем насыщения, в — с двумя стабилитронами, г — импульсным трансформатором

В отрицательный полупериод сопротивление стабилитрона очень мало, поскольку напряжение в этот полупериод приложено к нему в пропускном для тока направлении. Напряжение на стабилитроне также очень мало (близко к нулю), зарядный ток и напряжение на выходе практически равны нулю.

На рис. 63, б приведена схема с магнитным элементом в виде насыщающегося дросселя D_r , магнитопровод которого выполнен из материала с прямоугольной петлей гистерезиса. Если дроссель D_r находится в состоянии отрицательного намагничивания, то в положительный полупериод подводимого переменного напряжения произойдет его перемагничивание. Во время перемагничивания индуктивное сопротивление дросселя резко возрастает и на выходе образуется кратковременный импульс напряжения положительной полярности, снимаемый с дросселя. В отрицательный полупериод подводимого переменного напряжения весь процесс протекает аналогично рассмотренному, только при другом направлении перемагничивания и полярности напряжений на дросселе и на выходе.

Схема с кремниевыми стабилитронами (рис. 63, в) 1КС и 2КС и выходным трансформатором T_r также позволяет получить на выходе импульсы обеих полярностей. В начале каждого полупериода подводимого напряжения скорость изменения тока в первичной обмотке выходного трансформатора достаточно велика. Во вторичной обмотке при этом будет индуцироваться значительная э. д. с. Когда подводимое напряжение достигнет значения, равного пробивному напряжению стабилитронов (1КС в положительный полупериод или 2КС в отрицательный полупериод), напряжение между точками а и б будет поддерживаться неизменным (см. сплошную кривую $U_{ст}$ на диаграмме рис. 63, в), сила тока в первичной обмотке выходного трансформатора также не будет изменяться и, следовательно, э. д. с. во вторичной обмотке не будет.

Примером конструктивного решения задачи формирования импульсов является импульсный трансформатор (рис. 63, г) с замкнутым магнитопроводом, у которого сердечник I с обмоткой w_1 имеет поперечное сечение значительно большее, чем сердечник II с обмоткой w_2 . Поэтому при достижении мгновенным значением входного напряжения, при котором наступает насыщение сердечника II магнитопровода, магнитный поток в этом сердечнике перестает изменяться и, следовательно, в обмотке w_2 (на выходе) напряжение будет равно нулю. В результате на выходе импульсного трансформатора образуются кратковременные импульсы напряжения обеих полярностей (положительной, когда подводимое напряжение проходит через максимум, и отрицательной, когда подводимое напряжение проходит через минимум). Описанный процесс изображен на диаграмме к рис. 63, г. Фазосдвигающие устройства служат для осуществления фазового сдвига между электрическими величинами (токами, напряжениями или током относительно напряжения). Для этого можно использовать несложные схемные решения.

На рис. 64, а и б приведены схемы для получения сдвига по фазе между

входным и выходным напряжениями с регулируемыми элементами в виде конденсатора переменной емкости в первом варианте и резистора переменного сопротивления во втором варианте.

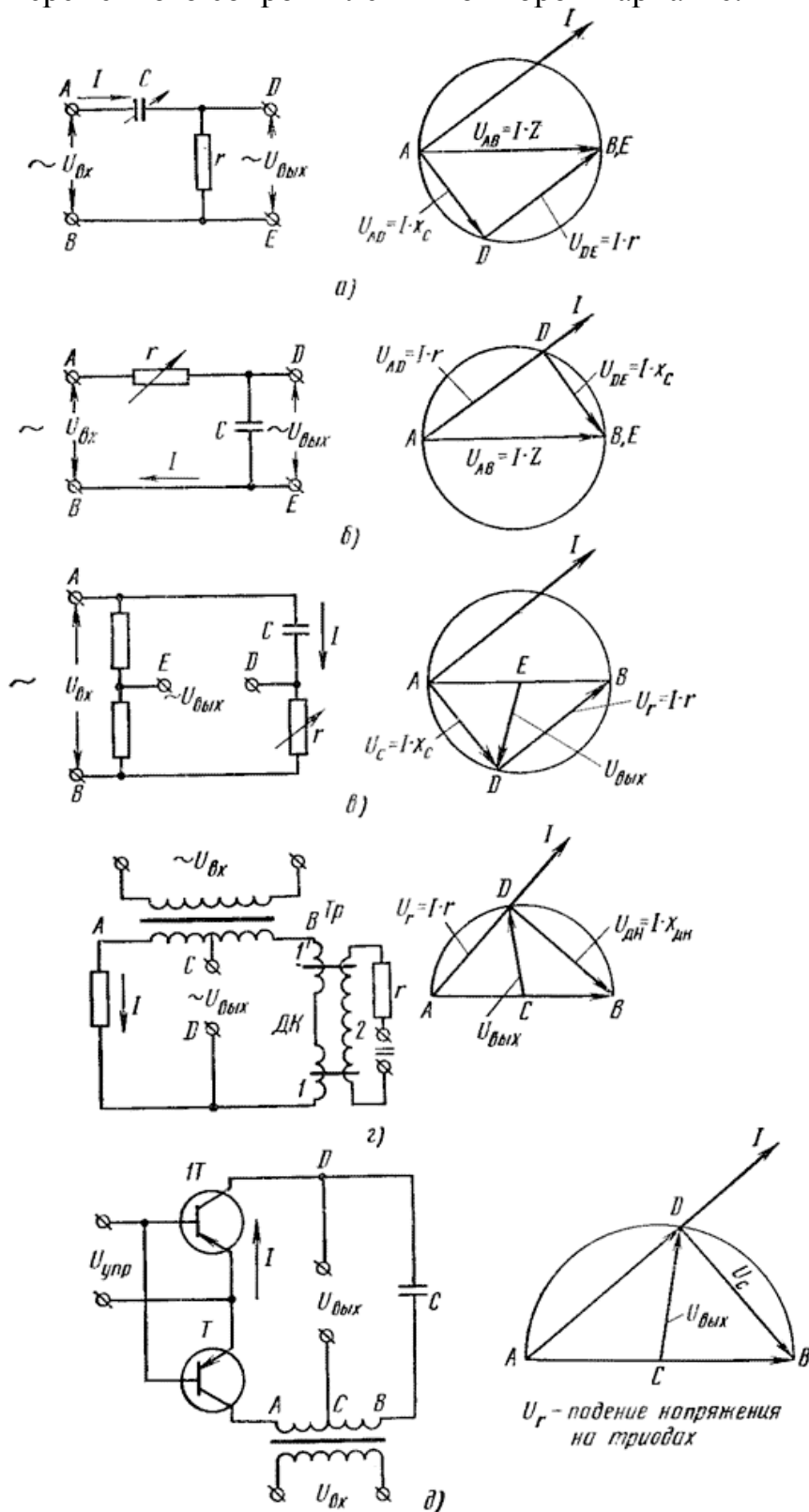


Рис. 64. Фазосдвигающие устройства:
 а — с конденсатором переменной емкости, б — с резистором переменного сопротивления, в — мостовой схемой с резистором переменного сопротивления, г — с дифференциальным трансформатором, д — с полупроводниковыми триодами

Очевидно, изменение параметров электрической цепи (емкости конденсатора в первом случае и сопротивления резистора во втором) приводит к изменению фазового угла между подводимым напряжением $U_{кк} = I \cdot Z$ (см. векторные диаграммы) и током в соответствующей цепи. Это, в свою

очередь, вызовет изменение фазового угла выходного напряжения $U_{B\text{вк}} = U_{\text{де}}$. Применение мостовой схемы (рис. 64, в) позволяет расширить пределы изменения фазового угла между входным и выходным напряжениями. На рис. 64, г приведена схема фазосдвигающего устройства с дифференциальным трансформатором и дросселем насыщения. При изменении силы тока в обмотке управления 2 дросселя насыщения ДН изменяются индуктивность и сопротивление переменному току рабочей обмотки 1, что приводит к изменению фазового угла между напряжениями $U_{B\text{вк}} = U_{\text{сд}}$ и входным напряжением $U_{\text{вх}}$. На рис. 64, д показана схема фазосдвигающего устройства, в котором в качестве регулирующего элемента применены полупроводниковые триоды. При изменении управляющего напряжения $f/u_{\text{уп}}$ фазовый угол между выходным напряжением $u_{\text{вы}} = U_{\text{сд}}$ и входным напряжением $u_{\text{вх}}$ будет изменяться.

Схемы сравнения служат для реализации сравнения двух электрических величин (установления равенства или неравенства контролируемых величин между собой или другими величинами, являющимися эталонными). Операции сравнения особенно часто реализуются в измерительных органах и цепях, как схемными, так и конструктивными решениями (например, в электромеханических и магнитных элементах). В электромеханических приборах (измерительных, реле, регуляторах) сравниваются механические усилия, создаваемые в измерительном механизме, с механическим усилием противодействующей пружины. Внедрение электронных и полупроводниковых приборов привело к созданию схемных решений для осуществления операции сравнения, получивших название схем сравнения.

В простейшей схеме сравнения (рис. 65, а) равенство между контролируемым напряжением U_x и опорным (эталонным) напряжением U_s устанавливается по отсутствию тока в цепи между источниками контролируемого и опорного напряжений, включенными навстречу один другому с помощью гальванометра. Схема (рис. 65, б) более совершенна, так как позволяет измерить контролируемое напряжение f/x . Для этого движок 2 делителя напряжения 1 устанавливают в такое положение, чтобы ток по измерительной цепи, в которую включен гальванометр 3, не протекал. При этом значение контролируемого напряжения определяется делением шкалы 5, против которого устанавливается указатель 4, связанный с движком делителя напряжения. Если вместо делителя напряжения применить шунт, включенный последовательно в контролируемую цепь, то схема может быть использована для измерения силы тока в этой цепи.

