МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний політехнічний коледж

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМ СЦБ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для студентів 4-го курсу зі спеціалізації № 5.273.1

„Монтаж, обслуговування та ремонт автоматизованих систем керування рухом на залізничному транспорті”

Харків, 2019

ПЕРВИННІ ЕЛЕМЕНТИ
Лекція
Типи та характеристики первинних елементів
Первинні хімічні джерела струму

Хімічним джерелом струму називають обладнання, у якому хімічна енергія перетворюється безпосередньо в електричну.

Хімічні джерела струму діляться на дві групи: первинні елементи й акумулятори.

У первинних елементах відбувається необоротний процес перетворення хімічної енергії в електричну (розряд). Речовини, що утворювалися в процесі розряду, не можуть бути відновлені до первісного хімічного складу. Тому вирядженний первинний елемент робиться непридатним. По конструкції вони можуть бути всілякими, але всі вони складаються із двох електродів — провідників першого роду, розділених шаром електроліту. До хімічних джерел струму висувають наступні вимоги: висока надійність, відсутність шкідливого впливу на апаратуру, що харчується, малі габаритні розміри й маса, відносно мала вартість і мінімальний саморозряд, широкий інтервал робочих температур.

Характеристики. Е.р.с. багатьох первинних елементів порівняно невелика й рівна 1,2-1,7 В. Для одержання більших напруг первинні елементи з'єднують послідовно.

Під час роботи елемента відбувається безперервний процес розчинення негативного електрода, а до позитивного електрода з електроліту підходять іони водню. Молекули водню на позитивному електроді утворюють непровідний шар. Це явище називається поляризацією елемента. У результаті поляризації збільшується внутрішній опір елемента й знижується його напруга.

Для усунення поляризації до складу елемента вводять деполяризатори — речовини, багаті киснем, наприклад перекис марганцю. Деполяризатори перетворюють водень у воду й звільняють позитивний електрод від непровідного шару водню.

Кількість електрики, яку можна одержати від елемента під час його розряду, називають ємністю первинного елемента:

$$Q = I_p \cdot t_p$$

де I_p — розрядний струм, t_p — час розряду, ч.

Ємність первинного елемента залежить від кількості його активних речовин, розрядного струму, режиму розряду, температури електроліту й часу зберігання. Зі збільшенням розрядного струму погіршується процес деполяризації й активні речовини елемента використовуються не повністю. У результаті знижується ємність елемента. Перерви розрядного струму поліпшують процес деполяризації й сприяють збільшенню ємності.

З підвищенням температури електроліту хімічні процеси в елементах протікають більш інтенсивно і ємність елементів збільшується. При занадто високих температурах електроліт висихає і ємність знижується.

Навіть при відключеному навантаженні в елементах відбувається саморозряд, тобто безкорислива витрата його активних речовин. Саморозряд елемента викликається недосконалістю ізоляції між електродами й утвором на негативному

електроді місцевих гальванічних пар у місцях вкраплень в електрод сторонніх домішок. Саморозряд збільшується при установці елемента в сирому місці й при забрудненні його пилом і брудом. Кожний елемент характеризується номінальною ємністю. Вона відповідає певному режиму розряду, зазначеному заводом. Фактична ємність елемента залежить від умов розряду й звичайно відрізняється від номінальної ємності.

Для електроживлення портативних пристроїв автоматики й телемеханіки, електровимірювальних приладів, деяких пристроїв залізничної сигналізації призначені марганцево-цинкові, повітряно-марганцево-цинкові й ртутно-цинкові елементи й батареї.

Марганцево-цинкові, повітряні марганцево-цинкові й ртутно-цинкові елементи.

Найбільше поширення одержали сухі марганцево-цинкові елементи. Їх випускають у двох модифікаціях: стаканчикові й галетні. Позитивним електродом марганцево-цинкових елементів є агломерат, що полягає із суміші двоокису марганцю $Мп0_2$ і графіту, пропитаних розчином нашатирю, а негативним — металевий цинк Zn. У якості електроліту використовують розчин хлористого амонію NH_4C1 у вигляді пасти.

Така конструкція галетного марганцево-цинкового елемента (мал. 201) зручна для послідовного з'єднання елементів, одержання більш високих напруг. Для цього елементи накладають один на одний таким чином, щоб виступ позитивного електрода одного елемента щільно стикався з верхнім токопровідним шаром наступного елемента. Промисловість випускає сухі елементи марганцево-цинкової системи трьох типів, які можуть працювати при різних температурах навколишнього середовища: літні — від +17° до +60° °С; холодостійкі — від —40° до +40°С; універсальні — від —40° до +60 °С.

У сухих воздушномарганце-воцинкових елементах до складу *агломерату*, крім перекису марганцю й графіту, додають активоване вугілля, яке здатне адсорбувати (поглинати) з повітря кисень. При-цьому в цих елементах деполяризація відбувається інтенсивніше. Газова камера воздушномарганцево-цинкових елементів соприкасається із зовнішнім повітрям через спеціальний отвір У непрацюючих елементів ці отвори повинні бути закриті пробками, що охороняє агломерат від висихання. Під час роботи пробки слід відкрити.

У марганцево-цинковому елементі (рис 202) із сольовим електролітом у якості позитивного електрода використаний агломерат *3* із двоокису марганцю й углеродистих матеріалів, напресованих на вугільний стрижень 5 Негативний електрод *6* виконаний із цинку й має форму стакана. Картонна шайба 7 служить для ізоляції електродів Носієм електроліту є діафрагма *4* з кабельного паперу, просоченому сольовим електролітом і нанесеним на неї тонким шаром пасти Елемент заливають ізоляційною сумішшю *2.* Для підключення зовнішнього ланцюга на вугільний електрод насаджений металевий ковпачок 1. При виготовленні таких елементів застосовують нову технологію, що дозволяє збільшити робочу поверхню позитивного електрода й поліпшити електричні характеристики без збільшення габаритних розмірів.

Позитивним електродом у герметичних марганцево-цинкових елементів з лужним електролітом (рис 203) служить суміш двоокису марганцю із графітом, а негативним — амальгамований порошкоподібний цинк Між електродами є сепаратор, що полягає з декількох шарів високопористого картону, просоченого розчином їдкого розжарюй, насиченим цинком Застосування лужного електроліту в елементах підвищує коефіцієнт використання двуокиси марганцю й зменшує поляризацію електродів.

Конструкція ртутно-цинкового елемента (мал. 204) аналогічна конструкції марганцево-цинкових елементів з лужним електролітом.

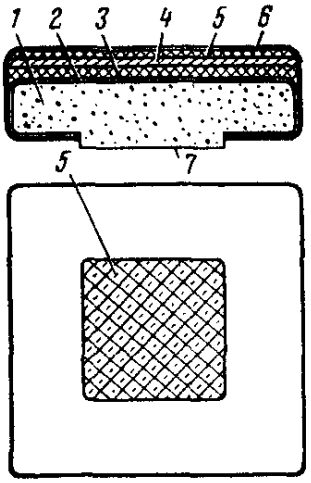


Рис. 201. Галетиый элемеит:

1 — положительный электрод из агломератной массы; *2* — тонкая бумажная прокладка; *3* — картонная диафрагма с электролитом; *4* — электрод; *5* — токопроводящий слой; *6* — чехол; *7* — выступ

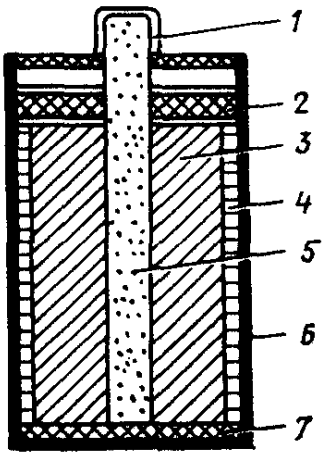


Рис. 202. Маргаицово-цииковый элемент с солевым электролитом

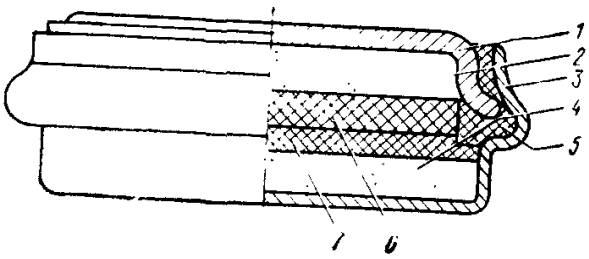


Рис. 204. Конструкция ртутно-цинкового элемента:

1 - крышка; *2* отрицательный электрод (цинковые опилки ; *3* корпус; *4* - положительный электрод; *5* резиновое кольцо; *6* сепаратор из фильтровальной бумаги; *7* диафрагма из фильтровальной бумаги

Активна маса позитивного електрода складається із суміші червоного окису ртуті й графіту, негативного електрода — з амальгамованого цинкового порошку, що містить 5- -10% металевої ртуті.

У якості електроліту використовують розчин їдкого розжарюй щільністю 1,4 г/см^3, насичений окисом цинку В основному електроліт укладений у порах електродів і сепаратора з фільтрувального паперу. Е.р.с. із ртутно-цинкових елементів (РЦ53, РЦ55, РЦ53Х и ін.) рівна 1,36 В и мало міняється в процесі розряду, розрядний струм- від 0,1 до 300 мА. Недоліками ртутно-цинкових елементів є висока вартість і погана працездатність при негативній температурі.

ЛЕКЦІЯ

Типи та конструкція свинцевих акумуляторів. Акумулятори типів АБН-72, АБН-80, З, СК

Електричним акумулятором називають хімічне джерело постійного струму, який здатний накопичувати (акумулювати) електричну енергію й віддавати її в міру потреби. Активні речовини, витрачені при розряді акумуляторів, легко відновлюються при заряді, коли акумулятори підключають до стороннього джерела

Рис. 203. Общий вид герметичных марганцово-цинковых элементов с щелочным электролитом типов МЦ-4К (*а*), МЦ-3К (*б*), МЦ-2К (*в*), МЦ-1К (*г*)

постійного струму При цьому споживана ними електрична енергія перетвориться в хімічну.

Заряд і розряд акумулятора можна проводити сотні раз, у той час як первинний елементи розряджаються тільки один раз. У цьому полягає його принципова відмінність від первинних елементів.

Найбільше застосування одержали три різновиди акумуляторів: свинцеві (кислотні), у яких активною масою позитивного електрода служить двоокис свинцю, негативного електрода - губчатий свинець, а електролітом — водяний розчин сірчаної кислоти; нікель-залізні й нікель-кадмієві (лужні), у яких активною масою позитивного електрода служить гідроокис нікелю, негативного електрода — залізо або кадмій, а електролізом — водяний розчин луги; срібно-цинкові, у яких активною масою позитивного електрода служать окисли срібла, негативного електрода — цинк, електролітом — водяний розчин луги.

Для електроживлення залізничної автоматики й телемеханіки в основному застосовують свинцеві акумулятори Вони мають високий к.п.буд. і незначне зниження напруги при розряді.

У порівнянні зі свинцевими акумуляторами нікель-залізні й нікель-кадмієві акумулятори мають менший к.п.д. і більшу зміна напруги при розряді, але мають високу механічну міцність. Тому їх звичайно застосовують у якості переносних або тимчасових джерел електроживлення різної апаратури. Срібно-цинкові акумулятори мають високі питомі характеристики, стабільну напругу при розряді, можуть віддавати дуже великі струми при короткочасних розрядах.

Стаціонарні свинцеві акумулятори. Застосовують стаціонарні свинцеві акумулятори типів С и СК, СЗ і СН. Букви позначають: С — стаціонарний, К — допускає короткочасний розряд великим струмом, З — у закритому виконанні, Н — з намазними пластинами.

Акумулятори типів С и СК використовують у діючих електроживлючих установках. У цих акумуляторів немає кришки, поверхня електроліту взаємодіє з навколишнім повітрям. Залежно від ємності акумуляторам типів С и СК привласнюють індекс від 1 до 148.

Для одержання номінальної ємності необхідно індекс акумулятора (1 —148) помножити на 36. Отже, номінальна ємність акумуляторів С-1 і СК-1 рівна 36 А•год, С-2 і СК-2 — 72 А•год, С-10 і СК-10 — 360 А•год.

Акумулятори типів С и СК складаються зі: скляної посудини (акумулятори типів С-1 і С-16) або дерев'яного бака, виложеного свинцем (акумулятори типів С-16 — З-148); блоку позитивних пластин поверхневої конструкції; блоку негативних пластин коробчатої конструкції; сепараторів з кислотостійких синтетичних мікропористих матеріалів, що охороняють пластини різної полярності від зіткнення між собою; електроліту (розчин сірчаної кислоти).

Позитивні пластини поверхневої конструкції (мал. 205, *а)* складаються з ребристих свинцевих рещіток *1,* на поверхні якої розміщається активна речовина *2.* Завдяки ребристості збільшується поверхня активної речовини, підвищується електрична ємність пластин і всього акумулятора. Активний шар утворюється на ребристій поверхні в процесі спеціальної обробки пластин на заводі — при електричнім формуванні. Акумуляторні заводи випускають позитивні пластини білого формування. Активна речовина таких пластин складається із сірчанокислого свинцю $PbS0_4$.

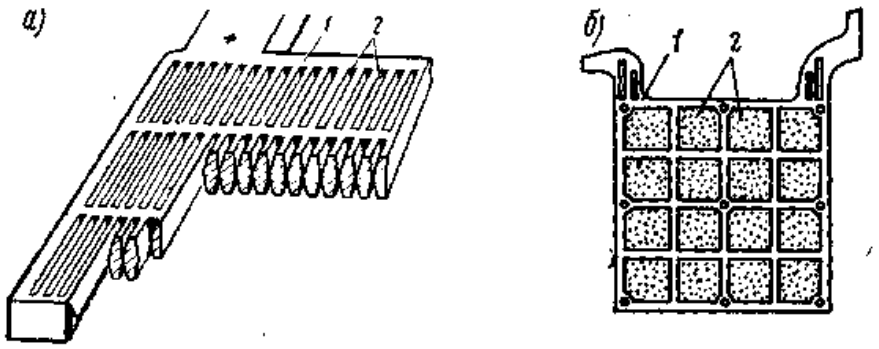


Рис. 205. Поверхностная пластина (*а*) и свинцовая пластина коробчатой конструкции (*б*)

Після заряду ця речовина переходить у двоокис свинцю $Pb0_2$.

Негативні пластини коробчатої конструкції (мал. 205, *б)* складаються із двох свинцевих рещіток *1* з великими гніздами *2.* У гніздах розміщається пастообразна активна маса зі свинцевого порошку й сірчаної кислоти. Для того щоб активну масу пластин застерегти від усадки, до неї додають невелика кількість сірчанокислого барію $BaS0_4$. Рещітки, наповнені активною масою, накладають одна на іншу, із зовнішніх сторін покривають тонкими перфорованими листами свинцю й з'єднують заклепками. Розрізняють середні й крайні негативні пластини. Крайні негативні пластини відрізняються від середніх тим, що вони мають тільки одну активну сторону. Іншу сторону крайніх пластин, звернену до стінки посудини, покривають суцільним листом свинцю. У стаціонарних акумуляторах типів С и СК застосовують три типи пластин: И-1, И-2, И-4, що відрізняються друг від друга розмірами і ємністю. Ці пластини з'єднують у блоки. У кожному свинцевому акумуляторі негативний блок містить на одну пластину більше, ніж позитивний. Це необхідно

для того, щоб при роботі акумулятора позитивні пластини, розташовуючись між негативними, не жолобилися. Пластини типу И-1 установлюють в акумуляторах типів С-1 — С-5. Середні пластини цього типу мають ємність 36 А•год при 10-годинному режимі розряду. Тому в акумуляторах типу С-1 установлюють одну позитивну й дві негативні пластини типу И-1, а в акумуляторах типу С-2 — дві позитивні й три негативні пластини того ж типу.

У порівнянні із пластинами типу И-1 пластини типу И-2 мають в 2 рази більші розміри і ємність. Ці пластини встановлюють в акумуляторах типів С-6 — С-20. В акумуляторах більшої ємності (починаючи з акумуляторів типу С-24) установлюють пластини типу И-4 номінальною ємністю 144 А•ч. Основні конструктивні дані й номінальні ємності стаціонарних акумуляторів типів С и СК, застосування для електроживлення пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки, наведені в табл. 12.

Для паралельного з'єднання декількох однойменних пластин в одній посудині й для послідовного з'єднання акумуляторів у батарею застосовують свинцеві сполучні смуги. У батареях невеликої ємності (з акумуляторами типів С-1, СК-1, СК-2, . СК-3) застосовують бічні сполучні смуги (мал. 206). Пластини акумуляторів у цьому випадку розташовуються перпендикулярно поздовжньої осі стелажа. Акумулятори більшої ємності, починаючи з типів С-4 і СК-4, з'єднуються в батарею поперечними сполучними смугами (мал. 207). Акумулятори типів С-1 -С-4 виконують сполучними смугами такого перерізу, щоб вони були придатні для тривалих і для короткочасних розрядів. Акумулятори типу С-5 -С-148 відрізняються від акумуляторів типів СК-5 - СК-148 поперечним перерізом сполучних смуг. В акумуляторах типу СК, призначених для розряду більшими струмами, ці смуги мають більший поперечний переріз.

Тип аккумулятора	Номінальна ємність, А·год	Тип пластин	Число пластин в акумуляторі		
			позитивних	негативних	
				середніх	крайніх
С-1, СЗ-1	36	И-1	1		2
С-2, СЗ-2	72	И-1	2	1	2
з-з, сз-з	108	И-1	3	2	2
С-4	144	И-1	4	3	2
С-5, СК-5, СЗ-5	180	И-1	5	4	2
С-6, СК-6	216	И-2	3	2	2
С-8, СК-8	288	И-2	4	3	2
С-10, СК-10	360	И-2	5	4	2
С-12, СК-12	432	И-2	6	5	2

Стаціонарні свинцеві акумулятори С и СК монтують із окремих деталей на місці установки. Технологічний процес монтажу дуже складний, багато видів робіт належать до шкідливих. Через відсутність верхньої кришки в. акумуляторах С и СК інтенсивно випаровується вода, а наприкінці заряду електроліт розприскується. Тому під час експлуатації в акумулятори потрібно періодично доливати дистильовану

воду, а поверхня посудин і стелажів очищати від осаду електроліту. Для зменшення випару й розбризкування електроліту акумулятори покривають пластинами із шибки. Для цього ж поверхня розчину електроліту в акумуляторах покривають плівкою вазелінового медичного масла товщиною 3 мм. Масляна плівка знижує витрату води для долівки в акумулятори в 3- 4 рази.

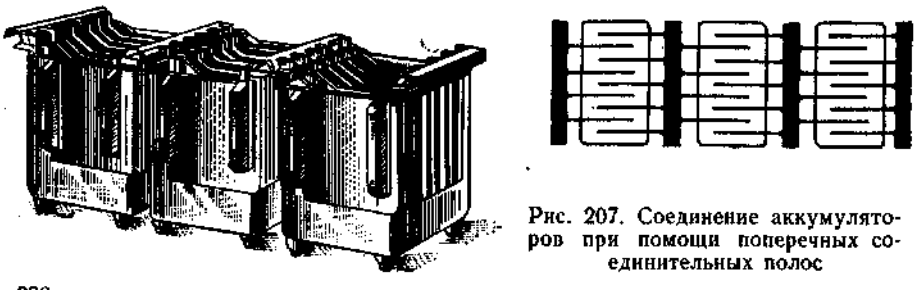


Рис. 207. Соединение аккумуляторов при помощи поперечных соединительных полос

Стаціонарні акумулятори типу СЗ випускають у скляних посудинах, щільно закритих ебонітовою кришкою. Через кришку від позитивних і негативних пластин виводять контактні болти. У середині кришки є отвір для заливання електроліту, яке закривається ебонітовою пробкою. В акумуляторах СЗ установлені пластини тієї ж конструкції, що й в акумуляторах С и СК, тому електричні характеристики цих акумуляторів однакові.