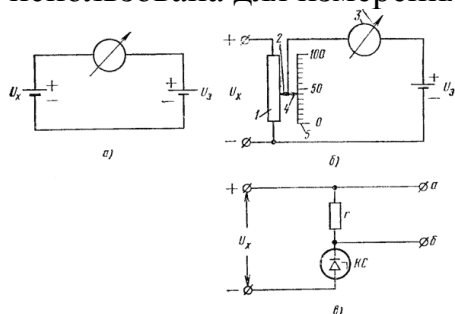


Рис. 65. Схемы сравнения двух контролируемых величин: а — простейшая, б — с делителем напряжения, в — со стабилитроном; 1 — делитель напряжения, 2 — движок, 3 — гальванометр, 4 — указатель, 5 —

шкала

Несложная схема сравнения с кремниевым стабилитроном в качестве опорного элемента приведена на рис. 65, в. Когда контролируемое напряжение превысит напряжение пробоя стабилитрона, на выходе схемы сравнения (зажимы а и б) появится сигнал (падение напряжения на сопротивлении от тока, протекающего по цепи: плюс контролируемого напряжения, резистор г, стабилитрон КС, минус контролируемого напряжения). Этот сигнал может свидетельствовать либо о том, что контролируемое напряжение больше заданного, либо (если напряжение U_x снимается с шунта, а также с трансформатора тока после выпрямления) о том, что сила тока в контролируемой цепи превысила заданное значение. Следовательно, эта схема может быть использована в устройствах защиты электрических установок от повышения напряжения или сверхтоков, а также в регуляторах напряжения и тока.

В устройствах релейной защиты применяют схему сравнения двух выпрямленных напряжений (рис. 66) U_i и U_n , которые представляют собой модули (абсолютные значения) контролируемых напряжений U_1 и U_2 (%). В зависимости от формирования напряжений их и U_2 (они могут быть получены и от токовых цепей напряжения и одновременно от тех и других) создают схемы реле мощности (реагирующие на изменение мощности в контролируемой электрической цепи), реле сопротивления (реагирующие на изменение электрического сопротивления) и др.

Логические элементы широко используют в различных вторичных устройствах и цепях (особенно в оперативных) для осуществления логических операций И, ИЛИ, НЕ, их комбинаций и др. Элемент И характеризуется тем, что сигнал на его выходе появляется только в том случае, если поданы сигналы ко всем входам (например, при трех входах: и к первому, и ко второму, и к третьему входам). Элемент ИЛИ дает сигнал на выходе при подаче одного или нескольких сигналов в любой комбинации на входы (например, при двух входах: или на первый, или на второй, или на первый и второй входы). Элемент НЕ формирует выходной сигнал только при отсутствии входного сигнала. Это логические элементы строят преимущественно на основе схемных решений, причем схему, реализующую операцию И, часто называют схемой совпадения, операцию ИЛИ — схемой разделения, или собирательной схемой, операцию НЕ — схемой отрицания, запрета, или инверсии.

На рис. 67 приведены схемы логических элементов, выполненных на электромеханических реле. Операция И реализуется при срабатывании всех реле (П1, П2 и П3), когда будут поданы сигналы на все три входа (V_{x1} , V_{x2} и V_{x3}). После чего через последовательно соединенные контакты этих реле пройдет сигнал на выход (рис. 67, а). Операция ИЛИ реализуется в схеме (рис. 67, б), поскольку при срабатывании любого из реле (П1, П2, П3) или нескольких реле в любой комбинации на выходе появится сигнал. Операция НЕ реализуется при помощи одного реле с размыкающим контактом (рис. 67, в). Только при отсутствии сигнала на входе, когда реле обесточено, на выход проходит сигнал через его замкнутый в этом положении контакт.

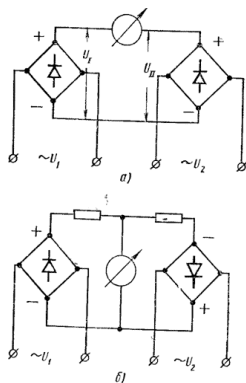


Рис. 66. Схемы сравнения двух переменных напряжений (токов): а — по принципу баланса напряжений, б — по принципу баланса токов

На рис. 68 показаны логические элементы на полупроводниковых триодах, работающих в ключевом режиме. В схеме (рис. 68, а) реализуется логическая операция И, поскольку только при подаче сигналов на оба входа (к базам) триодов 1Т и 2Т на выходе появится сигнал (падение напряжения на резисторе г). В схеме (рис. 68, б) реализуется логическая операция ИЛИ, поскольку при подаче сигнала к входу триода 1Т, или к входу триода 2Т, или к входам обоих триодов проходит сигнал на выход (падение напряжения на резисторе г), и, наконец, в схеме (рис. 68, в) реализуется логическая операция НЕ, так как только при отсутствии

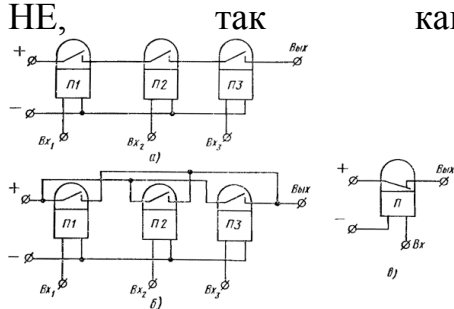


Рис. 67. Логические элементы на электромагнитных реле: а — элемент И, б — элемент ИЛИ, в — элемент НЕ

сигнала на входе триода Т на выходе будет сигнал (плюс от источника тока), а при подаче сигнала на вход триод переходит в режим насыщения (отпирается) и закорачивает зажимы Вых и «—», следовательно, сигнал на выход не проходит.

На рис. 69 показаны логические элементы, выполненные на диодах. В схеме (рис. 69, а) реализуется логическая операция ИЛИ. При подаче сигнала на любой из входов (Вх₁, Вх₂, Вх₃) или на несколько входов в любой комбинации появляется сигнал на выходе (падение напряжения на резисторе г).

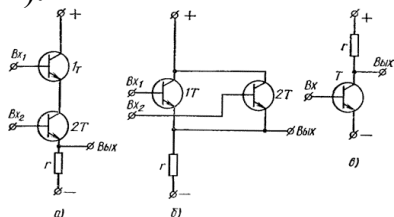


Рис. 68. Логические элементы на полупроводниковых триодах: а — элемент И, б — элемент ИЛИ, в — элемент НЕ

(рис. 69, б) реализуется логическая операция И. Очевидно, только при подаче сигналов на все три входа (Вх₁, Вх₂, Вх₃), запирающих диоды Д₁, Д₂ и Д₃, возможно прохождение сигнала («+» источника тока) на выход. При отсутствии сигнала хотя бы на одном из входов (например, Вх₁) сигнал на выход не проходит, так как диод Д₁ открыт и по цепи: «+» источника тока,

резистор r , диод $D1$, резистор $r1$ и «—» источника тока будет протекать ток, а почти все напряжение будет теряться в резисторе r , выбираемом значительно большим по сравнению с резисторами $r1$, $r2$ и $r3$. Логический элемент НЕ на диодах обычно не применяется.

Что представляет собой вторичная цепь и какие элементы в нее входят?

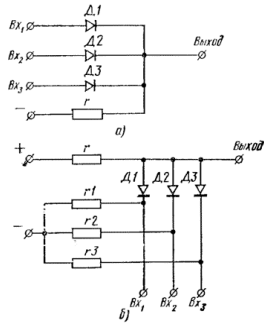


Рис. 69. Логические элементы на полупроводниковых диодах: а — элемент ИЛИ, б — элемент И

Самостійна робота № 30

Тема: Трансформатори струму і напруги

Мета:

2. Ознайомлення з трансформаторами струму і напруги

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Схеми з'єднань трансформаторів струму і напруги

Практичне завдання:

2. Навести приклади схем

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981.

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

3 Правила улаштування електротроустановок

Питання для самоконтролю:

- 1 Де застосовують вимірювальні трансформатори струму і напруги?
3. Чим визначаються навантаження трансформатора струму?
4. Чим визначаються номінальна і максимальна потужності трансформатора напруги?

2. Види трансформаторів

2.1 Силовий трансформатор

Силовий трансформатор - трансформатор, який призначений для перетворення електричної енергії в електричних [мережах](#) та в установках, призначених для [прийому](#) і використання електричної енергії.

2.2 Автотрансформатор

Автотрансформатор - варіант трансформатора, в якому первинна і вторинна обмотки сполучені безпосередньо, і мають за рахунок цього не тільки електромагнітний зв'язок, а й електричну. Обмотка автотрансформатора має кілька висновків (як мінімум 3), підключаючись до яких, можна отримувати різні напруги. Перевагою автотрансформатора є більш високий ККД, оскільки лише частина потужності піддається перетворенню - це особливо суттєво, коли вхідний і вихідний напруги відрізняються незначно. Недоліком є відсутність електричної ізоляції (гальванічної розв'язки) між первинною і вторинною ланцюгом. У промислових мережах, де наявність заземлення нульового проводу обов'язково, цей чинник ролі не грає. Натомість істотною є менша витрата стали для сердечника, міді для обмоток, меншу вагу і габарити, і в результаті - менша вартість. Особливо ефективний автотрансформатор у випадках, коли необхідно отримати вторинна напруга, не сильно відрізняється від первинного.

2.3 Трансформатор струму

Трансформатор струму - трансформатор, який живиться від джерела струму. Типове застосування - для зниження первинного струму до величини, яка використовується в ланцюгах вимірювання, захисту, [управління](#) і сигналізації. Номінальне значення струму вторинної обмотки 1А, 5А. Первинна обмотка трансформатора струму включається в ланцюг з вимірюваним змінним струмом, а у вторинну включаються вимірювальні прилади. Струм, що протікає по вторинній обмотці трансформатора струму, дорівнює струму первинної обмотки, поділене на коефіцієнт трансформації.

2.4 Трансформатор напруги

Трансформатор напруги - трансформатор, який живиться від джерела напруги. Типове застосування - перетворення високої напруги в низьке в ланцюгах, у вимірювальних ланцюгах і ланцюгах РЗіА. Застосування трансформатора напруги дозволяє ізолювати логічні ланцюги захисту і ланцюга вимірювання від ланцюга високої напруги.

2.5 Імпульсний трансформатор

Імпульсний трансформатор - трансформатор, який призначений для перетворення імпульсних [сигналів](#) з тривалістю імпульсу до десятків

мікросекунд з мінімальним спотворенням форми імпульсу. Основне застосування полягає в передачі прямокутного електричного імпульсу (максимально крутий фронт і зріз, відносно постійна амплітуда). Він служить для трансформації короточасних відеоімпульсів напруги, зазвичай періодично повторюються з високою шпаруватістю. У більшості випадків основна вимога, що пред'являється до ІТ полягає в неспотвореній передачі форми трансформованих імпульсів напруги; при дії на вхід ІТ напруги тієї або іншої форми на виході бажано отримати імпульс напруги тієї ж самої форми, але, можливо, іншої амплітуди або іншої полярності.

2.6 Розділовий трансформатор

Розділовий трансформатор - трансформатор, первинна обмотка якого електрично не пов'язана з вторинними обмотками. Силові розділові трансформатори призначені для підвищення безпеки електромереж, при випадкових одночасних торкань до землі і струмоведучих частин або неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції. Сигнальні розділові трансформатори забезпечують гальванічну розв'язку електричних ланцюгів.

2.7 Пік-трансформатор

Пік-трансформатор - трансформатор, що перетворює напругу синусоїдальної форми в імпульсна напруга з мінливих через кожні полперіода полярністю.

У практичною конструкції трансформатора виробник вибирає між двома різними базовими концепціями.

Будь-яка з цих концепцій не впливає на експлуатаційні характеристики або експлуатаційну надійність трансформатора, але є істотні відмінності у процесі їх виготовлення. Кожен виробник обирає концепцію, яку він вважає найбільш зручною з точки зору виготовлення, і прагне до застосування цієї концепції на всьому обсязі виробництва.

У той час як обмотки стрижневого типу містять в собі сердечник, сердечник броньового типу містить в собі обмотки. Якщо дивитися на активний компонент (тобто, сердечник з обмотками) стрижневого типу, обмотки добре видно, але вони приховують за собою стрижні магнітної системи сердечника. Видно тільки верхнє і нижнє ярмо сердечника. У конструкції броньового типу сердечник приховує в собі основну частину обмоток.

Ще одна відмінність полягає в тому, що вісь обмоток стрижневого типу, як правило, має вертикальне положення, в той час як у броньової конструкції вона може бути горизонтальної чи вертикальної.

Самостійна робота № 31

Тема: Випробування вентильних розрядників

Мета:

3. Ознайомлення з випробуванням вентильних розрядників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Механічні випробування розрядників.
2. Основні дефекти.

3 Правила випробування вентиляльних розрядників

Практичне завдання:

5. Розглянути загальний вигляд установки для механічних випробувань вентиляльних розрядників РВС-110, РВС-150 і РВС-220.

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.242-245.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

Дати визначення видів електроустановок, які розрізняються за призначенням, напругою і родом струму.

Які електричні мережі називають магістральними, радіальними і замкнутими ?

Для чого служать розподільні пристрої та яке основне обладнання входить до складу розподільних пристроїв на напругу вище 1000 В?

Як влаштований і працює масляний вимикач ВМП - 10?

Для чого служать роз'єднувачі, за якими ознаками їх класифікують ?

Для чого служать реактори і чим різняться реактори РБА і РБАС ?

Для чого служать запобіжники, як влаштований і працює запобіжник ПНР - 35 ?

Яке призначення розрядників, як влаштований і працює вентиляльний розрядник ?

Де застосовують вимірювальні трансформатори струму і напруги, чим визначаються навантаження трансформатора струму, номінальна і максимальна потужності трансформатора напруги?

Призначення вторинних пристроїв , які апарати та прилади входять до їх складу?

Яке пристрій універсального перемикача УП5300, для чого застосовують його у вторинних пристроях?

Чим відрізняються вимірювальні та логічні реле?

Як влаштовано і працює комбіноване реле РТ- 80?

Наведіть приклади схемних рішень і відповідних конструктивних рішень, які можуть бути замінені названими схемними рішеннями.

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 регульовальної 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 вентиляний магнітний грозовий для захисту обмоток трансформаторів 110 , 220 , 330 , 500 і 750 кВ;

РВМК - розрядник вентиляний 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.

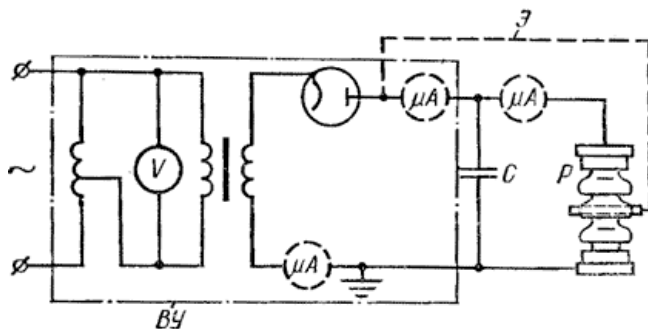


Рис . 1 . Вимірювання струму провідності розрядника : ву - випрямна установка, с – конденсатор, Р - розрядник, Э - екрануючий провідник

Слід мати на увазі, що вентиляні 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.

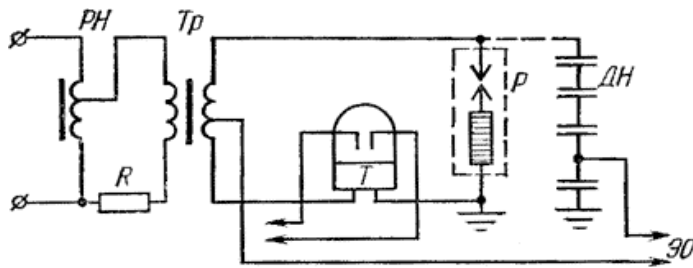


Рис. 2. Схема вимірювання пробивної напруги вентиляного розрядника:
 РН - регулятор напруги, R - обмежувач опір, Тр - випробувальний трансформатор, Т - реле максимального струму, Р – розрядник, ДН - ємнісний дільник напруги

Розрядники служать для захисту електроустановок від перенапруг . Широке поширення отримали трубчасті і вентиляні розрядники.

Вентильні розрядники (рис.4) відрізняються тим, що захисна дія заснована на властивості деяких матеріалів змінювати свій опір при зміні прикладеної до них напруги. Основними елементами вентиляного розрядника є система послідовно включених іскрових проміжків 2 (рис.4, а) і нелінійний опір 4. Для вирівнюван-ня напруги на іскрових проміжках 2 вони шунтовані високоомними опорами 3. Для запобігання елементів розрядника від тривалого впливу робочої напруги служить зовнішній іскровий проміжок 1 . При виникненні перенапруги на захищається лінії пробиваються проміжки 1 і 2 під дією прикладеного до нелінійного опору 4 напруги, після пробою іскрових проміжків воно зменшується , причому , чим більше прикладена напруга , тим менше опір (крива I рис.4,6) і тим більше що протікає через нього струм (крива II). Після відводу хвилі перенапруги в землю напруга на нелінійному опорі знизиться до робочої напруги захищається лінії , що протікає через нього струм значно зменшиться , дуга в іскрових проміжках згасне і розрядник буде знову готовий до дії.

Промисловість випускає вентиляні розрядники РВС (розрядник вентиляний мережевий) , описані вище , на напругу від 3 до 220 кВ і РВП (розрядник вентиляний підстанційний) спрощеної конструкції на напругу 3-10 кВ.

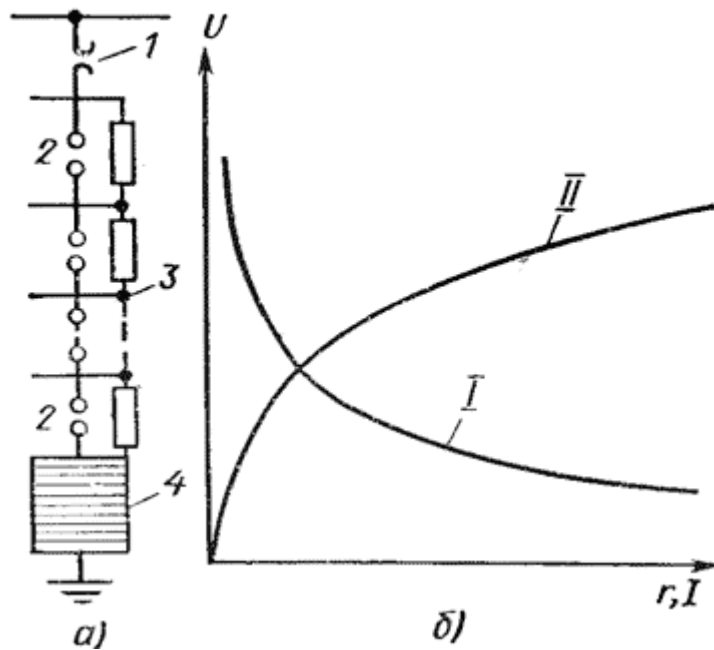


Рис . 4. Вентильний розрядник : а - пристрій, б - характеристика; 1 і 2 - іскрові проміжки, 3 і 4 - опору

Механические испытания разрядников

Механические испытания разрядников проводятся на испытательной установке, состоящей из опорной конструкции и устройства для передачи динамического воздействия груза на разрядник. Опорная конструкция (рис. 50) представляет собой тренажник, собираемый из шести труб размером 1Х: Х 50Х3,5 (ГОСТ 8734-58), по две в каждой

ноге, соединяемых с помощью патрубков 2 размером 50x3,5 (ГОСТ 8734-58) и двух треугольных рам 3, собираемых из труб тех же размеров, что и трубы ног треножника. Ноги треножника опираются на плиты 4 размером 250X000X40.