У стаціонарних акумуляторах типу СН позитивні й негативні пластини мають намазну конструкцію. Блок негативних пластин опирається на призми, встановлені на дні скляного або ебонітової посудини. Блок позитивних пластин підвішується на спеціальній колодці. На верхній кришці акумулятора розташовуються контактні болти й заливальний отвір, у який щільно вгвинчується пробка. Пробка має спеціальний фільтр, що пропускає гази, але затримуючий вихід випарів електроліту. Акумулятори СН герметизовані у виводах і зазорах між кришкою й стінками бака. Для цього застосовують спеціальну мастику або використовують контактно-теплове зварювання.

Акумулятори типу СН випускають у зібраному виді із зарядженими або розрядженими пластинами, не залитими розчином електроліту. Пластини намазної конструкції (мал. 208, *а)* складаються зі свинцево-сурм'янистих рещіток *2* із дрібними гніздами, у яких розташовується активна речовина *1*. Пластини *1* (мал. 208, *б)* ізольовані друг від друга потрійним сепаратором, який складається зі скляного войлока *2*, гофрованого перфорованого вініпласту *3* і міпласта 5. Для збільшення строку служби кромки позитивних пластин і краю сепараторів в акумуляторах типу СН обгортають бічним ізолятором з вініпласту *4*.

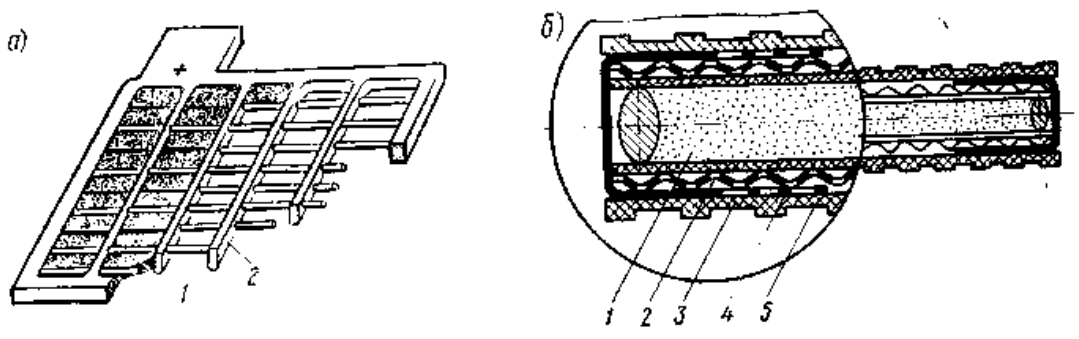


Рис. 208. Пластины намазной конструкции (а) и сепаратор аккумуляторов типа СН (б)

Акумуляторам типу СН привласнюють індекс від 1 до 20. Для одержання номінальної ємності, що відповідає 10-кратному розряду, необхідно індекс акумулятора помножити на 40. Акумулятори типу СН у порівнянні з відкритими акумуляторами типів С и СК мають наступні переваги:

- їх збирають не на місці установки, а в заводських умовах;
- вони мають більший строк служби,
- мають меншу масу
- габаритні розміри,
- вимагають мінімального догляду під час експлуатації,
- можуть віддавати більші струми в розряді, який триває 1 хв.

Переносні свинцеві акумулятори й батареї. Вони мають закриту конструкцію, порівняно невелику масу й габаритні розміри. Для зменшення маси в цих акумуляторах застосовують пластини намазної конструкції. Промисловість випускає різні типи переносних свинцевих акумуляторів і батарей. Найбільше поширення одержали свинцеві радіоанодні (РА), радіонакальні (РН), стартерні (СТ) батареї.

Для живлення пристроїв залізничного автоблокування, електричної централізації широко використовують автоблокувальні акумулятори (АБН). Для керування дизелем резервних електростанцій застосовують стартерні свинцеві батареї.

Акумулятори типів АБН-72 і АБН-80. В умовному позначенні цих акумуляторів букви АБ характеризують призначення (для автоблокування), Н — конструкцію пластин (намазні), число після букв — номінальну ємність (при 25-годинному режимі розряду).

Акумулятор типу АБН-72 (мал. 209) перебуває в скляній посудині *3* з ебонітовою кришкою *4,* до якої підвішені різнойменні блоки пластин. Блок позитивних пластин *8* складається із трьох, а блок негативних пластин *2* — із чотирьох пластин намазної конструкції.

Пластини *9, 12* ізолюють друг від друга потрійним сепаратором, які складаються із шару фанери *11,* перфорованого й гофрованого вініпласту *10* і скловолокна. Шари сепарації скріплені П-образним вініпластовим бічним ізолятором. Електроліт заливають в акумулятори типу АБН-72 через отвір, який закривають пробкою *6.* Пробка має клапан 7 для виходу газів. У проміжки між стінками посудини й кришкою заливають кислотостійку мастику. Виводи 5 з'єднують із пластинами через полюсні штирі.

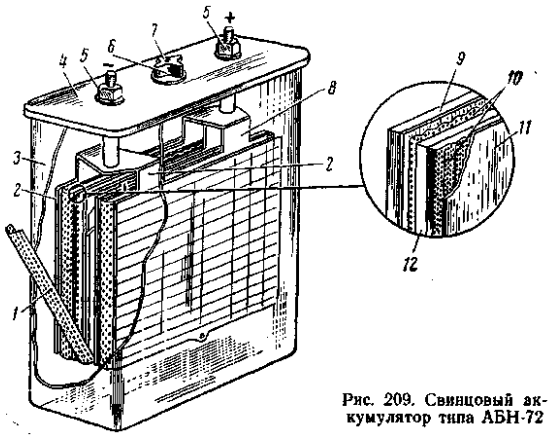


Рис. 209. Свинцовый аккумулятор типа АБН-72

Акумулятор типу АБН-80 зібраний у поліетиленовій посудині, а між пластинами встановлений сепаратор з мілпласта й міпора.

Електроліт повинен покривати верхню кромку сепараторів на 20-30 мм в акумуляторах типу АБН-72 і на 30-40 мм в акумуляторах типу АБН-80.

ЛЕКЦІЯ

Електроліт і хімічні процеси у свинцевих акумуляторах

Електроліт. Свинцеві акумулятори заливають електролітом, який складається з акумуляторної сірчаної кислоти й дистильованої води. Акумуляторна сірчана кислота — важка прозора маслянистa рідина, добре розчиняється у воді, без запаху, роз'їдає шкіру, папір, матерію. Для готування електроліту застосовують три сорти сірчаної кислоти: з державним Знаком якості, 1-го сорту й 2-го сорту. У сірчаній кислоті 1-го й 2-го сорту до припустимих меж знижене число домішок (заліза, окислів азоту, миш'яку, марганцю й ін.). Акумуляторна сірчана кислота надходить із заводів у скляних суліях зі скляними притертими пробками, які накручуються, поліетиленовими або пластмасовими кришками. Сулії встановлюють у вербові кошики, поліетиленові або дерев'яні обрещітки. Їх повинні переносити два працівники при строгому дотриманні правил техніки безпеки.

Дистильована вода відрізняється від водопровідної або річковий майже повною відсутністю домішок (солей, сульфатів, хлоридів і ін.). Таку воду одержують за допомогою перегінних кубів - дистиляторів.

Електроліт готовляють у чистій кислотостійкому посуду (ебонітовому, керамічному, фаянсовому). Часто використовують дерев'яні баки, усередині викладені листовим свинцем. Не можна користуватися скляним посудом: при розчиненні сірчаної кислоти виділяється велика кількість тепла й скляна посудина, нагріваючись, можє лопнути.

У посудину наливають дистильовану воду, а потім тонким струмком сірчану кислоту, перемішуючи цей розчин паличкою зі скла або ебоніту. Тому що сірчана кислота важче води, то, що виділяється при розчиненні тепло рівномірне розподіляється по всьому обсягу електроліту. Забороняється вливати воду в кислоту. У цьому випадку струмінь води, стикаючись тільки з поверхневими шарами кислоти, швидко нагрівається й розприскується разом із частками сірчаної кислоти. Ці бризи, потрапляючи на шкіру, можуть заподіяти серйозні опіки. При готуванні електроліту необхідно надягати захисні окуляри, гумові рукавички й фартух, сукняний комбінезон і калоші. Для нейтралізації сірчаної кислоти й електроліту, що потрапили на шкіру або одяг, необхідно завжди мати 5—10%-ний розчин соди або 5—10%-ний розчин нашатирного спирту. Якщо сірчана кислота потрапила на шкіру, то її слід відразу змочити захисним розчином, а потім кілька раз промити водою. Щільність електроліту вимірюють ареометром (рис 211, *а).* Він являє собою скляну трубку *4,* запаяну по обидва боки, у нижній частині якої перебуває грузик, а у верхній — шкала. Ареометр *3*, опущений у мензурку *1* з електролітом *2,* займає вертикальне положення, причому деяка частина його виступає назовні. Глибина занурення ареометра залежить від щільності електроліту: чим більше щільність електроліту, тем менше поринає ареометр. По розподілі шкали, який перебуває на рівні розчину, визначають щільність електроліту. Акумуляторний ареометр (рис 211, б) міститься в

скляну трубку *4,* на один кінець якої надягнута гумова груша 5, а на іншій - трубчастий наконечник *6* з кислотостійкого матеріалу.

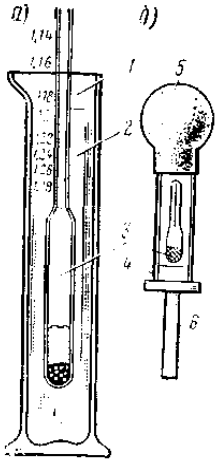


Рис. 211. Ареометры

За допомогою гумової груші електроліт всмоктують у скляну трубку з ареометром. Для заповнення нових стаціонарних свинцевих акумуляторів застосовують електроліт щільністю 1,18 г/см^3 при температурі 25° С. Із підвищенням щільності електроліту від 1,18 до 1,29 г/см^3 знижується температура його замерзання Наприклад, електроліт щільністю 1,29 г/см^3 замерзає при температурі —74°С. Тому переносні акумулятори, що працюють при низьких температурах, заливають електролітом підвищеної щільності. Наприклад, у центральних районах при температурі взимку до —30 С у стартерні акумулятори заливають електроліт щільністю 1,27 г/см^3 Акумулятори типів АБН-72 і АБН-80 заливають електролітом щільністю 1,21 г/см^3 Перед заливанням в акумулятори електроліт необхідно остудити до температури 25 С Для того щоб зменшити час охолодження, рекомендується східчасте готування електроліту: з кислоти щільністю 1,83 г/см^3 приготувати електроліт щільністю 1,4 г/см^3, а з нього - електроліт щільністю 1,18—1,3 г/см$^{3.}$

Хімічні процеси. У зарядженого свинцевого акумулятора активна маса позитивних пластин складається із двоокису свинцю Pb02, а негативних — з губчатого свинцю Pb. Двоокис свинцю має темно-коричневий колір, а губчатий свинець — ясно-сірий. Пластини занурені в електроліт — водяний розчин сірчаної кислоти В результаті електролітичної дисоціації молекули сірчаної кислоти електроліту розпадаються на позитивні іони водню й негативні іони кислотного залишку.

До зарядженого акумулятора приєднаємо приймач енергії опором *r* (рис 212, *а)* і розглянемо хімічні процеси в акумуляторі при його розряді/ Розрядний струм I_p спрямований від позитивної пластини через приймач енергії *r* до негативних пластин, а потім через електроліт - від негативних пластин до позитивної.

В електроліті позитивні іони водню $2H^+$ переміщаються по напрямкові струму, а негативні іони SO^{--}_4 — проти. У результаті розряду у свинцевому акумуляторі відбуваються хімічні реакції:

$$\overset{(+)}{PbO_2} + \overset{(-)}{Pb} + 2H_2SO_4 \rightarrow \overset{(+)}{PbSO_4} + \overset{(-)}{PbSO_4} + 2H_2O$$

З рівняння виднj, що в процесі розряду двоокисе свица PbO_2 на позитивних пластинах і губчатий свинець *Pb* на негативних пластинах перетворюються в сірчанокислий свинець $PbS0_4$ Ці хімічні реакції протікають із поглинанням сірчаної кислоти, тому в процесі розряду щільність електроліту знижується. При глибокому розряді сірчанокислий свинець перетворюється у тверду крупнокристалічну сіль, яка погано відновлюється під час заряду. Тому акумулятори розряджають тільки до певної щільності електроліту. Для стаціонарних акумуляторів вона рівна 1,17 — 1,15 г/см^3. Для заряду через акумулятори пропускають постійний струм, спрямований протилежно розрядному струму. Для цього акумулятор підключають до випрямляча *В* (мал. 212, *б)* або іншому джерелу постійного струму. Позитивний затиск

випрямляча з'єднують із блоком позитивних пластин, а негативний — із блоком негативних пластин.

Зарядний струм I_3 спрямований усередину електроліту від позитивних пластин до негативних. Тому до позитивних пластин підходять негативні іони кислотного залишку SO_4^{--}, а до негативних пластин — позитивні іони водню 2Н+.

Хімічні реакції при заряді можна представити наступним рівнянням:

$$\overset{(+)}{PbSO_4} + \overset{(-)}{PbSO_4} + 2H_2O \rightarrow \overset{(+)}{PbO_2} + \overset{(-)}{Pb} + 2H_2SO_4$$

Під час заряду сірчанокислий свинець *PbS0₄* перетворюється у двоокис свинцю *Pb02* на позитивних пластинах і в губчатий свинець *Pb* на негативних пластинах. Одночасно збільшується кількість сірчаної кислоти в розчині, що підвищує щільність електроліту доти, поки весь сульфат свинцю не перетвориться в активні речовини, які були в акумуляторі перед розрядом. Тому щільність електроліту наприкінці заряду дорівнює щільності електроліту на початку розряду. У стаціонарних акумуляторів щільність електроліту наприкінці заряду досягає 1,2—1,21 г/см^3; в акумуляторів типу АБН щільність електроліту досягає 1,18—1,2 г/см^3 улітку й 1,3—1,32 г/см^3 узимку. Після відновлення активних мас на пластинах зарядний струм розкладає воду електроліту на водень і кисень, які, змішуючись, утворюють вибухонебезпечну суміш, називану гримучим газом.

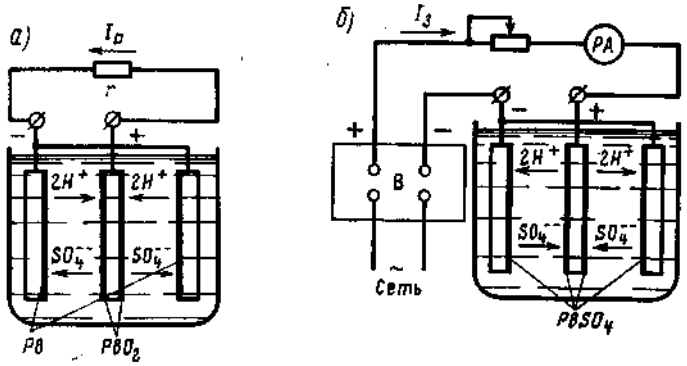


Рис. 212. Простейший свинцовый аккумулятор (*а*) и схема его заряда (*б*)

Розкладання води електричним струмом виявляється по інтенсивному виділенню пухирців водню й кисню на поверхні електроліту («кипінню»).

ЛЕКЦІЯ
Установка та монтаж акумуляторних батарей

Збірка й установка акумуляторних стелажів. Акумулятори монтують на спеціальних стелажах, що виготовляються із соснових струганих пиломатеріалів з вологістю не більш 15 %.

Застосовують одно- і двох'ярусні, однорядні й дворядні стелажі ДС-1-1 (мал. 4.1, а), ДС-1-2 (мал. 4.1, б), ДС-2-1 (мал. 4.1, в), ДС-2-2 (мал. 4.1, г). Перша цифра в позначенні стелажа вказує на число ярусів, друга - на число рядів.

Ширина стелажів залежить від типу встановлюваних акумуляторів.

Відстань між осями поперечних стояків (брусків) у стелажів ДС-1-1 і ДС-1-2 рівно 1700 мм при установці акумуляторів СК-1 - СК-5 і 1500 мм при установці

акумуляторів інших типів. У стелажів ДС-2-1 і ДС-2-2 ця відстань не повинна перевищувати 1700 мм.

При розрахунках необхідної довжини стелажа користуються формулою / = АДО, де ***А*** - ширина посудини акумуляторів плюс відстань між сусідніми акумуляторами; ЛГ- число акумуляторів в одному ряді.

Довжина одного стелажа не повинна перевищувати 3,5 м. Стелаж довжиною більш 3,5 м збирають із двох і більш стелажів у торець один одному. При цьому загальна довжина стелажів не повинна перевищувати 10 м. Стелажі збирають безпосередньо в акумуляторнім приміщенні. Поперечні бруски з поздовжніми з'єднують урізанням із кріпленням дерев'яною шпилькою.

Поперечні й вертикальні бруски між собою з'єднують за допомогою урізання „Шип" і дерев'яної шпильки. При зрощуванні поздовжні бруски стелажа скріплюють між собою в накладній замок двома дерев'яними шпильками. Накладній замок обов'язково повинен перебувати над опорними тумбочками.

Поздовжні бруски для установки акумуляторів розташовують на поперечних брусках строго горизонтально за рівнем. Стелажі від підлоги ізолюють спеціальними порцеляновими або скляними плитками з поглибленнями під опорну тумбочку.

Поперечні бруски одноярусних стелажів укладають на прямокутних опорних тумбочках, вирізаних уздовж волокна. Залежно від акумуляторів під кожний поперечний брусок поміщають дві-чотири тумбочки, покриті плитками. При установці стелажів на асфальтовім покритті монтують опорні майданчики з міцного кислототривкого матеріалу з вирубанням асфальту до На стелажах акумулятори СК-1 і СК-3 розташовують на відстані 30 мм друг від друга, а акумулятори СК-4 - СК-14 і С-10 - С-14 - 65 мм. Акумуляторні посудини в горизонтальній площині вирівнюють за рівнем, у вертикальні - по схилу; ряд акумуляторів вирівнюють по шнуркові.

Акумулятори збирають безпосередньо на стелажах або на окремо вартому столі. Перед початком складання й пайки вушка пластин і свинцеві сполучні смуги зачищають до блиску. Для зручності складання пластин застосовують спеціальні шаблони, що дозволяють розташовувати пластини в посудинах на однакових відстанях друг від друга. Шаблони виготовляють із листової сталі товщиною 1-1,5 мм.

У посудинах акумуляторів СК-1, СК-2 і СК-3 пластини встановлюють поперек поздовжніх брусів стелажів так, щоб при розташуванні паяльних вушок негативних пластин у першій посудині ліворуч у суміжній посудині із цієї ж сторони розташовувалися паяльні вушка позитивних пластин і т.д. Пластини в посудинах інших акумуляторів (до СК-14 і С-14) розміщають уздовж поздовжніх брусів стелажів; паяльні вушка різнойменних пластин у суміжних посудинах розташовують зустрічно один одному.

Пластини однієї полярності одного акумулятора із пластинами іншої полярності сусіднього акумулятора з'єднують однією загальною свинцевою смугою. Сполучні смуги для пластин акумуляторів СК-1 - СК-3, що мають форму трапеції при пайку розташовують уздовж акумуляторного ряду (мал. 4.2, *а)*. Сполучні смуги *2* для акумуляторів СК-4 - СК-14 і С-10 - С-14, що мають коритоподібну форму, при пайку розташовують поперек акумуляторного ряду (мал. 4.2, б). Для підключення до струмонесучих шин і кабелям сполучні смуги постачають спеціальними наконечниками.

Пластини паяють полум'ям водню, пропан-бутану або вугільним електродом за допомогою понижувального трансформатора. На затисках трансформатора встановлюють напруга 8-12 В с такими розрахунками, щоб у момент відриву вугільного електрода при пайці не утворювалася електрична дуга, яка викликає швидке плавлення й випаровування свинцю.

Пайку пластин виконують із застосуванням спеціальних шаблонів 3 з листової сталі (мал. 4.2, в).

Сполучні смуги *2* при бічній пайці встановлюють на паяльних смугах 4, покладених на дерев'яних брусках 6 так, щоб скошена сторона розташовувалася з боку паяльних вушок 5.

Увесь простір 7 між паяльним вушком і скошеною поверхнею сполучних смуг рівномірно заповнюють свинцем до рівня верху паяльного вушка. Усі сполучні смуги акумуляторного рада розташовують на одній горизонтальній лінії й на однаковій відстані від скляних посудин.

Після пайки нерівності зварних швів зрізують або обпилюють. При пайку не можна допускати перекоси групи пластин в акумуляторному елементі й неоднакові відстані між пластинами; шаруватість свинцю, раковини й виступи в місцях припаювання вушок пластин до сполучних смуг; протечи свинцю під сполучні смуги й на пластини; влучення свинцю усередину акумуляторних посудин.

Кожний акумуляторний елемент комплектують сепараторами, гумовими муфтами й двома пружинами для стягування пластин. В акумуляторах СК(С)-12 і СК(С)-14 пружини не ставлять, а бічні пластини віджимають гумовими муфтами. Одержувані із заводу дерев'яні сепаратори й палички перед установкою їх в акумулятори піддають луженню. Акумулятори АБН встановлюють на стелажах на відстані 20 мм друг від друга.

Акумуляторні елементи нумерують. Порядкові номери наносять на пластмасові пластинки, встановлювані на брусках стелажів під кожним акумулятором. Пластинки до брусків кріплять свинцевими або дерев'яними шпильками, пофарбованими кислототривкою фарбою.

ЛЕКЦІЯ
Випрямлячі й напівпровідникові вентилі

Випрямлячі. Електростанції виробляють і передають споживачам змінний струм частотою 50 Гц. Однак для апаратури залізничної автоматики й телемеханіки в основному потрібен постійний струм. Тому виникає необхідність перетворення змінного струму в постійний. Для цього використовують випрямні обладнання (випрямлячі), які складаються із трансформатора Т, випрямної схеми *В* и фільтра *Ф* (мал. 218).

Трансформатор служить для перетворення стандартної змінної напруги мережі в змінну напругу, при якій на виході випрямного обладнання виходить постійна напруга, необхідна для живлення апаратури автоматики й телемеханіки.

Випрямна схема складається з вентилів, що пропускають струм тільки в одному напрямку. На виході випрямної схеми випрямлений струм змінюється по величині (пульсує). У результаті дії фільтра пульсація випрямленої напруги, підводимого до навантаження, стає в багато разів менше.

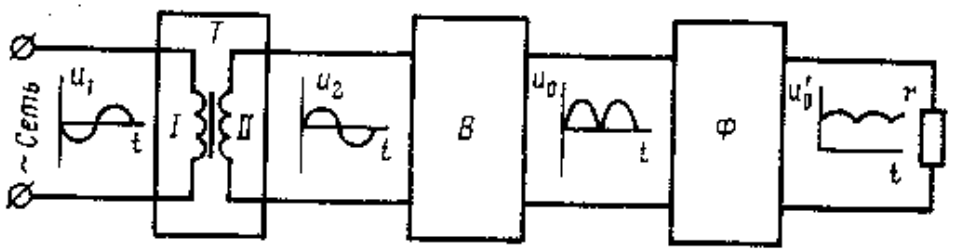


Рис. 218. Структурная схема выпрямительного устройства

Напівпровідникові вентилі. Для електроживлення пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки застосовують напівпровідникові вентилі (селенові, кремнієві). Вентиль являє собою прилад, що володіє однобічною провідністю. Току прямого напрямку вентиль чинить малий опір, а току зворотного напрямку — дуже великий опір. Це основна електрична властивість вентиля виражається його вольт-амперною характеристикою (мал. 219), тобто залежністю струму від напруги, прикладеного до вентиля.

При прямій напрузі $U_{пр}$ вентиль легко пропускає струм $I_{пр}$, який різко збільшується зі зростанням прямої напруги. Залежність $I_{пр} = \varphi(U_{пр})$ виражає пряма галузі вольт-амперної характеристики. Зворотна галузі цієї характеристики виражає залежність зворотного струму $I_{обр}$ від прикладеної зворотної напруги $U_{обр}$. Під дією зворотної напруги вентиль пропускає незначний струм, що збільшується зі зростанням зворотної напруги. При зворотній напрузі, називаному напругою пробою, відбувається електричний пробій вентиля.

Максимальна зворотна напруга, яка вентиль може витримувати без пробою, зберігаючи в припустимих межах значення зворотного струму, називається припустимою зворотною напругою. Для надійної роботи вентиля припустима зворотна напругу вибирають набагато менше напруги пробою.

Напівпровідниковий вентиль являє собою контактне з'єднання двох напівпровідників з різними типами провідності — електронної *n* і дирочної *p* (мал. 220, *а).* Внаслідок великої концентрації електронів у напівпровіднику *n* у порівнянні з напівпровідником *p* електрони будуть проникати з напівпровідника *n* у *p.* Аналогічно будуть проникати дірки в напівпровідника *n.* У результаті цього в тонкому прикордонному шарі напівпровідника *n* утворюється об'ємний позитивний заряд, а в прикордонному шарі напівпровідника *p* — об'ємний негативний заряд.

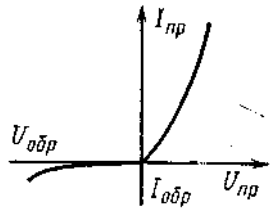


Рис. 219. Вольт-амперная характеристика вентиля

Електричне поле цих просторових зарядів протидіє подальшої дифузії електронів і дірок через перехід *p — n.* Таким чином, у шарі *p — n* виникає потенційний бар'єр.

Якщо позитивний полюс джерела живлення з'єднати з напівпровідником *p,* а негативний полюс — з напівпровідником *n* (мал. 220, *6),* то електричне поле джерела послабить дія просторових зарядів і зменшить потенційний бар'єр, у результаті чого зростає дифузія, а отже, і струм через перехід *p — n.*

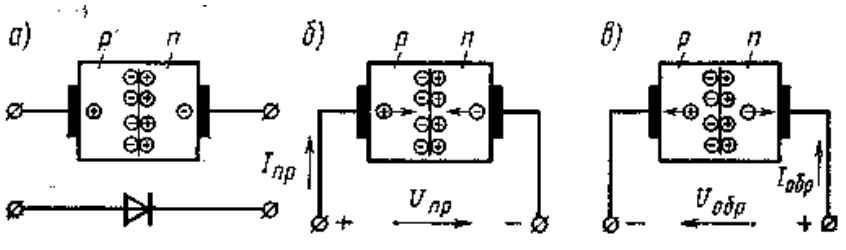


Рис. 220. Принцип работы вентиля

Таке з'єднання джерела є прямим. При зворотньому з'єднанні, коли позитивний полюс джерела з'єднаний з напівпровідником *n*, а негативний -з напівпровідником *p,* зовнішнє електричне поле джерела підсилює поле просторових зарядів і видаляє основні носії струму по обидва боки переходу (мал. 220, *в).* У цьому випадку через перехід проходить дуже малий струм, створюваний рухом неосновних носіїв; Таким чином, контактне з'єднання двох напівпровідників з різними проводимостями має однобічну провідність, тобто є вентилем.

Селенові вентилі (мал. 221). На алюмінієву пластину *1* круглої, квадратної або прямокутної форми нанесений тонкий шар селен 2, а поверх нього — шар легкоплавкого сплаву *3* з олова, кадмію й вісмуту. Між шаром селен, що має дирочну електропровідність, і легкоплавким сплавом, що володіють електронною провідністю, утворюється вентильний *p — n* -перехід.

Випускаються селенові елементи різних розмірів на струми навантаження від 60 мкА до 24 А на один елемент. Чим більше активна поверхня елемента, тем більший струм можна пропустити через нього.

Залежно від припустимої змінної напруги селенові елементи ділять на шість класів:

Клас..... В Г Д Е И К

Припустиме значення діючої змінної напруги, В. .

.....20 25 30 35 40 45

Селенові вентилі збирають у випрямні стовпчики. У стовпчику окремі елементи з'єднують у різні випрямні схеми. У системах автоматики й телемеханіки використовують однофазний і трифазний випрямні мости. Після тривалої роботи прямий опір селенових вентилів підвищується, це явище називається старінням вентилів. У нормальних умовах роботи випрямлячів строк їх служби становить приблизно 5 років. При порушенні нормальних режимів роботи (перевантаження, перевищення припустимої температури й т.п.) строк служби випрямляча скорочується.

Кремнієві вентилі. Силові кремнієві вентилі підрозділяють на некеровані й керовані (тиристори). По конструкції вони нагадують германієві вентилі, але їх виготовляють із інших матеріалів.

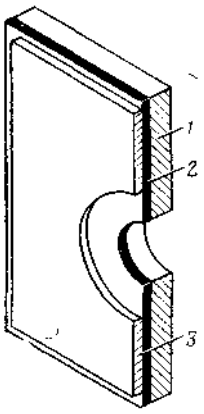


Рис. 221. Селеновый вентиль

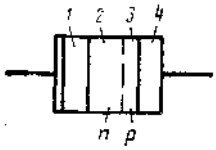


Рис. 222. Пояснение к устройству кремниевого вентиля

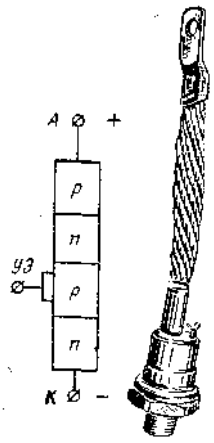


Рис. 223. Тиристор

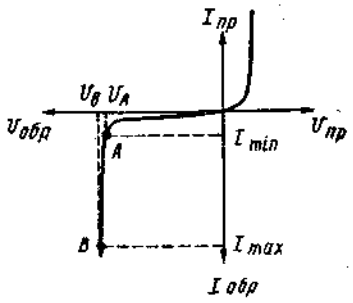


Рис. 224. Вольт-амперная характеристика кремниевого стабилитрона

Основою кремнієвого вентиля (мал. 222) є тонка пластинка *2* чистого кремнію, що володіє електронної (*n*) провідністю. Цю пластину сплавляють із пластиною алюмінію *4.* Внаслідок дифузії атомів алюмінію в кремнії створюється тонкий шар *3,* що володіє дирочною (р). провідністю. Таким, образом, усередині кремнієвої пластини створюється *p – n* перехід, що обумовлює дію, що випрямляє, вентиля. Кремнієві вентилі перебувають у герметичному корпусі, що захищає їх від впливу вологості навколишнього середовища. Один висновок кремнієвого вентиля з'єднується з алюмінієвою пластиною, іншої — з токоз'ємним сплавом *1* срібла із сурмою, нанесеним на іншу сторону пластини кремнію. Вентиль проводить струм у напрямку від алюмінію до кремнію. Випрямні кремнієві вентилі мають небагато більший прямий опір, чому германієві, зате їх зворотний опір зразковий на порядок більше. Припустима зворотна напруга кремнієвих вентилів більше, чим германієвих, і досягає 600 В и більш, робочий струм, до 1000 А робоча температура

від — 60° до + 150° С. Велика припустима зворотна напруга дозволяє становити випрямні схеми із кремнієвих вентилів без їхнього послідовного з'єднання. Кремнієві вентилі мають невеликі розміри й пропускають більші струми, тому вони вимагають інтенсивного охолодження. При невеликих навантаженнях їх прохолоджують за допомогою радіаторів, а при більших навантаженнях - потоком повітря від спеціального вентилятора.

Тиристор (мал. 223) являє собою кремнієву пластину з n-провідністю, у якій створюється чотиришарова напівпровідникова структура *р — n — р — n*, складається із трьох *р* — n-*переходів*, що включаються послідовно. Два крайні шари *р* и я із припаяними до них металевими електродами є анодом *А* и катодом *До* тиристора. До внутрішнього шару із провідністю *р* приєднують керуючий електрод *УЕ,* через який проходить невеликий струм керування.

Тиристор може перебувати у двох станах: у виключеному, або закритому, яке характеризується більшим опором, і у включеному, або відкритому, яке характеризується малим опором. Перехід із закритого стану у відкрите здійснюється за допомогою подачі на анод великого позитивного потенціалу або подачі в ланцюг керуючого електрода *УЕ* необхідного імпульсу напруги. Перехід тиристора з відкритого стану в закрите здійснюється при відключенні анодної напруги або зменшенні прямого струму, що проходить через тиристор, до деякого мінімального значення, називаного утримуючим струмом.

Кремнієві стабілітрони. Площинні кремнієві діоди, призначені для стабілізації постійної напруги або для одержання опорного (зразкового незмінного) напруги, називають кремнієвими стабілітронами або опорними діодами.

Для стабілізації напруги звичайно використовують ділянку *АВ* вольт-амперної характеристики кремнієвого стабілітрона (мал. 224), коли до нього підключають зворотну напругу. При напрузі U_A починається електричний пробій *р — n*-переходу. Напрузі U_A відповідає мінімальний струм стабілізації I_{min}. Зворотній напрузі $U_в$ відповідає максимальний струм стабілізації I_{max} і найбільша припустима потужність у стабілітроні $P_{max} = U_в \bullet I_{max}$. При напругах, більших $U_в$, потужність, виділювана в стабілітроні, перевищує встановлену межу. У результаті електричний пробій переходить у тепловий і наступає необоротне руйнування *р- n*-переходу.

Таким чином, в області електричного пробою (на ділянці *АВ* вольт-амперної характеристики) кремнієві стабілітрони не перегрівається вище припустимої температури й не виходять із ладу. Причому напруга пробою залишається майже постійним за умови, коли зворотний струм міняється в дуже широких межах (від I_{min}. до I_{max}). Ця властивість кремнієвих діодів і використовують для стабілізації напруги. Стабілізатор напруги (мал. 225, *а)* складається із кремнієвого стабілітрона *V* і резистора R_0 включених послідовно. Опір навантаження $Р_н$ включають паралельно стабілітрону.

При напрузі $U_{вх\ min}$ починається електричний пробій *р — n* - переходу стабілітрона *V* і на виході стабілізатора встановлюється напруга $U_{вих}$. При збільшенні вхідної напруги від $U_{вх\ min}$ до $U_{вх\ max}$ збільшується струм кремнієвого стабілітрона від I_{min} до I_{max}, а вихідна напруга міняється незначно від $U_{вих\ min}$ до $U_{вих\ max}$. Номінальна вхідна напруга $U_{вх\ ном}$ відповідає точці *Б,* розташованої на середині робочої ділянки *АВ* характеристики стабілітрона. Зміні вхідної напруги $\Delta U_{вх} = U_{вх\ max} — U_{вх\ ном}$ буде відповідати незначній зміні вихідної напруги $\Delta U_{вих} = U_{вих\ max} — U_{вих}$

$_{ном}$. Опір резистора R_0 вибирається таким, щоб при напрузі $U_{вх\ max}$ струм кремнієвого стабілітрона не перевищувала задана межа, за якою відбувається пробій і стабілітрон виходить із ладу.

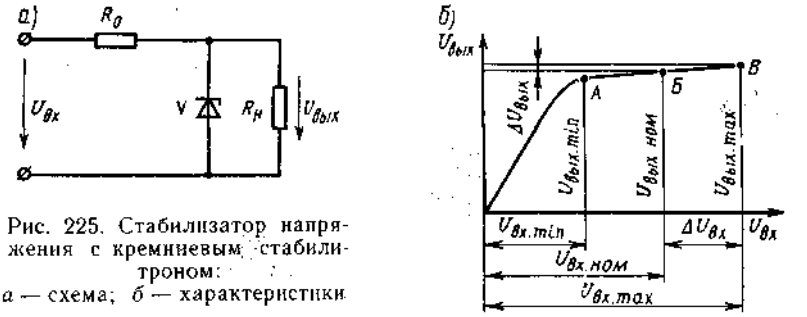


Рис. 225. Стабилизатор напряжения с кремниевым стабилитроном:
а — схема; *б* — характеристики

Межі стабілізації напруги в кремнієвому стабілітроні обмежені мінімальним I_{min}. і максимальним I_{max} струмами стабілізації. Напруга стабілізації кремнієвих стабілітронів залежить від їхнього типу й може бути рівно від 3,7 до 100 В. Якщо необхідно стабілізувати більш високу напругу, то включають кілька стабілітронів послідовно. Паралельне включення стабілітронів не застосовується, тому що неможливо підібрати стабілітрони із зовсім однаковими вольт-амперними характеристиками й при паралельнім включенні працює тільки один стабілітрон, у якого електричний пробій наступає раніше. Вольт-амперна характеристика кремнієвого діода має різкий злам при прямій напрузі 1-1,5 В, тому кремнієві діоди можна використовувати для стабілізації малих напруг. У цьому випадку їх включають у прямому напрямку.

Кремнієві стабілітрони використовують у випрямлячах диспетчерської, гіркової й електричної централізації для одержання опорного (певного незмінного) напруги.

ЛЕКЦІЯ
Випрямлячі типу ВАК і ВСА, ЗБУ й ВУС.

Випрямлячі типу ВАК (випрямляч акумуляторний купроксний) призначені для зарядки акумуляторних батарей по буферній системі, а також для безпосереднього живлення ланцюгів.

Купроксні випрямлячі складаються з декількох купроксних вентилів, які в порівнянні із селеновими мають гірші електричні характеристики, але відрізняються більшим строком служби. Ці випрямлячі застосовують в обладнаннях автоматики й телемеханіки.

Випрямляч типу ВАК складається із трансформатора й випрямних елементів, зібраних у стовпчик за мостовою схемою (мал. 234, *а)*. Первинна обмотка *I* трансформатора *Т* виконана з обмоток, розташованих на середньому стрижні Ш-образного магнітопроводу.

Живлення випрямлячів ВАК здійснюється від мережі змінного, струму напругою 110, 127 або 220 В, частотою 50 Гц. Мережа змінного струму підключається відповідно до виводів первинної обмотки 0—110 В, 0—127 або 0—220 В. Вторинна обмотка *II* розташована на бічному стрижні магнітопроводу (мал. 234, *б)*.

Трансформатор постачений магнітним шунтом 2, яким можна регулювати напруга на вторинній обмотці, а отже, і випрямлений струм. При крайньому лівому положенні шунта через шунт проходить найбільший магнітний потік, а через сердечник вторинної обмотки *3* — найменший. У цьому випадку випрямлений струм буде мінімальним. Коли шунт *2* пересунуть вправо, через сердечник другої обмотки *2* проходить максимальний магнітний потік, який збільшує випрямлений струм.

Для електропостачання пристроїв автоматики й телемеханіки застосовують кілька різних типів купроксних випрямлячів типу ВАК.