Устройство для передачи динамического воздействия на разрядник состоит из расцепляющего устройства 5, блока 6, троса 7 с грузом 8 и веревки (на рисунке не показана). На крышке испытуемого разрядника закрепляется замок расцепляющего устройства. На одном конце троса 7 закрепляется серьга, которая вставляется в замок расцепляющего устройства. Трос перебрасывается через блок, и к свободному концу троса подвешивается груз 60 кг. Длина троса выбирается такой, чтобы расстояние груза от земли h было меньше длины троса между блоком и серьгой расцепляющего устройства I.

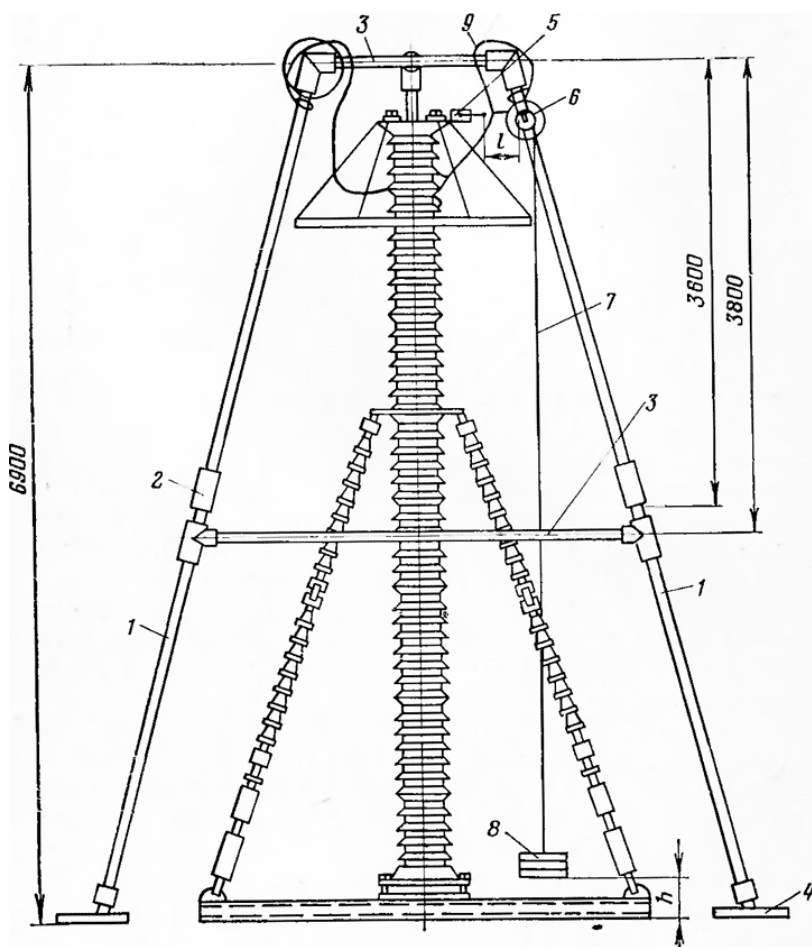


Рис. 50. Загальний вигляд установки для механічних випробувань вентильних розрядників РВС-110, РВС-150 і РВС-220.

Горизонтальная механическая нагрузка может иметь любое удобное направление. Испытание состоит в том, что при повороте серьги с помощью веревки она выходит из зацепления с замком, груз массой 60 кг сбрасывается и вызывает колебания всей конструкции, при которых трещины в фарфоре должны привести к излому. Каждая фаза разрядника испытывается трехкратным сбрасыванием нагрузки. Для предотвращения падения верхней части разрядника при разрушении служит канат 9. Механические испытания разрядников должны проводиться осторожно и внимательно. Если в результате испытания обнаружатся старые (пожелтевшие) трещины в разрушенной фарфоровой крышке, это значит, что выявлен дефектный элемент у разрядника, а если будет свежий излом

фарфора, значит разрядник поврежден испытательной нагрузкой. Только опыт применения этого метода испытаний разрядников покажет, полезен он или вреден.

Однако более целесообразно не выявлять уже образовавшиеся трещины в фарфоровых крышках разрядников, а предупреждать возникновение подобных трещин посредством тщательного предохранения армировочного шва от проникновения в него влаги. Опыт эксплуатации показывает, что вентильные разрядники могут иметь также повреждения, которые невозможно выявить наружными осмотрами разрядников. Такие повреждения, -как правило, имеют место внутри разрядника при нарушении герметизации разрядников и проникновении влаги во внутреннюю полость.

Основные дефекты разрядников.

При увлажнении у искровых промежутков снижается разрядное напряжение вследствие закорачивания их каплями воды или продуктами коррозии электродов. Частичное увлажнение шунтирующих резисторов приводит к неравномерному распределению напряжения по искровым промежуткам, снижению пробивного напряжения и дугогасящих свойств разрядника. Разрядники с пониженным пробивным напряжением срабатывают при внутренних перенапряжениях, на которые они не рассчитаны, и разрушаются.

В эксплуатации может изменяться величина пробивного напряжения разрядника из-за ожогов электродов единичных искровых промежутков при срабатывании разрядника, а также за счет снижения давления внутри разрядника.

У дисков нелинейных последовательных резисторов при увлажнении значительно изменяются характеристики: повышается коэффициент вентильности и уменьшается их пропускная способность. При увлажнении у дисков разрушается шоопировка, а в некоторых случаях увлажнение приводит к перекрытию дисков по боковой поверхности. Встречаются также разрывы цепи в шунтирующих резисторах и между последовательным резистором и герметизирующей латунной прокладкой. В первом случае ломаются шунтирующие резисторы или заклепки, а во втором оползает резиновая прокладка и диски последовательных резисторов, упираясь в нее, не касаются латунной прокладки и разрывают цепь. Такие повреждения появляются в результате некачественной сборки разрядников или при неправильной их транспортировке. Все перечисленные повреждения вызывают изменение электрических характеристик разрядника; следовательно для выявления таких повреждений достаточно проверить характеристики разрядника, по которым можно судить о его состоянии.

Методы профилактических испытаний

Основными методами профилактических испытаний разрядников являются измерение сопротивления разрядников мегомметром типа МС-06 с напряжением 2500 В, измерение токов проводимости и утечки при повышенном выпрямленном напряжении, измерение пробивного напряжения при промышленной частоте, проверка герметичности разрядника и проверка запасов пропускной способности дисков нелинейного последовательного резистора.

Все вентильные разрядники после монтажа перед включением их в сеть подвергаются профилактическим испытаниям. В эксплуатации все вентильные разрядники подвергаются профилактическим испытаниям 1 раз в 3 года. Профилактические испытания вентильных разрядников следует проводить одновременно с капитальным или текущим ремонтом оборудования электростанций и подстанций. Все вентильные разрядники перед монтажом, после монтажа, периодически в эксплуатации и перед включением в сеть после длительного отключения проверяются мегомметром. У разрядников, имеющих шунтирующие резисторы искровых промежутков (разрядники серий РВС, РВВМ, РВМГ, РВМ К, РВМ, РВТ и РВРД), измеряются токи проводимости при выпрямленном напряжении, а у разрядников, не имеющих шунтирующих резисторов (разрядники серий РВП и РВО), измеряются токи утечки. Измерения токов проводимости и утечки следует производить после монтажа разрядников и периодически в эксплуатации 1 раз в 3 года. Кроме того, внеочередные измерения токов проводимости или утечки нужно проводить в тех случаях, когда измерениями мегомметром установлено изменение сопротивления разрядника на 30—50%, обнаружено повреждение уплотнений, а также после четырех-пяти срабатываний разрядника. У разрядников серий РВЛ и РВО, не имеющих шунтирующих резисторов, пробивные напряжения при промышленной частоте измеряются 1 раз в 3 года. У других разрядников пробивные напряжения проверяются в заводских условиях или по заводским инструкциям. Проверка пробивных напряжений требует значительного повышения напряжения, подаваемого на разрядник, что может привести к перегреву шунтирующих резисторов. Запасы пропускной способности последовательных резисторов проверяются у разрядников серии РВМК посредством вскрытия имитатора. Если обнаружится пробой одного из трех параллельных дисков имитатора, это означает, что пропускная способность разрядника исчерпана и рабочие элементы его подлежат замене. Первый раз имитатор вскрывается после 20 срабатываний разрядника, далее — после каждых 10 срабатываний до пробоя одного из двух параллельных дисков имитатора. При обнаружении пробоя одного из двух параллельных дисков имитатор вскрывается через каждые 5 срабатываний. Герметичность разрядника проверяется только в тех случаях, когда имеется подозрение, что разрядник потерял ее (имеются сдвиг резиновых прокладок, трещины в цементных швах и т. п.). Герметичность разрядника может быть проверена созданием вакуума внутри разрядника с разрежением воздуха не менее чем до 400 мм рт. ст. Если показания вакуумметра, подсоединенного к внутренней полости разрядника, в течение часа изменятся не более чем на 0,5 мм рт. ст., то разрядник считается герметичным. Профилактические испытания вентильных разрядников должны проводиться при температуре не ниже +5°C. Проведенные испытания при отрицательной температуре следует повторить с наступлением теплого времени года. При испытаниях вентильных разрядников должны строго соблюдаться все требования, изложенные в правилах техники безопасности при эксплуатации электростанций и подстанций, городских электросетей и линий

электропередачи.