Випрямлячі типів ВАК-11А, ВАК-13А, ВАК-16А використовують автономно або для буферної роботи з акумуляторною батареєю напругою 12 В. Випрямлячі типу ВАК-14А служать для безперервного під заряду акумулятора напругою 22 В.

У випрямлячі типу ВАК з індексом Б застосовують кремнієві діоди, які при східчастім регулюванні приєднують до відповідної до секції трансформатора *Т* (мал. 235). Випрямлячі типу ВАК-Б випускали з 1969 по 1974 р.

Кремнієві випрямлячі можуть працювати з акумуляторними батареями й самостійно, як джерела випрямленого напруги. Випрямлена напруга при цьому залежить від навантаження, особливо активної.

Електричні характеристики кремнієвих випрямлячів при роботі їх з акумуляторною батареєю наведені в табл. 16, а при роботі з активним навантаженням — у табл. 17.

Таблица 16

Тип выпрямителя	Напряжение батареи, В	Ток заряда, А, ±20% при ступени регулирования					
		1	2	3	4	5	6
ВАК-13Б	13,2	0,1	0,25	0,45	0,7	1,0	2,4
ВАК-14Б	2,2	0,15	0,35	0,8	1,2	1,6	2,2
ВАК-16Б	13,2	0,07	0,13	0,25	0,38	0,6	1,2

Таблица 17

Тип выпрямителя	Выпрямленный ток, А	Выпрямленное напряжение, В, при ступени регулирования					
		1	2	3	4	5	6
ВАК-13Б	2,4	6,5±0,5	7±0,6	7±0,7	8,3±0,7	9±0,8	12,2±0,8
ВАК-14Б	2,2	0,4±0,15	0,57±0,15	0,95±0,15	1,45±0,15	1,8±0,2	2,3±0,2
ВАК-16Б	1,2	6,6±0,5	7±0,6	7,5±0,7	8,4±0,7	9±0,8	12±0,8

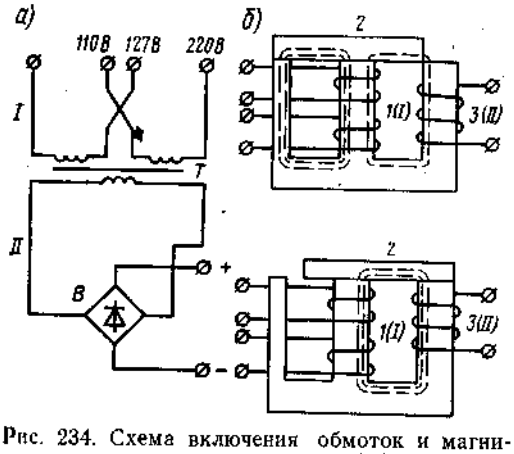


Рис. 234. Схема включения обмоток и магнитопровод выпрямителя ВАК

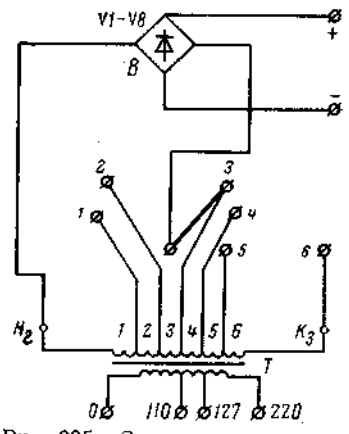


Рис. 235. Схема выпрямителя ВАК-Б с кремниевыми диодами

У наступні роки у випрямлячах типів ВАК-13Б, ВАК-14Б и ВАК-16Б кремнієві діоди замінили на селенові. Випрямлячі стали позначати відповідно ВАК-13, ВАК-14 і ВАК-16. Їхні електричні характеристики не змінилися.

Випрямлячі типу ВСА (випрямляч селеновий акумуляторний) раніше широко використовували в обладнаннях електричної централізації для заряду акумуляторних батарей. Вони розраховані на підключення до мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220, 127 або 110 В. Хоча ВСА в цей час не застосовують, але в експлуатації вони є.

Випрямляч ВСА-6М (мал. 236) є однофазним двохполуперіодним селеновим випрямним обладнанням. Він не має спеціальних пристроїв для регулювання напруги; під час заряду струм знижується автоматично внаслідок зростання напруги батареї.

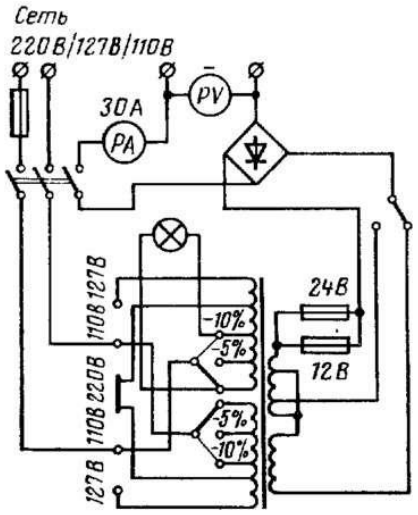


Рис. 236. Схема селенового выпрямительного устройства ВСА-6М

Зарядно-буферний пристрій типу ЗБУ-12/10 призначений для заряду акумуляторної батареї напругою 12—14 В. В пристрої застосована двохполуперіодна схема випрямлення із середньою точкою й кремнієвими діодами. Випрямляч випускають із заводу включеним і відрегульованим на живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 110 або 220 В; випрямлена напруга 12 В; максимальний струм при нормальній напрузі живильної мережі 10 А.

Блок типу ЗБУ-12/10 (мал. 237) складається із трансформатора ***Т*** спеціальної конструкції, що складається із трьох стрижнів і розрахованого на живлення від однофазної мережі змінного струму (обмотка на стрижні 3 служать для регулювання зарядного струму); двохполуперіодних випрямлячів на силових кремнієвих діодах *V2* і *V3* із середнім виводом; приладів автоматики для виміру режимів роботи. Блок має перемикач *П* для перемикання пристрою з автоматичного регулювання режимів роботи на ручну.

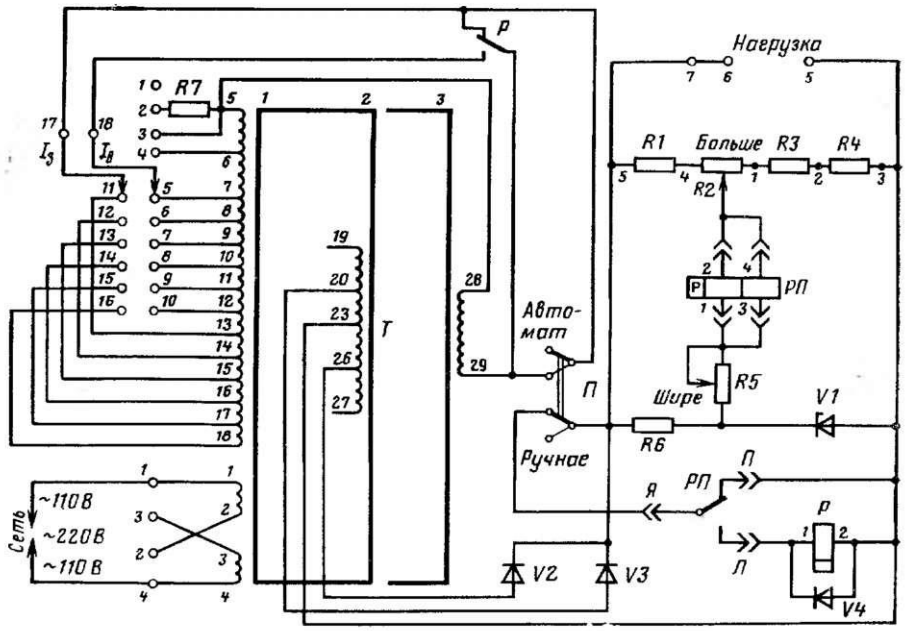


Рис. 237. Зарядно-буферное устройство типа ЗБУ-12/10

Автоматика блоку, призначена для зміни режимів його роботи, складається з моста, три плеча якого утворені резисторами *R1, R3, R4* і *R6* і одне плече — стабілітроном *V1*, і поляризованого реле *РП* із повторювачем *Р*. Реле *РП* включене в діагональ моста через два регульовані резистори *R2* і *R5*. Резистором *R2* встановлюють межі напруги батареї (максимального або мінімального), при яких зміна напрямку струму в реле *РП* викликає перекидання поляризованого якоря. Резистором *R5* встановлюють необхідний струм спрацьовування реле *РП*.

При необхідності включення ЗБУ-12/10 для роботи з акумуляторною батареєю напругою 14,5 В (сім акумуляторів) діоди *V2* і *V3* слід перемкнути з виводів *20* і *26* силового трансформатора *Т* відповідно на виводи *19* і *27*.

Зарядно-буферний пристрій може працювати разом з акумуляторною батареєю в буферному режимі або в режимі форсованого заряду. Перехід з буферного режиму в режим форсованого заряду відбувається автоматично при зниженні напруги на акумуляторі до 2,1 В. З підвищенням напруги на акумуляторі до 2,5 В пристрій автоматично переводиться в буферний режим.

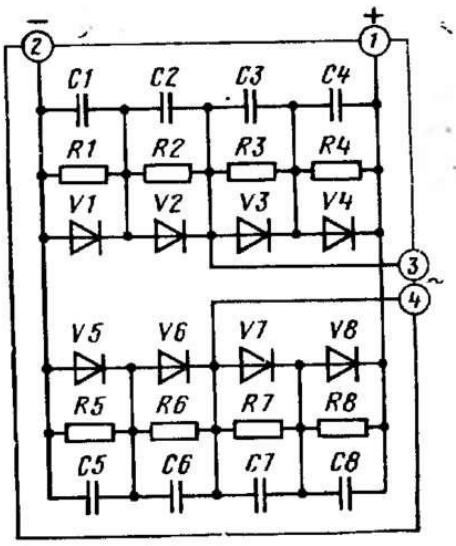
У режимі ручного регулювання зарядно-буферний пристрій можна використовувати для безпосереднього живлення навантаження без акумуляторної батареї. У цьому випадку вихідну напругу й струм підбирають перестановкою штепселя. Випрямлена напруга може бути від 9 до 18 В. Конструктивно зарядно-буферний пристрій типу ЗБУ-12/10 виконують у вигляді блоку, який пристосований для встановлення в релейних шафах або закритих приміщеннях.

Випрямний пристрій типу ВУС-1,3 служить для випрямлення однофазного змінного струму частотою 50—400 Гц. Цей пристрій застосовують на малих станціях для живлення стрілочних електроприводів з електродвигунами постійного струму на номінальну напругу 160 В.

Випрямне обладнання типу ВУС-1,3 має наступні характеристики:

Номінальна напруга живильної мережі, В	220
Випрямлена напруга, В, не менш	190

Номінальна потужність на виході, кВт 1,3



Рнс. 239. Схема выпрямительного устройства тнпа ВУС-1,3

Пристрій являє собою випрямляч мостового типу із двома кремнієвими діодами в кожному плечі (мал. 239), паралельно кожному діоду включені резистор і конденсатор для вирівнювання зворотних напруг.

ЛЕКЦІЯ
Перетворювач частоти ПЧ-50/25. Напівпровідникові перетворювачі типів ПП-300М, ППС-1,7, ППШ-3, ППВ-1

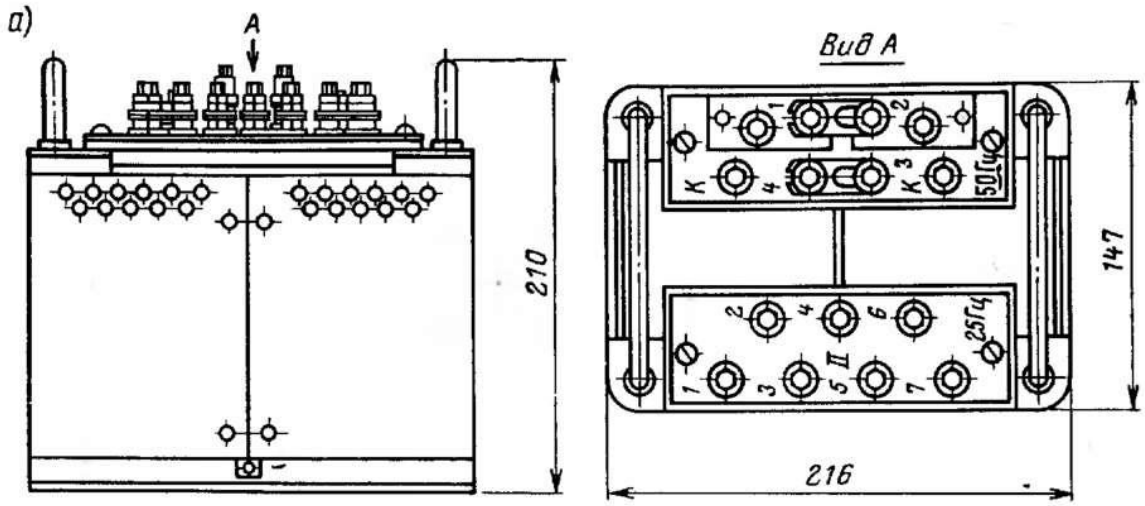
Статичний електромагнітний перетворювач частоти ПЧ-50/25.

Ці перетворювачі призначені для перетворення змінного струму частотою 50 Гц у змінний струм частотою 25 Гц**,** застосовуваний для живлення рейкових кіл.

Перетворювачі частоти випускають трьох типів: ПЧ-50/25-100УЗ для живлення рейкових кіл числового кодового автоблокування 25 Гц; ПЧ-50/25-150УЗ — для групового живлення імпульсних рейкових кіл 25 Гц на станціях при електротязі змінного струму; ПЧ-50/25-300УЗ — для живлення станційних рейкових кіл 25 Гц із фазочутливими двоелементними реле ДСШ-13 і ДСШ-13А.

Числа 100, 150 і 300 позначають вихідну потужність змінного струму частотою 25 Гц (В • А), буква В — кліматичне виконання, буква 3 — категорію розміщення.

Перетворювачі всіх типів працюють від однофазної мережі змінного струму



частотою 50 Гц при напрузі 110 і 220 В. При включенні перетворювача в мережу напругою 220 В перемичку встановлюють між виводами *2-3* обмотки *I*, а при включенні в мережу напругою 110 В — між виводами *1-2* і *3-4* (мал. 243, *а*). Перетворювач частоти розділений на дві частини: феромагнітний блок (магнітна система з обмотками й діодами) і блок конденсаторів. Феромагнітні блоки розташовують горизонтально (дозволяється підвішувати тільки блок типу ПЧ-50/25-100УЗ). Конденсаторні блоки (мал. 243, б) розміщають горизонтально або підвішують вертикально.

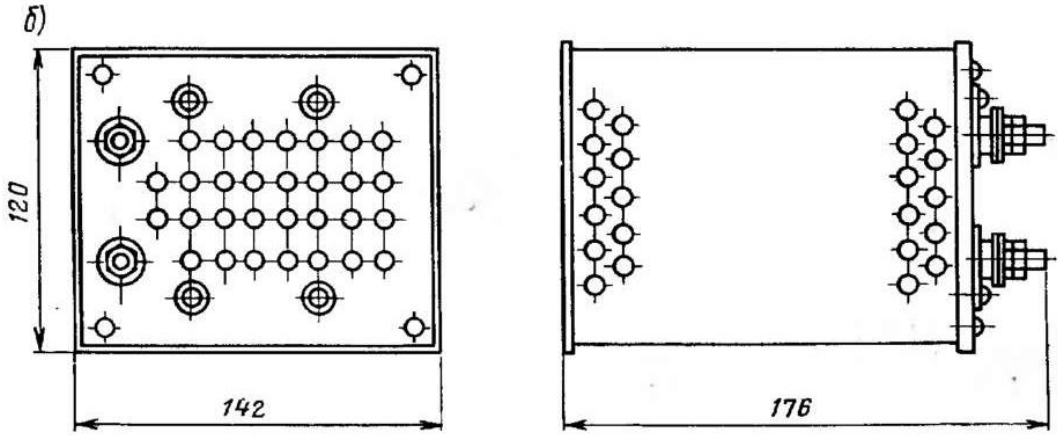


Рис. 243. Ферромагнитный блок (*а*) и блок конденсаторов (*б*) преобразователя типа ПЧ50/25-150УЗ

Блок конденсаторів перетворювачів потужністю 100 і 150 В • А має ємність 80 мкФ і складається з восьми конденсаторів кожний ємністю по 10 мкФ на робочу напругу змінного струму 250 В. Блок конденсаторів ПЧ-50/25-300УЗ має ємність 120 мкФ і складається з 12 конденсаторів.

Перетворювачі частоти мають високі стабілізуючі властивості й не вимагають спеціальних пристроїв для стабілізації вихідної напруги. При коливаннях напруги мережі в межах (220 + 20) В напругу контуру змінюється не більше ніж на 5% і при

навантаженні на виході 50% номінальної залишається практично незмінним. При перевантаженні перетворювача струм у первинній обмотці не збільшується.

Перетворювачі не мають потреби в спеціальному захисті від коротких замикань. Після усунення короткого замикання перетворювач автоматично включається в роботу. Якщо струм навантаження перевищує значення, обумовлене розрахунковою потужністю перетворювача, процес перетворення частоти порушується й перетворювач не працює.

Принцип дії статичного перетворювача частоти заснований на явищі параметричного збудження коливань у контурі з індуктивністю і ємністю. Сутність цього явища полягає в тому, що при примусовій зміні одного з параметрів коливального контуру — ємності або індуктивності — із частотою, удвічі більшої власної частоти контуру, у ньому виникають і підтримуються незатухаючі коливання, частота яких близька до власної частоти контуру. Змінити параметри контуру можна, наприклад, переміщенням у котушці індуктивності сталевого сердечника із заданою частотою *2f*. За рахунок механічної енергії в контурі виникнуть параметричні коливання у вигляді змінного струму частотою *f*.

Параметричні коливання можна також одержати, використовуючи зміну індуктивності котушки трансформатора зі сталевим сердечником, що насичується.

Індуктивність котушки зі сталевим сердечником

$$L = \mu\mu_0 \omega^2 S/l$$

де μ — відносна магнітна проникність матеріалу сердечника котушки;

μ_0=4π•I07 — магнітна постійна, Гн/м;

ω — число витків котушки;

S - площа поперечного переріза сердечника, м^2;

l — довжина котушки, м.

Зміна індуктивності L може бути досягнута зміною магнітної проникності стали сердечників, тому що $L = f(\mu)$.

Цей принцип використовується й у перетворювачі частоти ПЧ-50/25 Гц (мал. 244, *а*).

Послідовно з'єднані обмотки ω двох сердечників з електротехнічної сталі підключають до мережі змінного струму частотою 50 Гц. Індуктивність L середньої обмотки ω_1 разом з ємністю С утворює коливальний контур, настроєний на частоту 25 Гц. Обмотки ω включають таким чином, щоб створювані ними магнітні потоки в середній частині сердечника були спрямовані назустріч один одному, тому в середній обмотці ω_1 змінний струм частотою 50 Гц не індуцюється.