У разрядников, составленных из нескольких элементов, профилактические испытания проводятся поэлементно с выводом их из работы. Испытания разрядников без отключения от рабочего напряжения являются более грубыми и не всегда могут выявить дефект. Перед намерениями сопротивления разрядников мегомметром поверхность фарфоровой крышки протирается чистой тряпкой, смоченной бензином, спиртом или другим растворителем. Для повышения точности измерения на поверхность фарфоровой крышки через одно ребро, считая от заземленного полюса, накладывается экран, который третьим проводом соединяется с клеммой «Э» мегомметра.

Таблица 18

Разрядник или элемент	Сопротивление, МОм	
	наименьшее	наибольшее
Стандартный элемент разрядника РВМК:		
основной	150	500
искровой	300	1400
вентильный	5.10-8	35-10-8
Разрядники вентильные с магнитным гашением:		
РВМ-3	15	40
РВМ-6	100	250
РВМ-10	170	450
РВМ-15	600	1200
РВМ-20	1000	2000
РВМ-35	600	1200
Стандартный элемент разрядников РВМГ	400	1300
Стандартный элемент РВРД для разрядников 110, 220, 330 и 500 кВ	6000	8000

Норм для отбраковки разрядников по величине сопротивления не существует, но для ориентировки следует иметь в виду, что разрядники серии РВП, находящиеся в хорошем состоянии, имеют сопротивление в несколько тысяч мегом, а у разрядников серии РВС оно колеблется от нескольких сотен до нескольких тысяч мегом (табл. 14). Значения сопротивления у разрядников других серий приведены в табл. 18. Эти величины, однако, не могут служить критерием для отбраковки

разрядников.

Для оценки состояния разрядников следует производить сравнение полученных результатов настоящих и предыдущих измерений одного и того же элемента и с данными протокола заводских испытаний. Кроме того, нужно сопоставлять сопротивления элементов одной и той же фазы разрядника, а также сравнивать их с сопротивлениями элементов других фаз этого же комплекта.

При проверке разрядников мегомметром должны испытываться их изолирующие основания и растяжки.

Величина сопротивления, измеряемая мегомметром, у разрядников с шунтирующими резисторами определяется конструкцией последних. Кроме того, вследствие нелинейности шунтирующих резисторов она зависит от напряжения мегомметра. Поэтому такие измерения следует производить мегомметром с одними и теми же пределами напряжений.

Измерения токов проводимости и утечки разрядников производятся на выпрямленном напряжении по схеме на рис. 51,а. В этой схеме источником напряжения служит испытательный трансформатор ИТ с выпрямителем В. Напряжение регулируется регулятором напряжения РН. При пробое или перекрытии испытуемого разрядника ИР испытательный трансформатор окажется замкнутым накоротко, что может привести к повреждению его обмоток. Для предупреждения такого повреждения в испытательную схему включается защитный резистор. Токи проводимости или утечки измеряются магнитоэлектрическим микроамперметром 1, который включается в цепь заземления испытуемого разрядника ИР.

Сглаживающая емкость С служит для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения. Если сглаживающая емкость отсутствует, то выпрямленное напряжение будет иметь форму, показанную на рис. 51,б. При этом измерение тока проводимости магнитоэлектрическим микроамперметром приведет к большой погрешности, значение которой зависит от степени нелинейности проверяемого сопротивления. Наличие сглаживающей емкости уменьшает пульсации выпрямленного напряжения (рис. 51,в), а следовательно, и уменьшает погрешность измерения тока.

Емкости, обеспечивающие в схеме на рис. 51,а уменьшение пульсации напряжения до 3% амплитуды переменного напряжения, приведены в табл. 19. В качестве сглаживающих емкостей могут применяться любые конденсаторы, в том числе и косинусные.

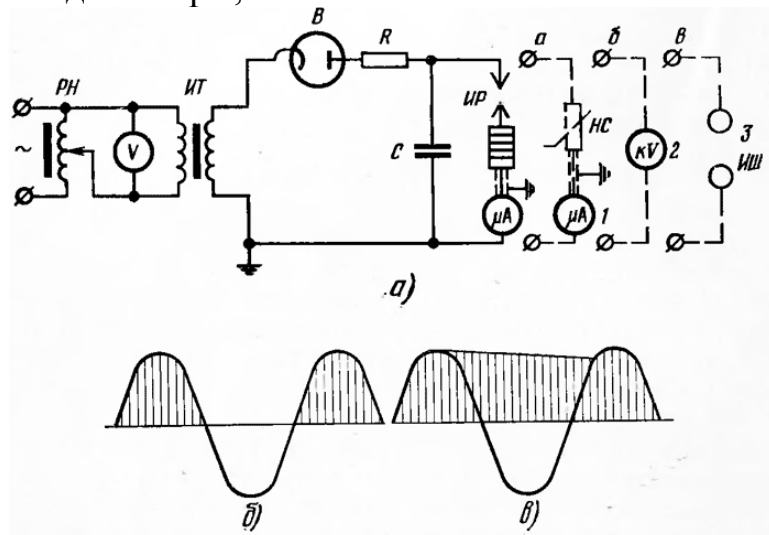


Рис. 51. Измерения токов проводимости вентильных разрядников на высоком

напряжении.

а — измерительная схема: б, в — форма выпрямленного напряжения без сглаживающей емкости в схеме и при наличии сглаживающей емкости (выпрямленное напряжение выделено штриховкой).

Таблица 19

Разрядник	Номинальное напряжение, кВ	Наименьшее рекомендуемое значение емкости, мкФ
РВП	3—10	0,01
РВВМ	3—10	0,2
РВС	15—20	0,05
РВС	33—35	0,03
РВМК	330-500	0,2
РВМГ	110-500	0,2
РВМ	3—35	0,2
РВТ	3—500	0,2
РВРД	3—500	0,2

Так как шунтирующие резисторы разрядников имеют нелинейную вольт-амперную характеристику, ошибки в измерениях напряжения сильно сказываются на величине измеряемого тока. Поэтому необходимо обращать особое внимание на точность измерения испытательного напряжения. Измерение испытательного напряжения вольтметром V , включенным в первичную цепь испытательной схемы, с пересчетом по коэффициенту трансформации дает значительную погрешность, потому что при этом не учитываются падения напряжения во вторичной цепи. Если величина испытательного напряжения устанавливается по вольтметру, включенному в первичной цепи испытательного трансформатора, то градуировку этого вольтметра следует выполнять при напряжении, близком к испытательному. При сильно пульсирующем напряжении градуировка схемы измерительными шарами дает существенное уменьшение измеренного значения тока проводимости по сравнению с измерением при постоянном напряжении. При наличии сглаживающих емкостей в измерительной схеме на рис. 51,а напряжения могут измеряться как измерительными шарами 5, так и киловольтметром 2.

При сильно пульсирующем напряжении (отсутствие конденсаторов C в схеме на рис. 51,а) состояние разрядника может быть оценено по току, проходящему через специальный нелинейный резистор, идентичный с шунтирующим резистором испытуемого разрядника. При этом через микроамперметр, включенный последовательно со специальным измерительным резистором, должен проходить ток, равный току, проходящему через испытуемый разрядник. Если разрядник дефектный, то токи будут иметь разные значения. Измерительные комплекты резисторов выпускаются заводами. К каждому измерительному резистору прилагается вольт-амперная характеристика. Величина нормированного испытательного напряжения на разряднике может быть определена по вольт-амперной характеристике разрядника. Допустимые предельные значения токов проводимости для различных типов

При измерении токов проводимости поверхность фарфоровых покрышек должна быть чистой и сухой. Перед измерениями фарфор следует протереть тряпкой, смоченной в бензине, ацетоне или спирте.

Если измерения производятся при температуре, значительно отличающейся от 20°C, то в результаты измерений нужно вносить поправку: при температуре выше 20°C результаты измерений уменьшать на 0,3% на каждый градус повышения температуры, три температуре ниже 20°C — увеличивать в такой же пропорции.

Таблица 20

Разрядник или его элемент	Испытательное выпрямленное напряжение, кВ	Тгк проводимости, мкА, при температуре 20°C		Ток утечки, мкА (верхний предел)
		нижний предел	верхний предел	
РВП-3	4			10
РВП-6	6			10
РВП-10	10			10
РВВМ-3	4	500	620	
РВВМ-6	6	500	620	—
РВВМ-10	10	500	620	
РВС-15	16	500	620	—
РВС-20	20	500	620	
РВС-30	24	500	620	
РВС-33	32	500	620	
РВС-35	32	500	620	
Элемент разрядника РВМК:				
основной	18*	900	1300	
искровой	28	900	1300	
РВМ-3	4	380	430	
РВМ-6	6	150	200	
РВМ-10	10	200	250	
Элемент разрядника РВМГ	30	1100	1250	
на 11 С— 500 кВ:				
РВТ-3	6	500	650	
РВТ-6	12	500	650	
РВТ-10	20	500	650	
Элемент разрядника РВТ на 110-				

500 кВ				
Элемент разрядников РВД на 110—500 кВ	86	560	640	

При увеличении токов утечки у разрядников серии РВП до 15% разрядники могут оставаться в эксплуатации до конца грозового сезона, после чего они испытываются повторно. Если повторные испытания подтвердят дефектность разрядника, то он должен подвергаться дальнейшим испытаниям и ревизии со вскрытием. Увеличение токов проводимости весьма часто является следствием потери разрядником герметизации и попадания внутрь него влаги. Уменьшение токов проводимости в несколько раз свидетельствует об обрыве в цепи шунтирующих резисторов. Измерение пробивных напряжений три промышленной частоте у разрядников серии РВП, не имеющих шунтирующих резисторов, производится по схеме на рис. 52,а. Источником напряжения служит испытательный трансформатор ИТ. Напряжение при испытании плавно поднимается при помощи регулятора РН.