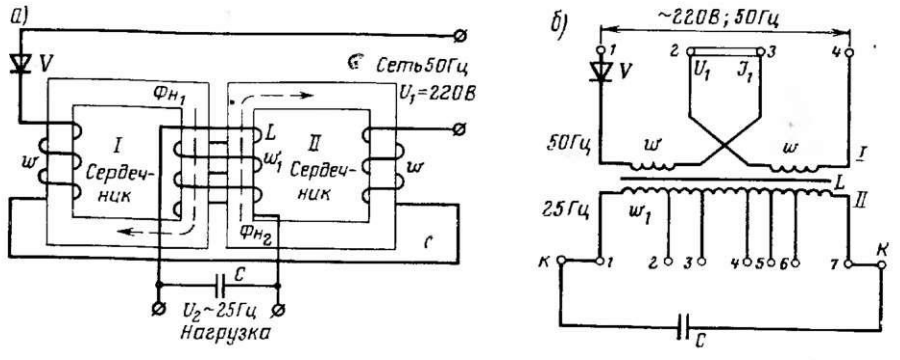


Рис. 244. Схема преобразователя частоты ПЧ50/25 Гц (*а*) и ПЧ50/25-300УЗ (*б*)

Послідовно з обмотками включається діод *V*, що перетворить змінний струм 50 Гц в однополуперіодний. У результаті цього магнітний потік у сердечниках буде змінюватися 50 раз за 1 с. При насиченні сердечників буде змінюватися відносна магнітна проникність μ, а отже, і індуктивність *L* середньої обмотки. При настроюванні контуру на частоту 25 Гц із виходу перетворювача можна одержати змінний струм частотою 25 Гц.

Перетворювач типу ПЧ-50/25-100УЗ може живити два рейкові кола з незалежно встановленим напругою, необхідним для кожної з них. Використовуючи основну й додаткову вторинні обмотки, від перетворювача можна одержати 34 різних напруги від 5 до 175 В с інтервалом 5 В. Габаритні розміри перетворювача 215 х 112 х 203 мм, маса 14,6 кг; габаритні розміри блоку конденсатора 142 х 120 х 180 мм, маса 3,4 кг.

Перетворювачі типу ПЧ-50/25-150УЗ встановлюють на станціях. З обмотки перетворювача через виводи секцій можна одержати різні напруги — від 5 до 220 В. При цьому в інтервалах напруг від 5 до 20 В, від 100 до 110 В и від 180 до 190 В — ступенями через 5 В, а в інтервалах від 80 до 100 В, від 130 до 210 В — через 10 В. Габаритні розміри перетворювача 216 х 147 х 210, маса 16,8 кг. Блок конденсаторів перетворювача такий же, як у перетворювача типу ПЧ50/25-100УЗ.

Перетворювач типу ПЧ-50/25-300УЗ (мал. 244, б) конструктивно відрізняється від попередніх застосуванням хрестоподібного магнитопровода й двох обмоток, розташованих під кутом 90° Таке розташування обмоток на магнітопроводі виключає передачу енергії індуктивним шляхом з однієї обмотки на іншу, тому що магнітний потік однієї обмотки не перетинає витків іншої обмотки.

Секції вторинної обмотки (див. мал. 244, б) дозволяють одержувати напруги ступенями через 5 В в інтервалах від 5 до 20 В від 85 до 115 і від 210 до 220 В. Габаритні розміри перетворювача 199 х 152 х 225 мм, маса 6,5 кг. У цьому блоці є три скляних резистора опором 5 Ом кожний, з'єднаних паралельно між собою й включених послідовно з конденсаторами для подавлення гармонік частоти 50 Гц мережі, що виникають при підвищенні напруги, живлення до 250-270 В.

Напівпровідниковий перетворювач типу ПП-300М. Він виконаний у вигляді блоку й призначений для резервування живлення пристроїв залізничної автоматики при вимиканні мережі змінного струму (автономний режим) і для живлення рейкових кіл, які відрізняються від 50 Гц частотою змінного струму (режим із зовнішнім сигналом керування). Джерелом живлення перетворювача служить акумуляторна батарея або трифазний мостовий випрямляч із номінальною напругою 24 В.

Основні характеристики напівпровідникового перетворювача типу ПП-300М: -

Напруга на виході перетворювача, В:
при номінальнім навантаженні ……...220±10
на холостому ходу не більш . ……..260
Частота вихідної напруги перетворювача
в автономном режиме, Гц ..... ……..60±1
Номинальная мощность нагрузки, Вт, при cos φ = 0,9 ……..300
При номінальному навантаженні: к.п.д, %, не менш……...80
струм холостого ходу, А, не більш ……4

Перетворювач типу ПП-300М (мал. 245) складається з генератора О, формувача імпульсів ФИ, інвертора И и пускозахищаючого пристрою ***ПЗУ.***

Генератор ***С*** виконаний на транзисторах ***VT1*** і ***VT2*** за схемою двотактного релаксаційного генератора із самозбудженням. За допомогою резистора й стабілітрона ***VD*** напруга живлення генератора підтримується постійним на рівні 9—10 В при зміні напруги акумуляторної батареї від 21,6 до 26,4 В. Середній струм споживаний генератором, 200 мА. Стабільність частоти перетворювача забезпечується включенням у ланцюг зворотного зв'язку контуру, що складається з ємності *С3* і трансформатора *Т1*, і становить ±4 Гц. Для настроювання частоти генератора обмотка *7-11* трансформатора *Т3* секціонована.

Формувач імпульсів *ФИ* має, що диференціює ланцюжок розподільні діоди *VD2* і *VD3*. Прямокутні імпульси, що надходять від генератора G, перетворюються у вузькі керуючі імпульси, які через діоди *VD2* і *VD3* по черзі посилають у коло керування тиристорами *VD17* і *VD12*.

Інвертор *И* перетворює напругу постійного струму в змінну напругу на виході перетворювача. Він складається із трансформатора *Т2*, тиристорів *VD11* і *VD12* конденсатора С5, дроселів *Др1, Др2* і *Др3* діодів *VD5* і *VD6*. Живлення інвертора здійснюється через пускозахистний пристрій ПЗУ від джерела постійного струму напругою (24 ± 2,4) В.

При вступі керуючого імпульсу на тиристор *VD11* останній відкривається й по верхній напівобмотці трансформатора *Т2* проходить струм, який індуцює напругу у вторинній обмотці й заряджаючий конденсатор *С5*. Із вступом наступного керуючого імпульсу відкривається тиристор *VD12*. У цей момент по нижній напівобмотці трансформатора *Т2* проходить струм і змінюється полярність напруги на його вторинній обмотці. При відкритті вентиля *VD12* заряджається конденсатор С5, струм розряду якого спрямований назустріч току, що протікає через *VD11* і співпадаючому з напрямком струму через *VD12*, у результаті чого струм вентиля *VD11* зменшується до струму вимикання й вентиль закривається.

Після закриття *VD11* конденсатор *С5* перезаряджається й підготовлює умови для комутації струму в наступний півперіод.

Надалі схема працює аналогічно, забезпечуючи почергове відкриття (керуючі імпульси) і закриття (розряд конденсатора *35)* керованих вентилів. Дросель *Др1* виключає розряд конденсатора *С5* через джерело живлення, а дроселі *Др2* і *Др3* зменшують крутість наростання струму при відкритті тиристора.

Таким чином, при вступі керуючих імпульсів на вхід інвертора (кола керування тиристорами) відбувається почергове відкриття тиристорів *VD11* і *VD12* і по напівобмотках *1-2, 2-3* трансформатора *Т2* протікає змінний струм, індукуючий у вторинній обмотці, до якої підключено навантаження, змінна напруга.

Пускозахисний пристрій ПЗУ має резистори *R2, R7— R1,* діоди *VD4, VD7-VD10*, автоматичний вимикач багаторазової дії АВМ, реле К и П, які забезпечують автоматичний повторний запуск перетворювача, якщо за якимись причинами його робота буде припинена (наприклад, короткочасне коротке замикання в навантаженні). Реле *К* и *П* отримують живлення через випрямляч із виходу перетворювача. При короткому замиканні в навантаженні змінний струм на обмотках трансформатора *Т2* зникає й живлення обох реле вимикається, чим забезпечується короткочасний розрив ланцюга живлення перетворювача. Після

відпускання якоря реле *П* через його тиловий контакт замикається пусковий ланцюг. На інвертор *И* подається негативний потенціал по ланцюгу: *МБ,* автоматичний вимикач *АВМ*, вивід *9* перетворювача, тиловий контакт реле П, резистор *R7*, дросель *Др1,* точка *0*; починає працювати інвертор і через 0,2 з автоматично відновлюється дія перетворювача.

Автоматичний вимикач багаторазової дії АВМ передбачений на випадок, якщо в навантаженні буде тривале коротке замикання. Періодично, через 1-2 хв, цей вимикач короткочасно виключає пусковий ланцюг перетворювача й відновлює його роботу після усунення пошкодження в навантаженні.

Модернізований перетворювач типу ПП-300М дозволяє задавати частоту й фазу вихідної напруги від зовнішнього сигналу. Таке включення перетворювача використовують для живлення рейкових кіл із двоелементними подорожніми реле частотою, відмінної від частоти мережі. Діапазон частот роботи модернізованого перетворювача 40-80 Гц, напруга вхідного сигналу 5-15 В, потужність навантаження не менш 80 Вт.

Напівпровідниковий перетворювач типу ППС-1,7. Він служить для резервування живлення стрілочних електроприводів із двигунами постійного струму на номінальну напругу 160 В від низьковольтної акумуляторної батареї. Перетворювач застосовується разом з випрямним пристроєм типу ВУС-1,3 і розраховано на переведення однієї стрілки з будь-який маркою хрестовини. Залежно від напруги живлення інвертора 24 або 48 В випускаються два типи перетворювачів: ППС-1,7-24 і ППС-1,7-48 (мал. 246). Перетворювач можна переробити з одного типу в інший за допомогою перемичок на трансформаторі *Т5*, дроселі *Др1* і конденсаторів *С9 - С21, С 22* і *С23.*

Загальні технічні характеристики перетворювачів ППС-1,7:

Напруга акумуляторної батареї, В, для перетворювача типу:

ППС-1,7-24 ..... ……..24

ППС-1,7-48 із середнім виводом ……48

Максимальна потужність навантаження, кВт……1,7

Напруга на виході перетворювача, В, не менш……210

Частота вихідної напруги, Гц …….. 4 0 0 4 ± 1 0

Струм, А, на вході перетворювача типу ППС-1,7-24 не більш при:

холостому ході……..30

максимальному навантаженню……...100

Струм, А, на вході перетворювача типу ППС-1,7-48 не більш при:

холостому ході ..... ……30

максимальному навантаженню ..... ……..50

Перетворювач типу ППС-1,7-49 складається з автогенератора б, формувача імпульсів *ФИ* й інвертора *І.*

Схема перетворювача типу ППС-1,7-24 аналогічна схемі перетворювача ППС-1,7-48 із включенням додаткових перемичок, показаних штриховою лінією.

Особливістю інвертора *И* перетворювача типу ППС-1,7-24 є підключення додаткових конденсаторів *С22* і *С23* до вторинної обмотки силового трансформатора Т5, що скорочує загальне число конденсаторів, необхідних для нормальної роботи інвертора при напрузі акумуляторної батареї 24 В.

Конденсатори *С22* і *С23* поліпшують комутацію за рахунок компенсації індуктивного струму навантаження в момент запирання тиристорів.

Каскад, що задає, включається тиловим контактом реле А при відсутності мережі змінного струму. Інвертор включається тільки на час переведення стрілки. Для цього в ланцюзі живлення пускових стрілочних реле *ПС* (на схемі не показані) установлене реле включення перетворювача *ВПС*. Реле *ВПС* має опір обмотки 1800Ом, так що при включенні реле $ПС$ воно спрацьовує, а пускове стрілочне реле не притягає якір. Через контакти реле $ВПС$ включається групове керуюче реле $ГУС,$ а слідом за ним по високоомної обмотці $2\text{-}4$ — реле $ГПС$. Посиленими фронтовими контактами реле $ГУС$ через резистор $R_П$ утворюється пусковий ланцюг інвертора. Для поліпшення запуску перетворювача обмотки реле $ГУС$ включають паралельно. Після спрацьовування $ГПС$ ланцюг живлення реле $ГУС$ переривається. З появою змінного струму на виході перетворювача від випрямного обладнання типу ВУС-1,3 через контакти $61\text{-}63$ *К* и $41\text{-}42$ $ГУС$ спрацьовує контактор *К*. Посиленим контактом $11\text{-}12$ $До$ інвертор підключається безпосередньо до батареї. Реле $ГУС$, витримавши вповільнення на відпускання за рахунок конденсатора $C_г,$ відключає пусковий ланцюг перетворювача. Контактор до залишається під струмом від двохполуперіодного випрямляча із середньою точкою з виходу випрямляча ВУС-1,3 по ланцюгу: *РПБ,* контактор *К,* $42\text{-}41$ $ГПС,$ $R10,$ $VD15$, висновок 10 трансформатора $Т5$. Напруга живлення цьому ланцюга (110 В) удвічі нижче напруги $РПБ$ — *РМБ*, а напруга на обмотці контактора зменшене резистором $R10$ до 45 В. Контактом $31\text{-}32$ *К* шунтується обмотка реле $ВПС$, і вся напруга живлення прикладається до ланцюга пускового стрілочного реле, контактами якого включається електродвигун (на схемі контакти не показані). Після закінчення перехідних процесів, пов'язаних з пуском двигуна, резистор шунтується тиловим контактом реле $ВПС$.

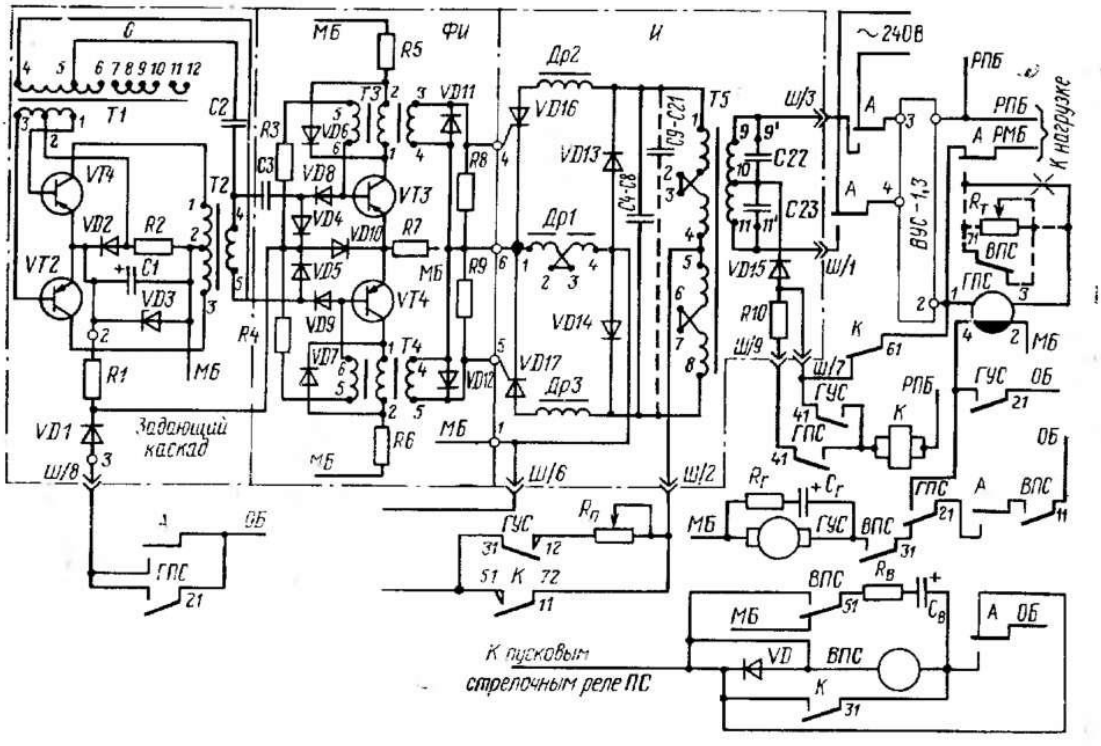


Рис. 246. Схема преобразователя частоты типа ППС-1,7

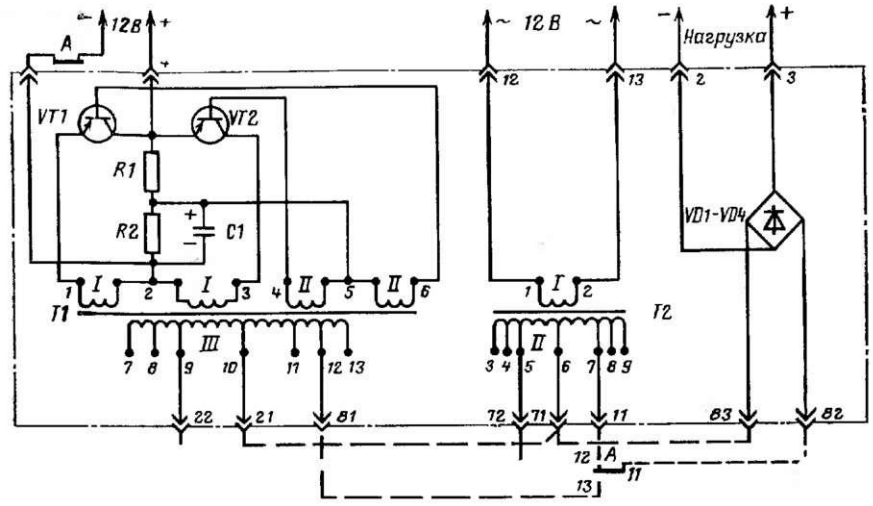


Рис. 247. Схема преобразователя типа ППШ-3

Уповільнення на з перекриває час пуску двигуна. Реле $ГПС$ утримує якір притягнутим по низькоомній обмотці з робочим струмом двигуна до закінчення переведення стрілки. Після цього реле $ГПС$ відпускає якір і розмикається ланцюг контактора К. Посиленим контактом К інвертор відключається. Отже, інвертор включається й вимикається в холосту, коли перетворювач не навантажений.

При перекиданні інвертора зникає змінний струм на виході трансформатора $Т5$. Контактор $К$ знеструмлюється й відключає інвертор.

Конструктивно перетворювач ППС-1,7 виконаний у вигляді блоку зі штепсельним рознімання типу ШР і може бути закритим (у кожусі) для встановлення на стативах і відкритим для встановлення в шафах.

Напівпровідниковий перетворювач постійного струму типу ППШ-3. Він являє собою комбінований електроживлючий пристрій для перетворення змінного або постійного струми напругою 12 В в постійний струм напругою (22 ± 1) В, (55 + 2) В и (77 ± 3) В. Перетворювач виконаний у вигляді блоку живлення, поміщеного в кожусі реле типу НШ, і являє собою генератор, зібраний на двох тріодах за двотактною схемою (мал. 247). Напруга на виході напівпровідникового перетворювача знімається з обмотки III підвищувального трансформатора $Т1$ і подається через тиловий контакт аварійного реле $А$ на випрямний міст.

При перетворенні змінного струму 12 В в постійний напруга знімається із вторинної обмотки трансформатора $Т2$ і подається через фронтовий контакт реле $А$ на випрямний міст. Струм навантаження перетворювача 77 мА.

Перетворювач типу ППШ-3 має низький к.п.д., що не дозволяє тримати його підключеним до батареї, і потрібен захист від коротких замикань у лінії.