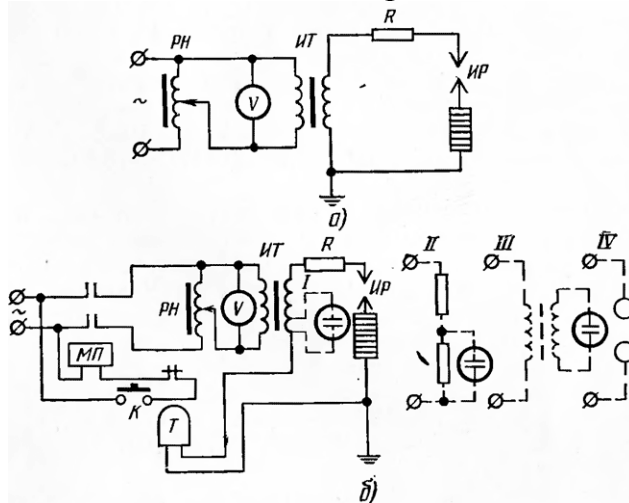


Рис. 52. Схема вимірювання пробивної напруги вентильних розрядників при промисловій частоті.

а - без шунтуючих резисторів; б - з шунтуючими резисторами. Для того щоб не допустити опалення електродів одиничних іскрових проміжків розрядника ІР і не перевантажувати випробувальний трансформатор, послідовно з випробуванним розрядником включається обмежувач резистор R. Опір обмежувача резистора вибирається з розрахунку, щоб струм, що проходить через розрядник після пробію іскрових проміжків, не перевищував 0,1 А та обривався не більше, ніж через 0,5 с. Контроль напруги на високій стороні проводиться за допомогою вимірювальних куль або електростатичного кіловольтметра.

На додаток до описаних вище методів профілактичних випробувань розрядників, що мають шунтуючі резистори іскрових проміжків, в даний час визнається доцільним проводити вимірювання пробивних напруг при промисловій частоті. Однак подібні вимірювання створюють небезпеку для шунтуючих резисторів іскрових проміжків, які при випробуваннях можуть перегрітися і зруйнуватися. Для того щоб не пошкодити шунтуючі резистори при вимірюванні

пробивних напруг, необхідно взяти заходів обережності: Час підйому напруги на розряднику до пробивної має бути не менше 0,1 с і не повинно перевищувати при випробуваннях розрядників серій РВС і РВВМ 0,3 с, а розрядників серій РВМГ, РВМК, РВМ і РВРД 0,5 с. Повторного випробування розрядник може бути підданий не раніше, ніж через 10 с, і не більше 1 хв. Після пробою іскрових проміжків через розрядник не повинен проходити струм більше 0,5 с. Значення цього струму не повинна перевищувати 0,7 А (обмеження струму проводиться захисним резистором). Потужність випробувального трансформатора і регулюючого пристрою приймається для випробування розрядників серій РВС і РВВМ не менше 5 кВ-А, а для випробування розрядників серій РВМГ, РВМК, РВМ і РВРД не менше 25 кВ-А.

Електрична схема установки для вимірювання пробивних напруг розрядників з шунтуючими резисторами представлена на рис. 52,6. Значення пробивних напруг розрядників, що знаходяться в експлуатації, при промисловій частоті повинні лежати в межах, зазначених у табл. 21. При випуску з заводу розрядники мають пробивні напруги вище нижньої межі, зазначеного в табл. 21, на 10% і нижче верхньої межі на 5%. Якщо профілактичними випробуваннями або зовнішнім оглядом розрядника встановлено, що у нього струм провідності (витоку), пробивна напруга або опір змінилися і виходять за межі норм, або є тріщини в порцеляновій покритті, фланцях, порушені Армуральна шви і ущільнення, то розрядник піддається ревізії з розкриттям.

Розтин розрядників повинно проводитися в чистому, сухому, теплому і світлому приміщенні спеціально навченим персоналом. Не можна розкривати розрядники в приміщеннях, де виробляються пайка і травлення металу із застосуванням кислот і лугів, і в приміщеннях, де ремонтуються кислотні та лужні акумулятори.

Перед розкриттям розрядник слід випробувати.

Таблиця 21

Разрядник или элемент	Пробивное напряжение промышленной частоты, кВ	
	нижний предел	верхний предел
РВП-3	8	12
РВП-6	15	20
РВП-10, РС-10	23	32
РВС-15	35	51
РВС-20	42	64
РВС-30	47	66
РВС-33	66	84
РВС-35, РВО-35	71	103
РВМ-3, РВВМ-3,	7	10

РВТ-3		
РВМ-6, РВВМ-6, РВТ-6	15	18
РВМ-10, РВВМ- 10, РВМ-10	25	30
РВМ-15	35	43
РВМ-20	47	56
РВМ-35	75	90
Элемент разрядника: РВМГ-110, РВМГ-150, РВМГ-220	59	73
РВМГ-330, РВМГ-500	60	75
основной для РВМК-330, РВМК-500	40	53
искровой для РВМК-330, РВМК-500, РВМК-500П	70	85
основной для РВМК-500П	43	54
РВМ на 110, 220, 330, 500 кВ	150	170
РВД на 110, 220, 330 и 500 кВ	150	170

Если разрядник вскрывается из-за снижения пробивного напряжения, то до вскрытия разрядника нужно открыть контрольное отверстие и соединить внутреннюю полость разрядника с атмосферой, после чего повторно измерить пробивное напряжение. Снижение пробивных напряжений у разрядников наблюдается вследствие понижения давления воздуха внутри разрядника, обусловленного его работой. Если проверка покажет, что пробивное напряжение восстановилось до нормы, то контрольное отверстие запаивается и разрядник не вскрывается.

Разрядник со сниженным пробивным напряжением подлежит вскрытию. Вскрывается у разрядника в первую очередь та сторона, у которой уплотнение менее надежно. Если окажется, что уплотнение обеих сторон имеет дефекты, то следует провести ревизию уплотнений с обеих сторон разрядника.

Диски последовательных резисторов и блоки искровых промежутков в каждом разряднике или рабочем элементе точно подобраны по характеристикам и представляют собой комплект.

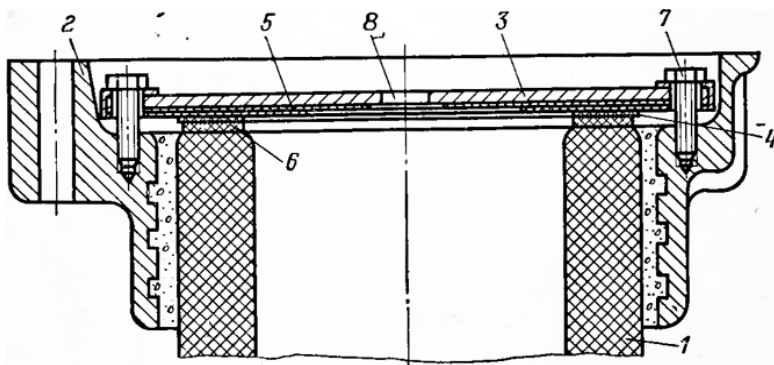


Рис. Конструкція ущільнення елемента вентиляльних розрядників серій РВВМ і РВС.

Довільна заміна окремих дисків послідовного резистора або довільний набір одиничних іскрових проміжків в комплект не допускається навіть в тому випадку, якщо вони відносяться до одного і того ж елемента розрядника. Заміна окремих деталей розрядника або зміна їх взаємного розташування в розряднику проводиться в суворій відповідності з заводськими інструкціями. Тому при розбиранні розрядника всі деталі повинні бути пронумеровані в послідовності, в якій вони витягуються з порцелянової покритишки, і покладені на чисті фанерні або картонні листи. Персонал, що розкриває розрядник, повинен точно уявляти собі конструкцію його ущільнення і послідовність операцій, які необхідно провести при розтині розрядника.

Для прикладу на рис. 53 показана конструкція ущільнення вентиляльних розрядників серій РВС і РВВМ. На порцелянової покритишки 1 армується металевий фланець 2. Відкриті торці порцелянової покритишки закриваються Силумінові дисками 3. З огляду на пористості силумінових дисків між торця ми порцелянової покритишки і Силумінові диском прокладається латунний диск 4 з пергамінової прокладкою 5, що виключає дотик силумінового і латунного дисків. Натисканням болтів 7 на диски створюється надійне ущільнення за допомогою гумової прокладки 6, що знаходиться між дисками і шліфованими торцями порцелянової покритишки, яке забезпечує герметизацію внутрішньої порожнини розрядника.

Для перевірки герметичності ущільнень в дисках є отвір 8, яке дозволяє за допомогою вакуумної установки створювати вакуум в порожнині розрядника. Після перевірки герметичності розрядника отвір 8 запаюється. Простежимо послідовність операцій при розтині цих розрядників. Розтин розрядника починається з отвертвивання болтів 7. отвертвиванні проводиться поступово, болти один за іншим обходять кілька разів по колу. При цьому необхідно мати на увазі, що звільнилися металеві диски з силою викидаються вгору пружиною. При відверненні болтів диски потрібно притримувати. Бувають випадки, коли металеві диски з гумовою прокладкою, навпаки, так сильно приклеюються гліфталевим лаком до торців порцелянової покритишки, що їх не вдається зняти ні руками, ні викруткою. У таких випадках металеві диски слід підігріти паяльною лампою: лак розм'якшується, і пружина виштовхує диски.

Після зняття металевих дисків і гумової прокладки витягується нажимная пружина. Потім за допомогою сталевого гачка з дроту діаметром 3-4 мм по черзі витягають комплекти іскрових проміжків з фіксаторами. Диски послідовного резистора обережно висипаються шляхом поступового нахилу порцелянової покритишки відкритим кінцем вниз. Аналогічно розбираються

розрядники інших серій. При розбиранні розрядника ретельно оглядаються всі його складові та помічені дефекти записуються в акт на розтин розрядника. Якщо розтин розрядника вироблялося через високий або низький пробивної напруги його іскрових проміжків, то воно повинно бути проконтрольовано на відповідність з нормами. Контроль пробивних напруг у розрядників повинен проводитися при відключених шунтуючих резисторах щоб уникнути їх перепалу.

Після розбирання розрядника все вийняті деталі ретельно розглядаються, очищаються від бруду і пилу і просушують в електричних сушильних шафах: влітowie диски - при температурі 100-150 ° С протягом не менше 6-10 год, іскрові проміжки - при 40-60 ° С не менше 6-8 годин і гумові прокладки (перед промазкою гліфталеєвим лаком) - при 30-40 ° С не менше 2- 3 ч. Шліфовані торці фарфорових покриттів і гумові прокладки повинні бути очищені від слідів полімерізовавшегося старого гліфталевого лаку. Внутрішні стінки порцелянової покриттів слід промити теплою водою і просушити або протерти безволокнистий ганчіркою, змоченою в бензині або спирті.

Всі виявлені дрібні несправності у розібраного розрядника усуваються. При частковому ремонті іскрових проміжків можна робити заміну мотканітових прокладок з дотриманням нормованих пробивних напруг згідно заводським інструкціям [Л. 4]. Допускаються заміна пошкоджених порцелянових кілець і комплектів шунтуючих резисторів (не допускається заміна одного півкілця шунтуючих резисторів) і зміна гумових прокладок. Заміна окремих дисків послідовного резистора дисками з іншого розрядника, навіть того ж типу, без перевірки їх вольт амперних характеристик за допомогою катодного-осциллографической установки не допускається. Заміна дисків послідовного резистора без перевірки може бути проведена тільки цілим комплектом з розрядника такого ж типу і того ж року випуску заводом-виробником. Збірка вентильного розрядника ведеться в зворотному порядку. Укладання деталей назад в порцелянову покриттів проводиться з сушильної шафи з попереднім охолодженням до кімнатної температури протягом 1-2 год. Гумова прокладка за 3-4 год до збірки розрядника змащується гліфталеєвим лаком і просушується

Самостійна робота № 32

Тема: Випробування трубчатих розрядників

Мета: Ознайомлення з випробуванням трубчатих розрядників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Механічні випробування розрядників.
- 2 Основні дефекти.
- 3 Правила випробування трубчатих розрядників

Практичне завдання: Розглянути загальний вигляд установки для механічних випробувань вентильних розрядників РТ, РТВ

Література:

1. В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.245-246.

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

Яке призначення розрядників?

Як влаштований і працює трубчатий розрядник ?

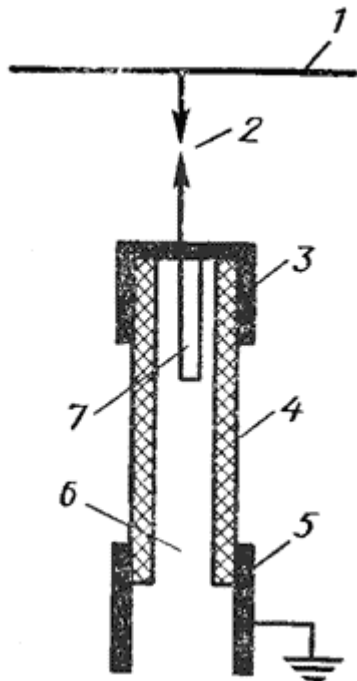


Рис . 3. Трубчатий розрядник :

7 - захищається лінія, 2 - зовнішній іскровий проміжок, 3 і 5 - металеві ковпачки, 4 - трубка, 6 - внутрішній іскровий проміжок, 7 - металевий стрижень

Розрядники служать для захисту електроустановок від перенапруг . Широке поширення отримали трубчасті і вентиляльні розрядники.

Трубчатий розрядник (рис. 30) містить Фібровий або винипластовою трубку 4, що має з двох сторін металеві ковпачки 3 і 5. Ковпачок 5 підключається до заземлювального пристрою , а ковпачок 3 через зовнішній іскровий проміжок 2 - до проводу захищається лінії 1. На ковпачку 3 існує металевий стрижень, переміщенням якого можна регулювати величину внутрішнього іскрового проміжку 6.

Створюється поздовжнє дуття і електрична дуга , підтримувана робочою напру-гою, після відводу хвилі перенапруги в землю гасне. Промисловість випускає трубчасті розрядники фібробакелітове РТ на напруги від 3 до 110 кВ, вініплас-тові РТВ на напруги від 6 до 110 кВ і склоепоксидні вініплас-тові (посилені) на напруги 35 і 110 кВ.

Тема: Випробування конденсаторів

Мета: Ознайомлення з випробуванням конденсаторів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Вимірювання опору ізоляції конденсаторів.
- 2 Випробувальні напруги конденсаторів для компенсації реактивної потужності.
- 3 Схеми вимірювання ємності трифазних конденсаторів.

Практичне завдання: Розглянути схеми вимірювання ємності конденсатора

Література:

- 1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.245-246.
2. В.К. Варварин, В.Я.Койлер, П.А. Панов "Справочник по наладке электро-оборудования" М.; «Росельхозиздат» 1979.
- 3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Які види випробувань конденсаторів ви знаєте?
3. Як виміряти ємність конденсатора методом амперметра і вольтметра ?
4. Як виміряти ємність конденсатора методом двох вольтметрів?

Випробування конденсаторів

Вимірювання опору ізоляції конденсаторів . При випробуванні силових конденсаторів вимірювання опору ізоляції проводиться мегаомметром на напругу 2500 В між висновками і щодо корпусу конденсаторів . Опір ізоляції і ставлення не нормуються .

Випробування конденсаторів підвищеною напругою промислової частоти електричної міцності ізоляції. Тривалість прикладення випробувальної напруги 1 хв . Випробуванню піддається ізоляція між висновками конденсаторів і між висновками і корпусом. Випробувальна напруга приймається за табл. 1 .

Таблиця 1 . Випробувальні напруги конденсаторів для компенсації реактивної потужності

Виды испытания	Испытательное напряжение, кВ, при рабочем напряжении, кВ					
	0,22	0,38	0,50	0,66	6,30	10,5
Между обкладками конденсатора	0,42	0,72	0,95	1,25	11,8	20

Относительно корпуса конденсатора	2,1	2,1	2,1	5,1	15,3	21,3
---	-----	-----	-----	-----	------	------

Потужність випробувального трансформатора при випробуванні ізоляції між висновками конденсаторів повинна бути порівняно великий і може бути визначена за формулою:

$$P_{\text{сп}} = \omega C U^2 \times 10^{-9}$$

де $P_{\text{сп}}$ - споживана потужність, кВА, C - ємність конденсатора, пФ, U - випробувальна напруга, кВ, ω - кутова частота випробувальної напруги, що дорівнює 314 при 50 Гц.

Підйом напруги і зниження напруги слід проводити плавно. За відсутності випробувального трансформатора достатньої потужності випробування змінним струмом можуть бути замінені випробуванням випрямленою напругою, рівним подвоєному в порівнянні з вказаним в табл. 1 напрузі.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти відносно корпусу ізоляції конденсаторів, призначених для компенсації реактивної потужності, мають висновок, з'єднаний з корпусом, не проводиться.

Після випробування батарея конденсаторів повинна бути надійно розряджена. Спочатку розряд проводиться через струмообмежуючі опір, а потім - накоротко.

Вимірювання ємності обов'язково для конденсаторів, призначених для компенсації реактивної потужності на напругу 1000 В і вище. Вимірювання слід проводити при температурі 15 - 35 ° С. Вимірювання ємності конденсаторів проводиться за допомогою мостів змінного струму, мікрофарадометром, методом амперметра і вольтметра (рис. 1, а) або за допомогою двох вольтметрів (рис. 1, б).

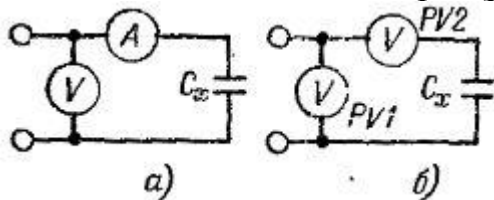


Рис. 1. Схеми вимірювання ємності конденсатора: а - методом амперметра і вольтметра, б - методом двох вольтметрів.

Ємність при вимірах амперметром і вольтметром підраховується за формулою:

$$C_x = (I \times 10^6) / \omega U$$

де C_x - ємність конденсатора, мкФ, I - виміряний струм, А, U - напруга на конденсаторі, В, ω - кутова частота мережі, рівна 314 при 50 Гц.