Перетворювач-Випрямляч типу **ППВ**-1. Він служить для заряду кислотної акумуляторної батареї від мережі змінного струму (режим випрямлення) і перетворення енергії постійного струму акумуляторної батареї в змінний при відключенні мережі (режим перетворення). Разом з напівпровідниковими реле напруги РПН перетворювач забезпечує оптимальний зміст акумуляторної батареї в буферному режимі й форсований заряд після включення мережі змінного струму Перетворювач виконаний у вигляді блоку, який не має кожуха, і призначений для установки в закритих шафах і місцях, захищених від влучення вологи, пили й

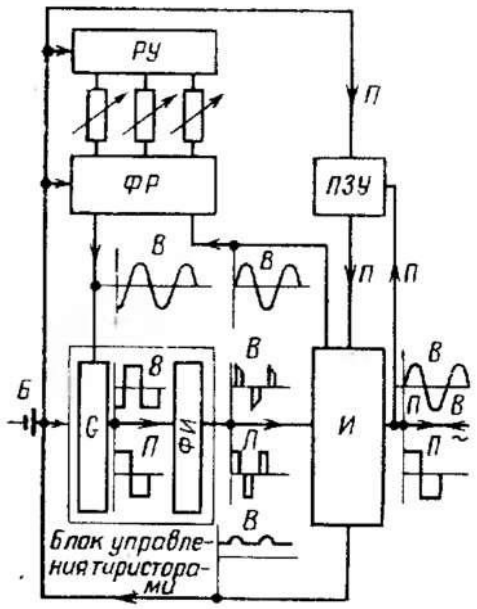


Рис. 248. Структурная схема преобразователя типа ППВ-1

сторонніх предметів. В основному його застосовують у панельних обладнаннях електроживлення постів проміжних станцій зі статичними перетворювачами Основні технічні характеристики перетворювача ППВ-1 наступні:

У режимі перетворення:

Номінальна напруга акумуляторної батареї, В

Номінальна потужність навантаження, кВт .

1 Номінальне діюче значення вихідної напруги, В……220±10

Частота вихідної напруги, Гц…. 50±0,5

У режимі випрямлення:

Номінальна напруга в мережі змінного струму, …….220 В

Струм заряду акумуляторної батареї, А……..0-20

Струм, споживаний від мережі змінного струму при максимальному струмі заряду, А, не більш …….. 7

11 ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИСТРОЇВ СЦБ ЛЕКЦІЯ

Заземлення в пристроях автоматики, телемеханіки та зв'язку

Заземленням називають електричне з'єднання обладнання або апаратури із заземлюючим пристроєм, а заземлюючим пристроєм — сукупність заземлювача й заземлюючих провідників. Заземлення служать для захисту пристроїв автоматики, телемеханіки й зв'язку, а також обслуговуючого персоналу від дії небезпечних напруг, що виникають при впливах грозових розрядів, які впливають на лінії електропередачі й контактних мереж електрифікованих залізниць.

Заземлювач являє собою металевий провідник будь-якої форми (стрижень, труба, куток, дріт і т.п.), що перебуває й безпосередньому зіткненні із землею (ґрунтом).

Заземлюючими провідниками, або **заземлюючою магістраллю**, називають металеві провідники, що з'єднують обладнання, що заземлюється, або апаратуру пристроїв зв'язку із заземлювачами.

Залежно від функцій, які виконують заземлюючі пристрої в установках зв'язку, розрізняють робоче, робочо-захисне, лінійно-захисне й вимірювальне заземлюючі пристрої.

Робочий заземлюючий пристрій служить для з'єднання із землею апаратури проводного зв'язка й радіотехнічних пристроїв із метою використання землі в якості одного із проводів електричного кола.

Захисний заземлюючий пристрій призначений для з'єднання із землею проводів нейтралі обмоток силових трансформаторних підстанцій,

блискавковідводів, розрядників, екранів апаратури й дротів внутрішньостанційного монтажу, металевих оболонок броні-покривів кабелю, металевих термокамер НУП, а також металевих частин силового обладнання, електроживлючих установок і іншого обладнання, які нормально не перебувають під напругою, але можуть виявитися під нею при пошкодженні ізоляції токоведучих проводів.

Захисні заземлюючі пристрої призначені для вирівнювання потенціалу металевих частин обладнання з потенціалом землі, тобто захищають обслуговуючий персонал і апаратуру від виникнення на них небезпечної різниці потенціалів стосовно землі.

Робочо-захисний заземлюючий пристрій служить одночасно робочим і захисним заземлюючим пристроєм. Опір робочо-захисного заземлюючого пристрою повинен бути не більш найменшого значення, передбаченого для робочого й захисного заземлюючих пристроїв.

Лінійно-захисний заземлюючий пристрій призначений для заземлення металевих оболонок кабелю й бронепокровів по трасі кабелю й на станціях (НУП), куди підходять кабельні лінії, а на повітряних лініях — для заземлення блискавковідводів, тросів і металевих оболонок і броні кабелю. У деяких випадках захисні й лінійно-захисні пристрої поєднують. Такий заземлюючий пристрій називають об'єднаним захисним.

Вимірювальним заземлюючим пристроєм називають допоміжний пристрій, призначений для контрольних вимірів опорів робочого, захисного й робочо-захисного заземлюючих пристроїв.

Опір заземлюючих пристроїв на повітряних і кабельних лініях вимірюють безпосередньо на лінії, використовуючи тимчасові допоміжні вимірювальні землі. Опір робочого й захисного заземлюючих пристроїв слід вимірювати із щитка заземлення на станції.

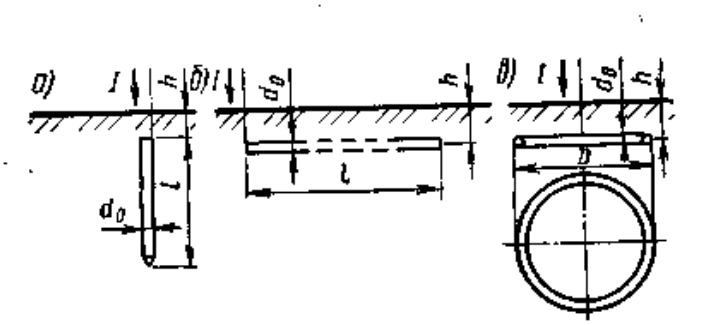


Рис. 41. Вертикальный (*а*), горизонтальный (*б*) и кольцевой (*в*) заземлители

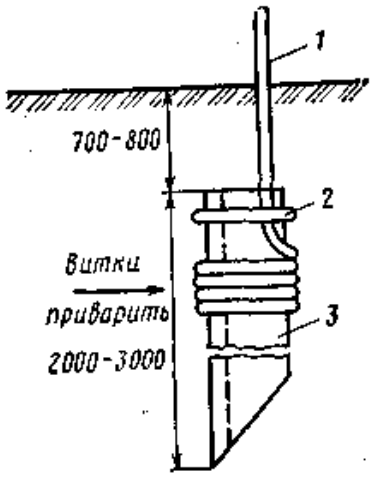


Рис. 42. Заземлитель из уголковой стали

Типи заземлювачів. Для заземлення пристроїв автоматики, телемеханіки й зв'язку використовують вертикальні, горизонтальні, кільцеві заземлювачі (мал. **41).**

Вертикальні заземлювачі знаходять найбільше застосування. Вони являють собою оцинковані або обміднені сталеві труби довжиною 2—3 м, діаметром 25—60 мм і товщиною стінки не менш *15* мм. Замість труб використовують також сталеві стрижні діаметром 12 мм, довжиною 2—10 м, кутову сталь розміром 50 х 50 х 4 або (110) х 60 х 4 мм. До верхнього кінця заземлювача з кутової сталі *1* (мал. 42)

приварюють одну або звиті в джгут дві-три сталеві оцинковані дроти 1 діаметром 4—5 мм, або сталеву смугу для з'єднання заземлювача з пристроєм, що заземлюється. Вище цього місця на заземлювач встановлюють і приварюють хомут *2* зі сталевого дроту.

Горизонтальні смугові заземлювачі у вигляді променів, кілець або контурів використовують як самостійні заземлювачі або як елементи складного заземлювача, що складається з горизонтальних і вертикальних заземлювачів. Для горизонтальних заземлювачів застосовують смугову сталь товщиною не менш 4 мм і круглу сталь діаметром не менш 10 мм.

Опір заземлення. Розрахункові наближені формули для визначення опору одиночного заземлювача залежно від його типу (див. мал. 41) наведені в табл. 3.

В однорідному ґрунті глибина закладання вертикальних заземлювачів *И* = 0,5-1 м мало впливає на зниження їх опору, і тому опір заземлителя підраховують без обліку глибини вкладання, тобто при *к* = 0.

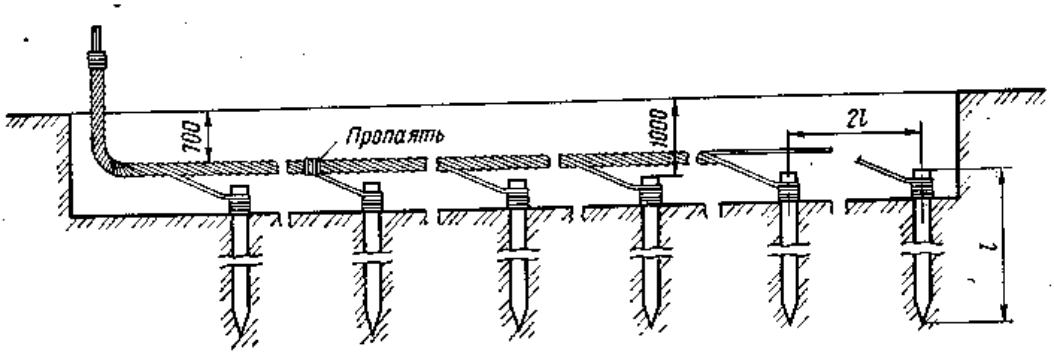


Рис. 43. Контур заземлення из нескольких стержней

При підрахунку опору заземлювача з кутової сталі його діаметр приймають рівним *2l* та *l,* де *l* — ширина сторони кутка.

Для горизонтального заземлювача зі смугової сталі прямокутного перерізу наведені формули, відповідні до укладання смуги плиском, коли *2l = l /2,* де *l* — ширина смуги.

Опір заземлення залежить від конструкції заземлювачів, їх числа, розташування, глибини закопки в ґрунт, від питомого опору прилягаючих до заземлювачів шарів ґрунту й мало залежить від його діаметра, тому діаметр заземлювачів вибирають, як правило, з умов корозії.

Питомим опором ґрунту р називають електричний опір, надаваний ґрунтом обсягом 1 $м^3$ при проходженні струму від однієї грані куба ґрунту до протилежної грані, і залежить воно від структури ґрунту, його температури й ступені вологості.

Питомий опір різних ґрунтів має всілякі значення. Так, у чорнозему воно рівно 50 Ом • м, піщанику — 1000 Ом • м, кварцу — 15 000 Ом • м.

Якщо опір заземлення, що полягає з одного стрижня, перевищує нормативне значення, то влаштовують контур заземлення з декількох стрижнів (мал. 43). Стрижні слід забивати друг від друга на відстані, рівному або більшому подвоєної довжини стрижня. Дріт, що йде від стрижнів, звивають у джгут, обмазують асфальтовим лаком і укладають у траншеї, яку потім засинають. Стрижневі заземлювачі з'єднують між собою смуговою сталлю перерізом 30х4 мм і обов'язково приварюють до кожного заземлювача.

При стіканні струму зі складного заземлювача відбувається накладення електричних полів окремих його електродів і їх взаємне екранування. У результаті опір складного заземлювача зростає в порівнянні із сумою опору кожного його електрода. Опір контуру заземлювача з декількох стрижнів #„ = Я/0,8л,

де *R* - опір одного заземлювача, Ом, розраховане по формулах табл. 3; л —• число заземлювачів у контурі.

Вибір того або іншого заземлювача для контуру насамперед пов'язаний з визначенням питомого опору ґрунту. Якщо питомий опір ґрунту невідомо, то спочатку влаштовують заземлювач із одного стрижня й за допомогою приладів вимірюють його електричне, опір *R.* Якщо воно більше необхідного (нормативного) опору $R_н$, те число стрижнів (електродів), необхідних для обладнання контуру заземлення, n = /?/0,8/?$_{н.}$

Щоб здешевити роботи з обладнання заземлювачів, питомий опір ґрунту знижують штучно. У котловані радіусом 1,5-2 м малопроводячий ґрунт заміняють насипним з більш низьким (в 5 - 10 раз) питомим опором (мал. 44, а), у якості якого використовують чорнозем, глину, шлаки, торф.

Питомий опір ґрунту можна знизити при обробці його розчином повареної солі (мал. 44, *б).* Для кожного заземлювача витрачається 50 кг повареної солі. Тому що згодом сіль вимивається, те ґрунт обробляють розчином повареної солі через кожні 2- 4 роки. Така обробка знижує питомий опір ґрунту в 2-8 раз.

У районах, де ґрунтові води або добре провідні шари ґрунту залягають на великій глибині, доцільно влаштовувати поглиблені вертикальні заземлювачі з розміщенням їх на рівні ґрунтових вод або добре провідних шарів ґрунту.

Якщо поблизу заземлення є райони з більш низьким питомим опором ґрунту, то влаштовують виносні заземлювачі. На більшу відстань від виносного заземлювача до установок, що заземлюються, повинно бути не більш 2,5 км.

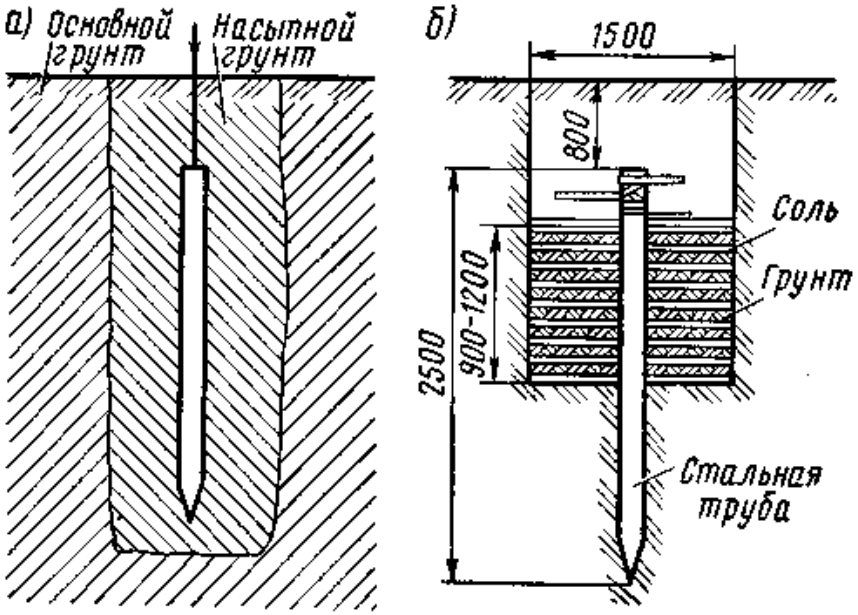


Рис. 44. Способы искусственного снижения удельного сопротивления грунта и устройство заземления в нем

Якщо в конструкції заземлювачів використовують різні інженерні спорудження, які були побудовані раніше, те їх називають природніми заземлювачами. До природніх заземлювачів відносяться металеві трубопроводи, прокладені під землею (за винятком трубопроводів горючих рідин і горючих або вибухових газів), обсадні труби, металеві оболонки кабелів, металеві конструкції будинків і споруджень, що мають з'єднання із землею. На залізничному транспорті велике значення має використання рейкової колії в якості заземлювачів установок СЦБ і зв'язку. Однак застосовувати рейкову колію в якості заземлювача слід обережно, крім випадків порушення нормальної роботи пристроїв автоматики, телемеханіки й зв'язку.

На автоматичних телефонних станціях, міжміських АТС, у будинках зв'язку, в кінцевих і проміжних підсилювальних пунктах обладнають три відособлені заземлюючі пристрої, що з'єднуються потім паралельно на виводах заземлюючого щитка. Наявність трьох відособлених заземлюючих пристроїв дозволяє легко контролювати їх електричний опір два рази в рік — узимку, у період найбільшого промерзання ґрунту, і влітку при його максимальному просиханні.

Норми опорів заземлень. Норми опорів заземлень установлені залежно від призначення заземлень, а також від питомого опору ґрунту в місці обладнання заземлення. Останнє пояснюється тим, що чим більше питомий опір землі, тим трудніше виконати заземлення з малим опором і тем дорожче коштує встаткування.

Таблица 4

Заземление	Сопротивление заземления, Ом, при удельном сопротивлении грунта, Ом·м			
	до 100	101—250	251—500	свыше 500
Защитное для:				
линейных молниеотводов на опорах воздушной линии связи	30	45	55	75
промежуточных пунктов избирательной связи	15	25	35	45
искровых разрядников каскадной защиты	20	30	35	45
Линейно-защитное для оболочек кабелей при защите кабеля от ударов молнии	10	20	20	30
Защитное:				
для шкафов типа ШМС	—	5	5	—
на междугородных телефонных станциях и распределительных станциях избирательной связи, рабочее	10	—	30	—
на узлах связи	10	15	20	35
на телефонных станциях и АТС	—	100	100	—
Измерительное (стационарное или оборудуемое временно)	10	15	20	30
Защитное:				
для опор на высоковольтно-сигнальных линиях автоблокировки в сети высокого напряжения	30	40	50	70
в сети низкого напряжения при числе сигнальных проводов:				
до 10	15	20	30	40
от 11 до 20	30	40	50	70
для линейных цепей диспетчерской централизации и диспетчерского контроля, полуавтоматической блокировки	10	10	10	20
для сигнальных приборов, размещенных в служебных помещениях ДСП постов ЭЦ и ГАЦ (при наличии ДГА или ТП)	4	4ρ/100	10	20

ЛЕКЦІЯ
Схеми живлення пристроїв автоблокування

Основне електропостачання пристроїв автоблокування здійснюється від високовольтних ліній СЦБ (ВЛ СЦБ) уздовж залізничних колій, що споруджуються, напругою 10 кВ, частотою 50 Гц (раніше проектували й лінії напругою 6 кВ). Резервне електропостачання здійснюється від ліній поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ) залізничних споживачів напругою 10- 35 кВт. На відміну від ліній електропередачі високовольтні лінії СЦБ, як правило, не мають розгалужень, а замість невеликого числа потужних споживачів енергії (підприємства, населені пункти й ін.) по всій їх довжині через 1-2,5 км до них підключають пристрої автоматики й телемеханіки в основному потужністю 0,5-1,5 кВ•А. На всім протязі високовольтні лінії СЦБ проходять поруч із лініями залізничного зв'язку, а часто ще й з тяговою мережею електричних залізниць.

Від ВЛ СЦБ здійснюється електроживлення інших пристроїв СЦБ і зв'язку, постів електричної централізації, станційному оперативно-технологічному зв'язку, двосторонньому парковому зв'язку, що й обслуговуються підсилювальних пунктів магістральному зв'язку на проміжних станціях, а також технологічних навантажень пристроїв виявлення перегрітих букс, переїзної, обвальної й тоннельної сигналізації. Приєднання до ВЛ СЦБ інших навантажень не допускається.

Резервне живлення перерахованих вище споживачів і живлення споживачів, віднесених до II і III категоріям, передбачається від ліній поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ) або місцевих джерел живлення. До лінії ВЛ ПЕ підключають і інші залізничні споживачі (службові й житлові будинки, електроінструмент для колійних робіт і т.д.). Їх число визначають припустимою площею поперечного переріза проводів і потужністю живильних трансформаторів.

Від ВЛ СЦБ електроенергія передається сигнальним установкам автоблокування через понижувальні лінійні трансформатори типу ОМ. Для зменшення впливів на лінії зв'язку, що йдуть уздовж залізничного полотна, лінійні трансформатори включають у різні фази поперемінно таким чином, щоб усі фази були завантажені рівномірно.

На кабельних ділянках лінії автоблокування трансформатори типу ОМ розміщають у металевих шафах поблизу сигнальних точок.

Залежно від роду тяги й типу автоблокування застосовують дві системи електропостачання перегінних пристроїв. При системі змінного струму рейкові кола й уся апаратура одержують енергію тільки від високовольтної лінії. При змішаній системі рейкові кола отримують живлення постійним струмом від акумуляторів, сигнальні прилади одержують енергію через понижувальних трансформаторів від високовольтної лінії, а у випадку її вимикання — від місцевих акумуляторних батарей. Тепер змішану систему не проектують, але в експлуатації перебуває більш 20 тис. км залізниць, обладнаних цією системою.

Незалежно від системи живлення й схеми електропостачання пристроїв втрата напруги наприкінці лінії між двома суміжними пунктами живлення ВЛ СЦБ не повинна перевищувати 5%.

На ділянках, де експлуатують автоблокування системи змінного струму, кожна сигнальна точка має основне й резервне живлення через окремі лінійні трансформатори з установкою в релейних шафах реле для автоматичного перемикання живлення з одного трансформатора на іншій.

Високовольтні ланцюги автоблокування повинні забезпечуватися двостороннім живленням від джерел енергії із взаємним резервуванням, розташовуваних по кінцях кожного плеча. Високовольтні ланцюги ВЛ СЦБ на всім протязі секціонують. Схеми секціонування повинні допускати можливість виробництва ремонтних робіт з лінії, їх виконують залежно від системи живлення автоблокування.

Високовольтні ланцюги ВЛ СЦБ, підвішені на одних опорах із сигнальними проводами, повинні одержувати енергію від шин через ізолюючі трансформатори й не мати гальванічному зв'язку з іншими лініями електропередачі.

Високовольтно-сигнальні лінії СЦБ (ВСЛ СЦБ) служать для підвіски високовольтних і сигнальних проводів. Високовольтний ланцюг призначений для електропостачання пристроїв автоблокування на перегонах і пристроїв автоматики й телемеханіки на тих станціях, які не мають інших джерел енергії.

Сигнальні провода забезпечують взаємодію пристроїв автоматики й телемеханіки, розташованих у різних пунктах уздовж залізної дороги, наприклад взаємне вв'язування показань сусідніх світлофорів автоблокування. По сигнальних проводах передаються також інші сигнали керування й контролю.

Електропостачання автоблокування й станційних пристроїв СЦБ повинно бути організоване таким чином, щоб їх робота не зупинялася при пошкодженнях або ремонті елементів високовольтної лінії. Тому резервування здійснюється на всіх рівнях системи електропостачання: резервується живлення високовольтного ланцюга, по можливості дублюються сам ланцюг, лінійні понижувальні трансформатори, ставляться місцеві резервні джерела енергії безпосередньо біля пристроїв, які отримують живлення, і т.п.

Можливість відключення ушкоджених або ремонтованих коротких ділянок високовольтного ланцюга досягається секціонуванням, тобто поділом лінії на окремі частини, що з'єднуються між собою роз'єднувачами.

При системі змінного струму всю високовольтну лінію ділять на окремі ділянки — плечі живлення, кожний з яких забезпечується електроенергією від пунктів живлення. Із двох суміжних пунктів живлення основний пункт включений постійно, а резервний — тільки при відключенні основного пункту або при ремонтних роботах на лінії.

На ділянках з електротягою високовольтна лінія отримує живлення від тягових, підстанцій, а на неелектрифікованих ділянках — від будь-яких джерел енергії, наявних на ділянках споживачів, що забезпечують енергією, І категорії (енергосистеми, електростанції, підстанції, лінії електропередачі).

На ділянках з автономною тягою, де живлення автоблокування здійснюється по змішаній системі живлення й забезпечується місцевим акумуляторним резервом, для кожної сигнальної установки монтують по одному лінійному трансформатору типу ОМ, приєднаному до ВЛ СЦБ. При змішаній системі живлення допускається

живити від одного лінійного трансформатора на перегонах дві сигнальні установки при відстані між ними не більш 400 м.

На електрифікованих лініях залізниць лінію ВЛ ПЕ прокладають на опорах контактної мережі, тому на ділянках з електротягою споруджують одноланцюгові ВЛ СЦБ. На ділянках з автономною тягою при відсутності на них ВЛ ПЕ споруджують двохцепні лінії зі сполученням на загальних опорах проводів ВЛ СЦБ і ПЕ. У районах з несприятливими кліматичними умовами можна споруджувати дві одноланцюгові лінії.

Високовольтні лінії СЦБ і ПЕ при електротязі постійного, струму, як правило, трифазні напругою 10 кВ із ізольованої нейтраллю. При електротязі змінного струму напруга ВЛ ПЕ; 27 кВ і в якості одного провода використовують рейки.

Для підвищення надійності електроживлення обладнань СЦБ, спрощення пошуку ушкоджених ділянок лінії й забезпечення можливості ремонтних робіт без відключення електропостачання споживачів I категорії ВЛ СЦБ і ВЛ ПЕ секціонують роз'єднувачами (мал. 249).

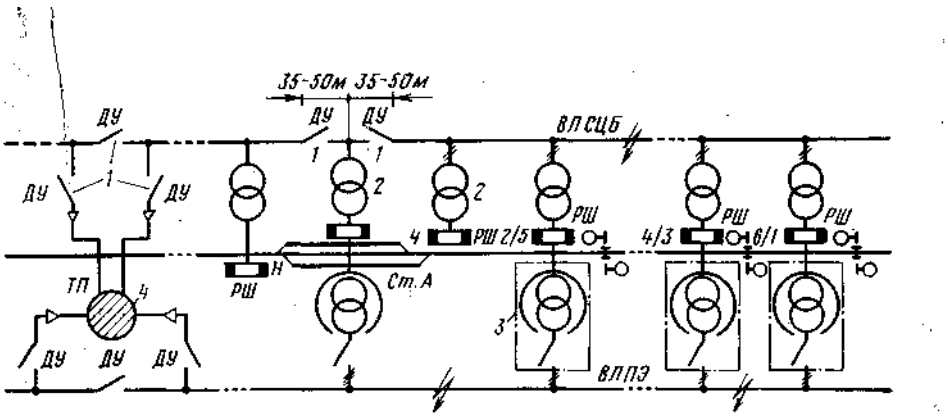


Рис. 249. Схема электроснабжения устройств кодовой автоблокировки и централизации малых станций при сооружении ВЛ СЦБ и ВЛ ПЭ:

1 — разъединитель с дистанционным управлением; *2* — силовая опора с трансформатором типа ОМ; *3* — комплектная трансформаторная подстанция типа КТП с разъединителями, установленная на отдельной опоре; *4* — трансформаторная подстанция

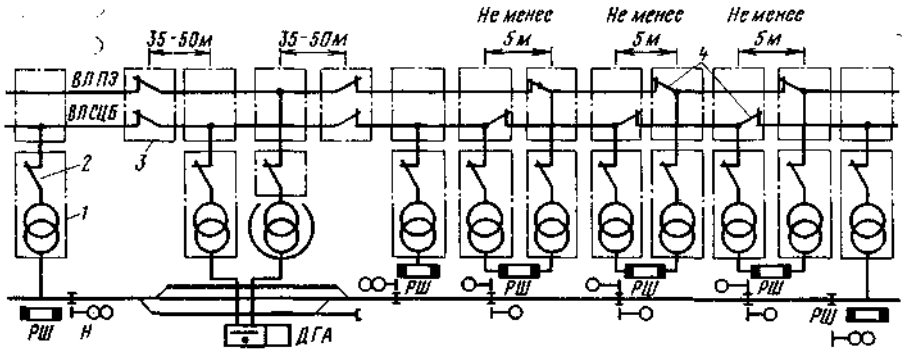


Рис. 250. Схема электроснабжения сигнальных установок кодовой автоблокировки и централизации малых станций при двухцепной линии электропередачи

При лініях електропередачі на роздільних опорах допускається; секціонування тільки ВЛ СЦБ. Роз'єднувач *1* встановлюють по обидві сторони трансформаторної підстанції, що живить пристрої електричної централізації. Його обладнають

електроприводами з дистанційним керуванням (ДК) від чергового по станції, а при наявності диспетчерської централізації або систем ТУ — ТС — ще й від енергодиспетчера. При відсутності трансформаторних підстанцій для живлення постів ЕЦ передбачають один роз'єднувач дистанційного керування.

У схемі електропостачання сигнальних установок кодового автоблокування й централізації малих станцій при двохцепной лінії електропередачі (мал. 250) роз'єднувачі *3* з дистанційним керуванням встановлюють в обидва ланцюги лінії між трансформаторами, що живлять пристрої електричної централізації. З їх допомогою швидше визначають пошкодження в межах перегону. Лінійні роз'єднувачі *2,4 з* ручним керуванням дозволяють виключити лінію в межах ділянки між суміжними трансформаторами типу ОМ, не порушуючи живлення сигнальних точок. Трансформатор, що живить сигнальну точку, разом з роз'єднувачем *2* встановлюють на силовий виносній опорі *1*. Роз'єднувач дозволяє перевірити трансформатор без порушення двостороннього живлення лінії.

12 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕГІННИХ ПРИСТРОЇВ ЛЕКЦІЯ

Електроживлення пристроїв переїзної сигналізації й автоблокування

На ділянках, обладнаних автоблокуванням або диспетчерською централізацією, пристрої переїзної сигналізації отримують живлення від високовольтних ліній СЦБ. Для живлення приладів автошлагбаумів і ламп світлофорів для автотранспорту передбачається резервне живлення від акумуляторних батарей ділянках, де автоблокування або диспетчерська централізація відсутня, прилади переїзної сигналізації одержують живлення від існуючих ліній електропередачі напругою 10 кВ, підстанцій і мереж 380/220В, від яких подається енергія споживачам не нижче II категорії з резервом від акумулятора.

При відсутності місцевих джерел електроенергії допускається живити пристрої переїзної сигналізації від сусідніх станцій по проводах, підвішених на опорах ліній зв'язку.

На опорах ліній зв'язку дроти підвішують із дотриманням наступних правил: напруга між проводами не повинна перевищувати 250В; дроти розташовують крайніми з боку поля на верхній траверсі або на спеціальних кронштейнах, які встановлені на верхівці опор; на станціях, у населених пунктах і на підходах до них живильні проводи мають подвійне кріплення; на всьому протязі живильні проводи схрещують.

Батарея акумуляторів напругою 28В (2 батареї по 14В) забезпечує роботу електроприводів шлагбаумів і резервування вогнів переїзних світлофорів при відключенні змінного струму (рис. 261). При автоматичній переїзній сигналізації без автошлагбаумів встановлюють батарею акумуляторів напругою 14В. Для живлення реле й схем автоблокування використовують випрямляч типу БПШ. Поділ джерел живлення дозволяє зберігати працездатність автоблокування при пошкодженні ланцюгів керування автошлагбауму.

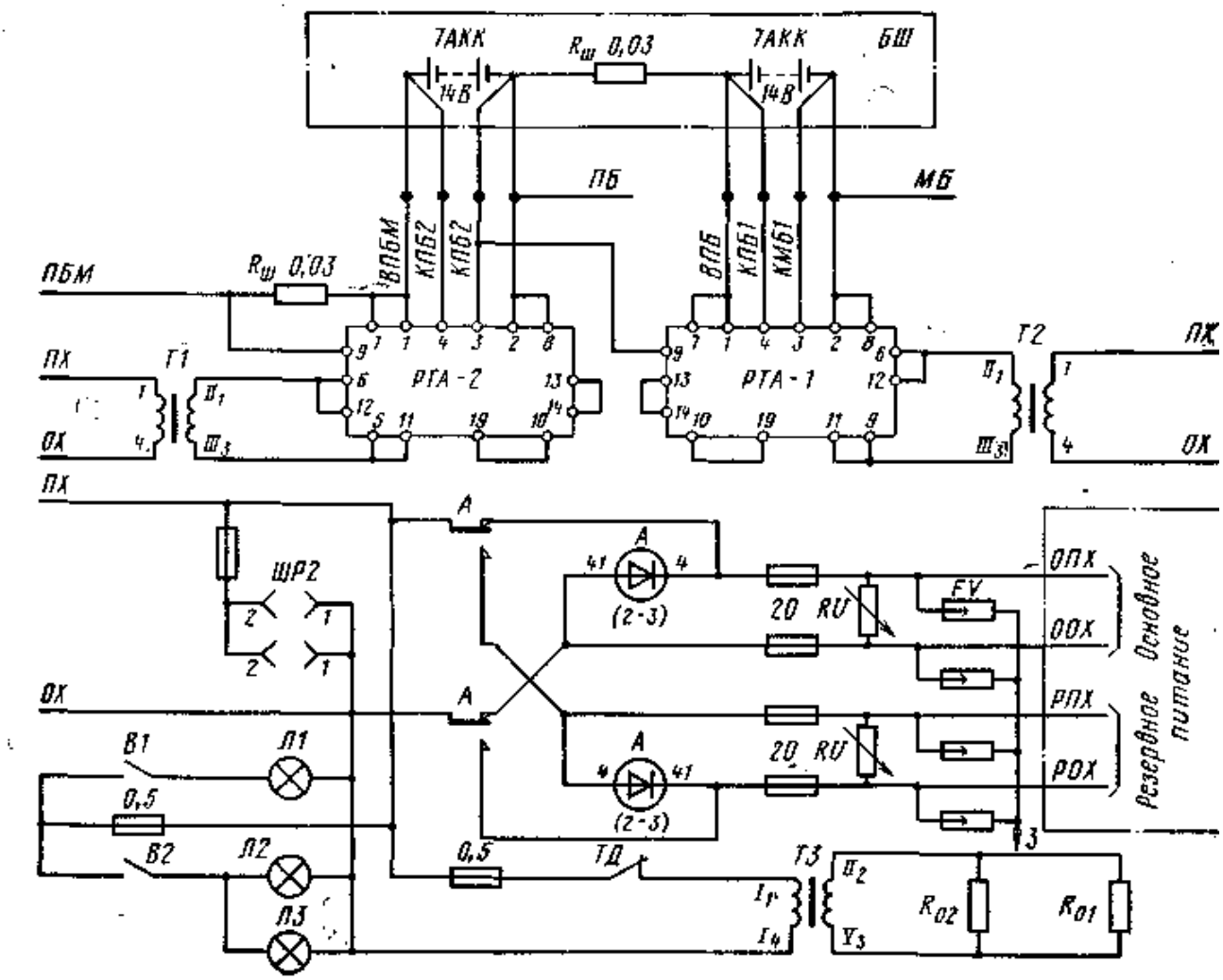


Рис. 261. Схема електропостачання автоматичної переїзної сигналізації з автошлагбаумами

При напівавтоматичному блокуванні станційні пристрої одержують живлення від тих же джерел, що й пристрої автоблокування й диспетчерської централізації, а також від місцевих джерел живлення — ліній електропередачі напругою 10кВ і існуючих мереж напругою 380/220В, по яких здійснюють електропостачання споживачів не нижче II категорії.

На рис. 262, *а* показана схема живлення релейного напівавтоматичного блокування від місцевої ЛЕП напругою 10 кВ, на рис. 262, *б* — від лінії поздовжнього електропостачання, яка звичайно проходить недалеко від колій. У горловинах станцій і близько приміщень ДСП монтують силові опори з трансформаторами типу ОМ, які приєднують до лінії через опори з роз'єднувачами. Від силових опор до релейних шаф прокладають звичайні сигнальні кабелі.

Для подання електроенергії з однієї станції на іншу у виняткових випадках допускається підвіска силового ланцюга напругою не вище 250В на опорах ліній зв'язку із дотриманням спеціальних вимог, зазначених вище.

Якщо в місцевих мережах змінного струму спостерігаються коливання напруги більш 10%, то для живлення випрямлячів і світлофорних ламп застосовують стабілізатори напруги. В пристроях РПБ знайшли поширення електромагнітні стабілізатори напругою типів С - 0,5; С - 0,75; С - 0,9.

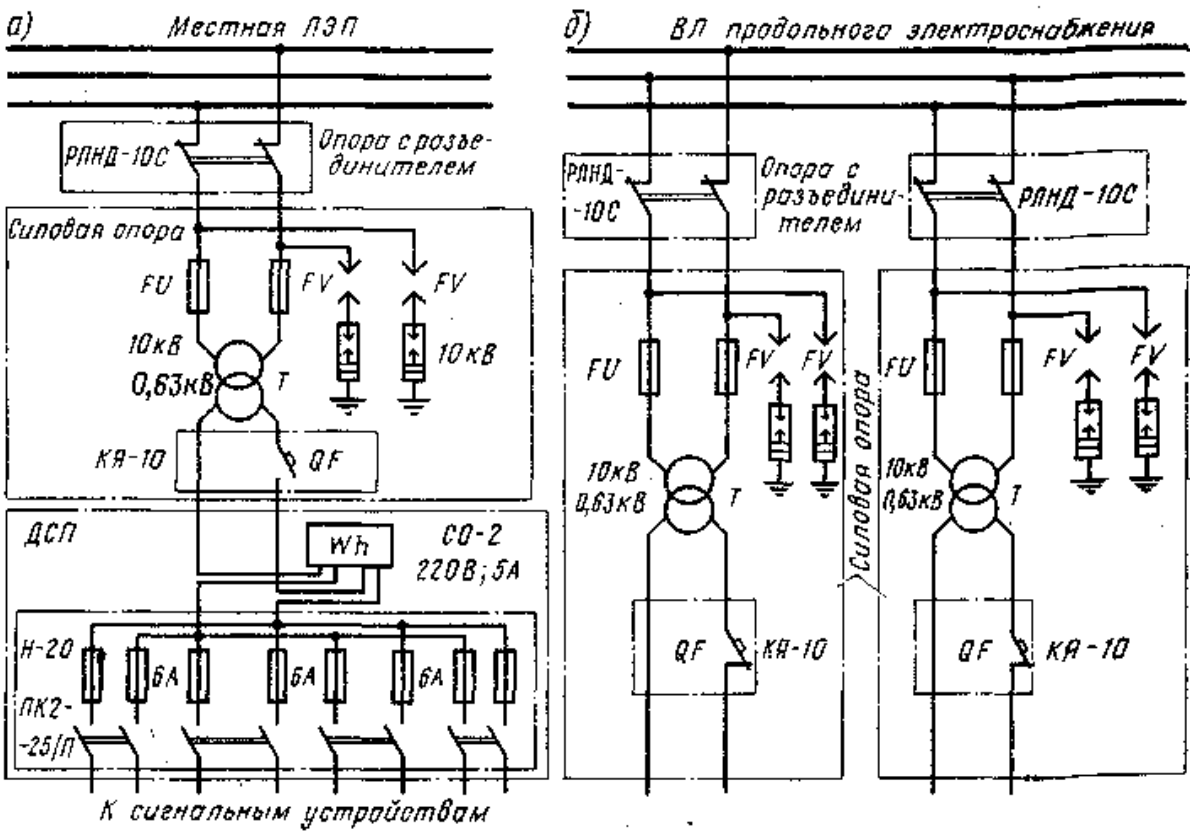


Рис. 262. Схеми живлення РПБ від місцевої ЛЕП та лінії продольного електропостачання

Для резервного живлення пристроїв напівавтоматичного блокування на кожній станції передбачають акумуляторні батареї (з акумуляторів типу АБН-72 або АБН-80), які розраховані на роботу приладів протягом 16ч. Акумулятори розміщають у батарейних шафах разом з випрямлячами типу ВАК або спеціальним зарядно-буферним пристроєм типу ЗБУ-12/10, яке ще перебуває в експлуатації.