При вимірі ємності конденсаторів амперметром і вольтметром напруга має бути синусоїдальним. При спотвореній формі кривої струму за рахунок складових вищих гармонік похибка вимірювання значно збільшується. Тому рекомендується вимірювання проводити на лінійному, а не на фазному напрузі мережі і включати в ланцюг послідовно з конденсатором активний опір, рівне приблизно 10 % реактивного опору вимірюваного конденсатора.

При вимірах за допомогою двох вольтметрів:

$C_x = 106 / \omega R \operatorname{tg} \varphi$, R - внутрішній опір вольтметра, Ом, $\operatorname{tg} \varphi$ - визначають по косинусу кута φ зсуву фаз між напругами вольтметрів U_1 і U_2 , $\cos \varphi = U_2/U_1$.

У однофазних конденсаторах вимірюється ємність між висновками, в трифазних - між кожною парою закорочених висновків і третім висновком згідно табл. 2.

Таблиця 2. Схеми вимірювання ємності трифазних конденсаторів

Замкнуть накоротко виводи	Измерить емкость между выводами	Обозначение измеренной емкости
2 и 3	1 - (2 и 3)	C (1 - 2,3)
1 и 3	2 - (1 и 3)	C (2 - 1,3)
1 и 2	3 - (1 и 2)	C (3 - 1,2)

Вимірювання ємності між висновками і корпусом не проводиться. Нумерація висновків довільна.

Ємність кожної фази конденсатора, сполученого за схемою трикутник, визначається за даними вимірювань з рівнянь:

$$C_{1,3} = \frac{C_{(1-2,3)} + C_{(2-1,3)} - C_{(3-1,2)}}{2}$$

$$C_{1,2} = \frac{C_{(1-2,3)} + C_{(2-1,2)} - C_{(2-1,3)}}{2}$$

$$C_{2,3} = \frac{C_{(2-1,3)} + C_{(3-1,2)} - C_{(1-2,3)}}{2}$$

Повна ємність конденсатора:

$$C = \frac{C_{(1-2,3)} + C_{(2-1,3)} + C_{(3-1,2)}}{2}$$

Виміряні ємності не повинні відрізнятися від паспортних даних на значення не більше ніж на 10 %.

Випробування батареї конденсаторів триразовим включенням на робочу напругу мережі та вимір струму в кожній фазі батареї. При включенні батареї конденсаторів не повинно спостерігатися ненормальних явищ (автоматичне відключення, перегорання запобіжників, шум і потріскування в баках і т. п.). Токи в різних фазах батареї не повинні відрізнятися один від одного більш ніж на 5 %. Забороняється включати конденсатори на напругу більше 110 % номінального.



Самостійна робота № 34

Тема: Випробування сухих реакторів

Мета: Ознайомлення з сухими реакторами

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Випробування реакторів.
- 4 Бетонний реактор РБА.
- 5 Здвоєний реактор РБАС

Практичне завдання: Розглянути індуктивний опір реакторів

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.247-248.

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

3 Правила улаштування електротроустановок

Питання для самоконтролю:

1. Для чого служать реактори ?
6. Чим різняться реактори РБА і РБАС ?



Рис .1. Бетонний реактор

Реактори служать для обмеження струму короткого замикання , що дозволяє полегшити роботу електричних апаратів , встановлених в електричному ланцюзі (наприклад , лінії, що відходить) за реактором, зменшити перетин проводів повітряної або кабельної лінії, а також забезпечити необхідну залишкову напругу на шинах розподільного пристрою при короткому замиканні за реактором на лініях, що відходять .

Реактор є котушку індуктивності , розраховану на велику силу струму для роботи при високій напрузі . Найбільшого поширення в розподільчих пристроях отримав бетонний реактор РБА з обмоткою з ізолюваною алюмінієвого дроту , покладеної в бетонних стійках , які встановлюють на ізоляторах (рис.1) . Ці реак-тори випускають на напругу 6 і 10 кВ і різні струми (від 150 до 4000 А) .

Реактори характеризуються також індуктивним опором, причому зазвичай виражають його не в іменованих величинах, а у відносних (відношення падіння напруги на реакторі при протіканні по ньому номінального струму до номінального напрузі) , частіше у відсотках від номінальної напруги

$$x_p \% = x_p \frac{I}{U} \cdot 100,$$

де $x_p \%$ - відносне опір реактора , %; x_p - опір реактора в іменованих одиницях , Ом; I і U - номінальні струм і напруга реактора.

Розглянуті основні характеристики реактора відображаються в позначенні його типу . Наприклад, позначення РБА - 10 - 600 - 4 вказує , що реактор бетонний з алюмінієвою обмоткою , розрахований на напругу 10 кВ і струм 600 А , має індуктивний опір $x_p \% = 4 \%$.

Очевидно , при включенні лінії, що відходить через реактор відбувається деяке падіння напруги в ньому , величина якого залежить від опору реактора і протіка-ємого через нього струму. Для наведеного в прикладі реактора це падіння напруги при струмі 600 А складе 4 % від номінального, рівне 400 В, а для реактора РБА - 10 - 600 - 10 - уже 10 % від номінального , рівне в іменованих одиницях 1000 В. Щоб уникнути неприпустимого зниження напруги у споживача припадає відповідно піднімати напругу на шинах РУ ,

що не завжди можливо. Тому, не вдаючись до підвищення напруги на шинах РУ, можна застосувати для живлення двох споживачів приблизно однакової потужності здвоєний реактор РБАС (реактор бетонний з алюмінієвою обмоткою здвоєний), що відрізняється від звичайного наявністю додаткового виводу від середини обмотки.

У нормальних умовах приблизно однакові струми навантаження протікають по напівобмотці реактора в різні сторони, в результаті чого опір реактора значно зменшується. При короткому замиканні на одній з ліній, що відходить від однієї його напівобмотки, впливом другої напівобмотки практично можна знехтувати.

Самостійна робота № 35

Тема: Перевірка та випробування запобіжників

Мета: Ознайомлення з перевіркою та випробуванням запобіжників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Визначення запобіжника.
- 6 Запобіжник ПК.
- 7 Запобіжник ПРН- 35

Практичне завдання: Розглянути будову запобіжників інших типів

Література:

1.В. Н. Камнев "Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок" М.; «Высшая школа» 1981, ст.248.

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

3 Правила улаштування електроустановок

Питання для самоконтролю:

- 1 Для чого служать запобіжники?
- 2 Як влаштований і працює запобіжник ПРН - 35?
- 3 Чим відрізняються запобіжники ПК і ПРН?

Запобіжник є найпростішим апаратом для захисту електричних кіл від надструмів (струмів короткого замикання і перевантаження). В електроустановках напругою 6-35 кВ широко застосовують запобіжники ПК для внутрішньої установки, ПРН - для зовнішньої установки і ПКТ - для трансформаторів напруги. У мережах 35 кВ використовують роговий запобіжник ПРН- 35.

Запобіжник ПК (рис.1) складається з двох опорних ізоляторів 5, укріплених на підставі 4, контактних губок 2, змонтованих на голівках ізолятора, патрона 1 з плавкою вставкою, встановленого в контактні губки 2. Для підключення запобіжника у відповідний електричний ланцюг служать висновки 3.

Запобіжник ПРН- 35 (рис. 2) складається з ізоляторів 2, і встановлених на підставі 1, контактних елементів (роги) 4, патрона 3 (скляна трубка, заповнена тальком) з плавкою вставкою. При короткому замиканні на ділянці електричного кола, що захищається запобіжником, плавка вставка розплавляється, під дією високої температури тальк розкладається з бурхливим газоутворенням, тиск у трубці підвищується і вона руйнується. Виникла відкрита дуга піднімається по рогах вгору, розтягується і, досягши критичної довжини (при цій довжині і даній напрузі електрична дуга підтримуватися не може), гасне.

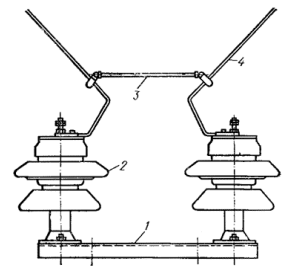
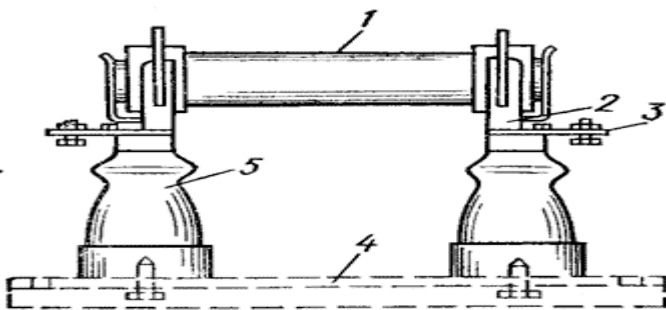


Рис. 1. Запобіжник ПК:
1 - патрон , 2 - контактні губки , 3 - висновки , 4 - підстава , 5 - опорні ізолятори

Рис . 2. Запобіжник ПРН- 35 :
1 - підстава , 2 - ізолятори , 3 - патрон , 4 - контактні елементи

При виникненні перенапруги на лінії, що захищається, пробиваються зовнішній і внутрішній іскрові проміжки, виникає електрична дуга, через яку хвиля перена-пруги відводиться в землю. Під дією високої температури дуги відбувається розкладання внутрішньої поверхні трубки 4, що супроводжується бурхливим газоутворенням, тиск у трубці піднімається і газу через отвір в ковпачку 5 викидаються назовні.