Найбільш економічним приладом для живлення пристроїв напівавтоматичного блокування є регулятор струму РТА, тому що цей пристрій має два режими заряду — постійний підзаряд і форсований заряд батареї акумуляторів максимальним струмом з можливістю їх широкого регулювання по струму й автоматичним перемиканням.

13 ПУНКТИ ЖИВЛЕННЯ
ЛЕКЦІЯ
Пункти живлення пристроїв автоматики й телемеханіки

Високовольтні лінії СЦБ ділять на окремі ділянки — плечі живлення, кожне з яких повинне забезпечуватися двостороннім живленням від розташованих по їх кінцях основного й резервного пунктів живлення. Це відноситься й до ліній поздовжнього електропостачання, які використовуються для резервного живлення пристроїв СЦБ.

При системі змінного струму довжина плеча живлення не повинна перевищувати 50 км (рис. 251). Живлення кожного плеча ВЛ СЦБ і ВЛ ПЕ слід виконувати роздільним і, крім того, живлення кожного плеча ВЛ СЦБ повинно проходити через ізолюючі трансформатори *Т*.

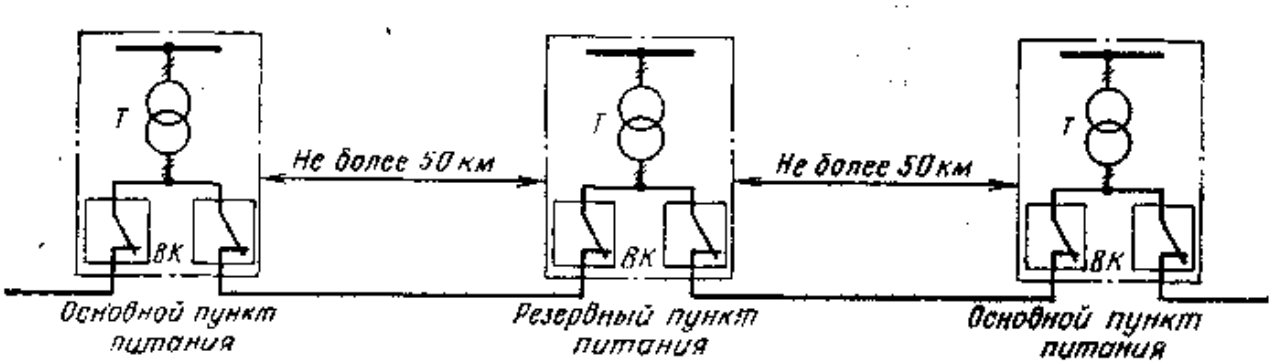


Рис.251. Схема живлення ВЛ СЦБ при системі змінного струму

На ділянках з частим рухом, де суміжні пункти живлення досить надійні або де при надійних пунктах живлення відстань між ними більше 50 км, для скорочення довжини, що відключається під час аварій частини лінії кожної ділянки лінії доцільно живити одночасно із двох кінців назустріч один одному з розривом у середині й з установкою в точці розриву пункту секціонування, який є резервним пунктом живлення (рис. 252).

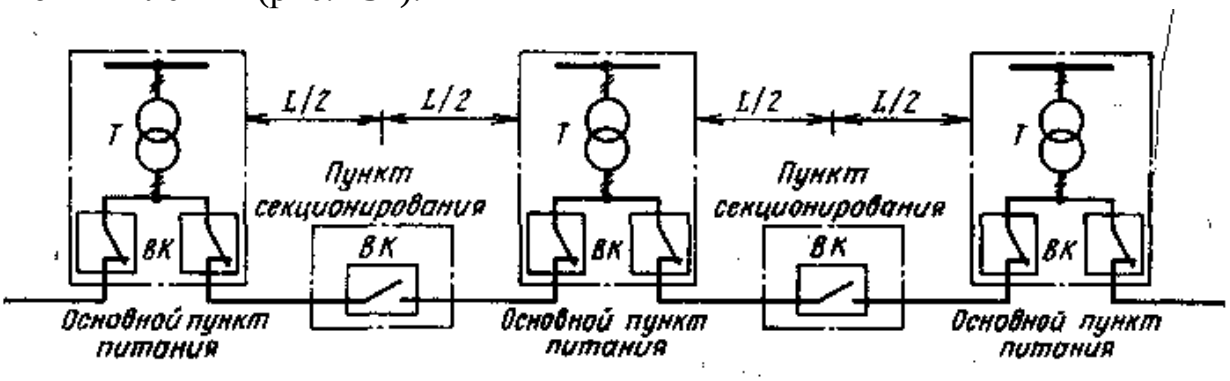


Рис. 252. Встановлення пункту секціонування на електрифікованих ділянках

Якщо пристрої автоблокування одержують живлення від телекерованих тягових підстанцій, фідерні вимикачі живильних пунктів автоблокування також включаються в загальну систему телекерування. По можливості пункти живлення автоблокування повинні мати однакову фазу й у необхідних випадках допускати паралельну роботу трансформаторів.

При змішаній системі живлення, так само як і при системі змінного струму, усю високовольтну лінію ділять на окремі ділянки — плечі живлення, кожний з яких одержує живлення з обох кінців (рис. 253). Довжина плеча живлення, як правило, не повинна перевищувати 40 км.

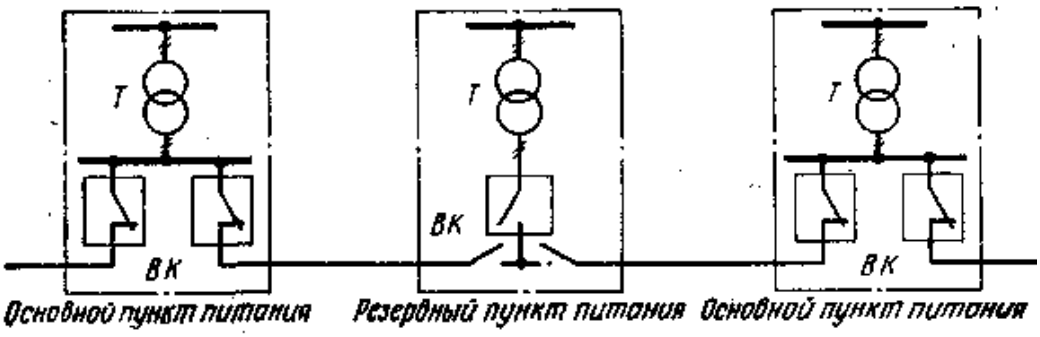


Рис.253. Схема живлення ВЛ СЦБ при змішаній системі

Якщо неможливо забезпечити зазначені довжини від наявних джерел енергії для живлення пристроїв СЦБ, між ними обладнають автоматизовані резервні електростанції. Якщо відстань між наявними пунктами живлення більш 40 км, замість резервного пункту живлення допускається обладнати автоматичний пункт секціонування. Автоматичний пункт секціонування в нормальному режимі живлення високовольтної лінії ділить останню на дві частини, а при відключенні одного із суміжних з ним пунктів автоматично з'єднує обидві частини лінії, подаючи в них живлення з одного кінця.

Резервне живлення автоблокування здійснюється від акумуляторних батарей, причому ємність акумуляторів приймається з урахуванням добового резерву. На основних пунктах живлення високовольтні фідери автоблокування, як правило, роблять окремими для кожного плеча живлення й монтують на закритих підстанціях та пунктах резервного живлення високовольтні фідери автоблокування можуть бути загальними на два плечі живлення з наступним їх розподілом на щоглових підстанціях або повітряних розподільних пунктах.

Передбачають по одному роз'єднувачу наприкінці кожного перегону біля силової опори для живлення вхідного світлофора (з боку перегону). Якщо довжина перегону більш 10 км, то в середині включають ще один роз'єднувач. Незалежно від системи живлення роз'єднувачі, установлені у вхідних світлофорів з боку перегону й у середині перегону, обладнають електроприводами з дистанційним керуванням від чергового по станції або диспетчера.

Схеми пунктів живлення обладнань диспетчерської централізації аналогічні розглянутим схемам енергопостачання пристроїв автоблокування.

ЛЕКЦІЯ
Технічне обслуговування та ремонт

Головне завдання при організації обслуговування ВЛ **СЦБ** і пунктів її живлення — забезпечити безперебійне і якісне живлення пристроїв автоблокування й ЕЦ, безпека умов праці, а також підвищити продуктивність.

Методи обслуговування. В межах дистанції контактної мережі ВЛ СЦБ обслуговують спеціально виділені для цих цілей зі штату дистанції електромеханік і електромонтер. При необхідності їм у допомогу виділяються електромонтери, що обслуговують контактну мережу. Механізовані засоби дистанції використовуються для експлуатаційних потреб і ліквідації пошкоджень. Електромеханік ВЛ **СЦБ** підкоряється начальникові дистанції контактної мережі.

На деяких дорогах, де створені дистанції енергопостачання, для поліпшення організації й підвищення продуктивності праці спеціальна бригада обслуговує пристрої ВЛ СЦБ, ЛЕП поздовжнього енергопостачання, КТП і низьковольтні мережі в границях дистанції. Одержав поширення й інший метод, при якому персонал, що експлуатує ВЛ СЦБ, входить до складу електромережевого району або при енергодільницях організують спеціалізовані цехи для експлуатації й ремонту ВЛ СЦБ. Їх очолює старший електромеханік. Такий метод зберігся в основному в районі великих міст і там, де є гарні під'їзди для автотранспорту до ВЛ СЦБ.

Роботу електромеханіків по експлуатації ВЛ **СЦБ** координує старший інженер технічного відділу ділянки енергопостачання. Поточне утримання, ремонт і профілактичні випробування обладнання, ланцюгів вторинної комутації основних і резервних пунктів живлення, постів секціонування здійснює персонал тягових підстанцій і ремонтно-ревізійного цеху ділянки енергопостачання.

Межі обслуговування. З метою підвищення відповідальності за забезпечення стійкої роботи пристроїв автоблокування необхідно чітко встановити межі обслуговування в пристроях електроживлення СЦБ. Ділянка енергопостачання відповідає за справний склад повітряних і кабельних ліній, включаючи опори, усього високовольтного обладнання, встановленого на лінії, і заземлення його, ланцюгів низької напруги від трансформаторів до приєднання до низьковольтних запобіжників або АВМ у кабельному ящику. Працівники енергодільниці експлуатують резервні низьковольтні лінії 0,23 кВ і її апаратуру, встановлену в кабельних ящиках.

Дистанція сигналізації й зв'язку відповідає за справний склад сигнальних проводів, підвішених на опорах ВЛ СЦБ, спусків від сигнальних проводів, кабельних ящиків і заземлення його, а також за правильність вставки - по струму низьковольтних запобіжників або автоматичних вимикачів АВМ.

Повітряні й кабельні лінії основного й резервного живлення постів електричної й диспетчерської централізації обслуговуються енергодільницею. Резервні перетворювачі частоти й дизель-генератори постів ЕЦ разом з апаратурою автоматичного резервного живлення перебувають під наглядом дистанцій сигналізації й зв'язку.

На ряді доріг намітилася тенденція передавати на баланс і обслуговування енергоділянка зазначені резервні джерела живлення. При цьому підвищується надійність живлення й оперативність при складанні аварійних і ремонтних схем живлення.

Обов'язки обслуговуючого персоналу. За правильну й чітку організацію експлуатації ВЛ СЦБ і пунктів її живлення несуть відповідальність: начальники ділянок енергопостачання, їх заступники, начальники дистанції контактної мережі, електромережевих районів або керівники спеціалізованих цехів по обслуговуванню ВЛ СЦБ. Останні особисто й через електромонтерів, що перебувають у їхньому підпорядкуванні електромеханіків і, повинні забезпечувати надійну роботу пристроїв і безпеку обслуговуючого персоналу, організацію своєчасного проведення всіх видів планово-запобіжного ремонту, впровадження нової техніки й передових методів праці, навчання, інструктажу і періодичну перевірку знань усього особового складу, справність і постійну готовність транспортно відновлювальних засобів.

Головне в роботі електромеханіків і електромонтерів по технічному складу ВЛ СЦБ і джерел живлення — попередити появу несправностей, а у випадку їх виникнення негайно усунути. Для цього персонал повинен добре знати обладнання, що обслуговуються їм, і пристрої, систематично перевіряти їхній стан за графіком, затвердженому начальникам енергодільниці, і забезпечити високу якість змісту й ремонту. Вони зобов'язані систематично вивчати й впроваджувати на ділянці, що обслуговується, передові засоби й методи праці. В енергодільницях з урахуванням

місцевих умов повинні бути складені посадові інструкції для електромеханіків і електромонтерів по обслуговуванню ВЛ СЦБ, де визначені їх основні права й обов'язки.

У планово-попереджувальні ремонти входять поточне утримання, поточний ремонт і капітальний ремонт пристроїв ВЛ СЦБ і пунктів живлення. Поточне утримання полягає в повсякденному спостереженні за станом пристроїв шляхом проведення періодичних оглядів і вимірів. У поточний ремонт входить ревізія окремих частин, деталей і конструкцій, а також усунення відхилень від установлених норм змісту або від нормального стану. Капітальний ремонт передбачає повне відновлення первісних технічних характеристик пристроїв із урахуванням необхідної модернізації для підвищення надійності роботи й впровадження прогресивних схем, вузлів і конструкцій. Обсяг й строки капітального ремонту визначаються ступенем зношування елементів ВЛ СЦБ і пунктів живлення й залежать від місцевих особливостей (тривалості експлуатації, кліматичних умов і т.д.).

Усі роботи проводяться відповідно до річного плану, виконання якого визначається по місяцях. Щоденне планування передбачає обов'язковий розбір виконання завдання за минулий день, видачу бригаді денного завдання, одягу на роботу й необхідних матеріалів, а також проведення інструктажу.

Технічна документація. При експлуатації пристроїв ВЛ СЦБ і пунктів живлення необхідно мати:

- трилінійну схему живлення й секціонування ВЛ СПБ із вказівкою марки проводів, довжини, місця розташування й типу кабелів, місць розташування силових кінцевих опор і роз'єднувачів, обладнаних дистанційним керуванням і телекеруванням, місць транспозиції, основних і резервних джерел живлення, резервних ліній і резервних трансформаторів ОМ (рис. 100). Схема повинна бути вивішена на видному місці в черговому пункті, а для повсякденного користування вона повинна бути видана електромеханікам у вигляді малогабаритних складних книжок;
- план траси ВЛ СЦБ (рис. 101) з додатком документів по відводу земель, погоджених з відповідними організаціями;
- схеми плавлення ожеледі й профілактичного підігріву проводів ВЛ СЦБ, що обслуговується й прилягаючих ділянок;
- технічний паспорт на обладнання ВЛ СЦБ із додатком актів і протоколів випробувань і ремонтів. Крім того, акти на земельні роботи, зроблені при будівництві, по-перегінну відомість опор і обладнання ВЛ СЦБ, акти випробування трансформаторного масла трансформаторів ОМ, протоколи виміру опору заземлення обладнання ВЛ СЦБ, випробування кабелів і т.д.;
- технічні паспорти на обладнання пунктів живлення, схеми принципові й монтажні; протоколи перевірок і випробувань обладнання, релейного захисту й автоматики пунктів живлення;
- карту вставок релейного захисту й автоматики;
- перелік незнижуваного запасу і його укомплектованість;
- первинну документацію встановлених форм, журнал оглядів і несправностей ВЛ СЦБ, книгу виконаних робіт;

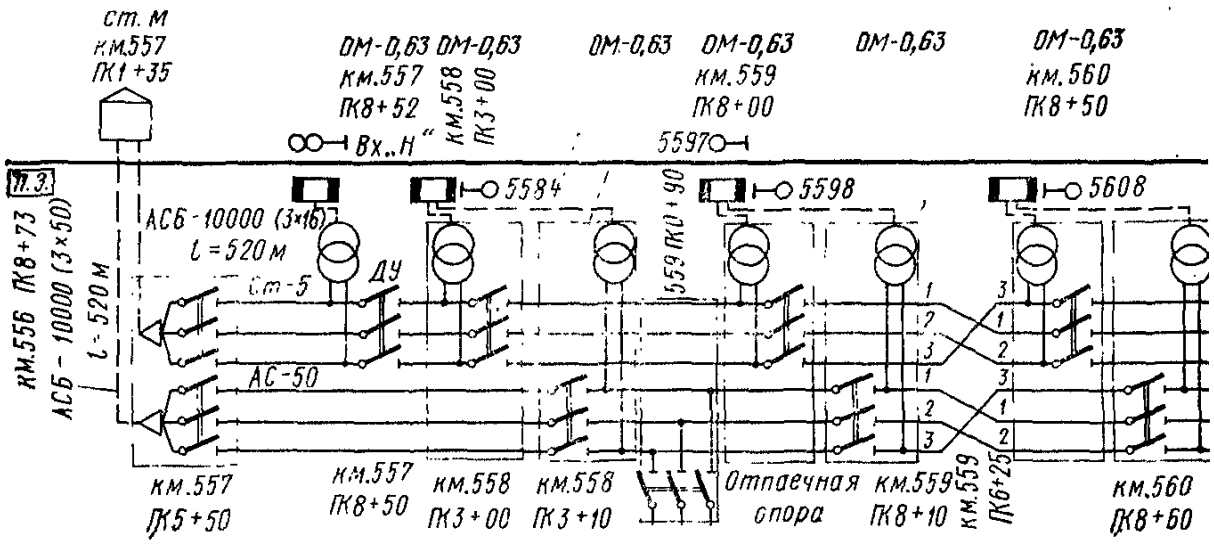


Рис.100. Трилінійна схема ВЛ СЦБ

- технічні вказівки, накази й інструкції для експлуатації ВЛ СЦБ, аналіз роботи ВЛ СЦБ, інформацію про рацпропозиції і т.д.

Документація по охороні праці й промислової санітарії, звітна й оперативна на дистанціях контактної мережі є загальною для всіх бригад, включаючи й бригаду по експлуатації ВЛ СЦБ. Для спеціалізованого, цеху по обслуговуванню ВЛ СЦБ повинна бути аналогічна документація.

Ліквідація пошкоджень ВЛ СЦБ. В енергодільницях повинен бути затверджений начальником відділу залізниці план дії обслуговуючого персоналу при пошкодженні ВЛ **СЦБ** і пунктів живлення.

У плані повинні бути відображені: основні й резервні пункти електропостачання й нормальна схема плечей живлення, варіанти аварійної схеми живлення; розмежування функцій в обслуговуванні пристроїв електропостачання **СЦБ** між службами; порядок дії й відповідальність працівників енергодільниці й інших організацій за правильне й своєчасне вживання заходів по забезпеченню електроенергією пристроїв СЦБ і усуненню пошкоджень.

Для найшвидшого відшукання пошкодження бригаду розподіляють по ділянці. Пошкодження визначають за допомогою приладу ОМКЗ-70 для однофазного замикання на землю, дефектоскопної штанги або покажчика напруги УВН-80. При наявності на ділянці високовольтного кабелю насамперед переконуються в його справності шляхом відключення кабелю роз'єднувачами.

Особливо важко визначити місце нестійкого замикання на землю. У цьому випадку іноді застосовують штучне замикання неушкодженої фази на землю для створення двофазного короткого замикання на землю з метою прожигу місця нестійкого замикання. При стійкому двофазному і трифазному короткому замиканні лінія відключається. Місце замикання визначається спеціальними стаціонарними приладами на тягових підстанціях (ОМП-71, ФИП і ін.). Якщо немає цих приладів, то енергодиспетчер відключає роз'єднувачі (що мають дистанційне керування й телекерування) і в такий спосіб визначає ділянка ВЛ ЦБ із пошкодженням. Для прискорення відшукання пошкодження направляється

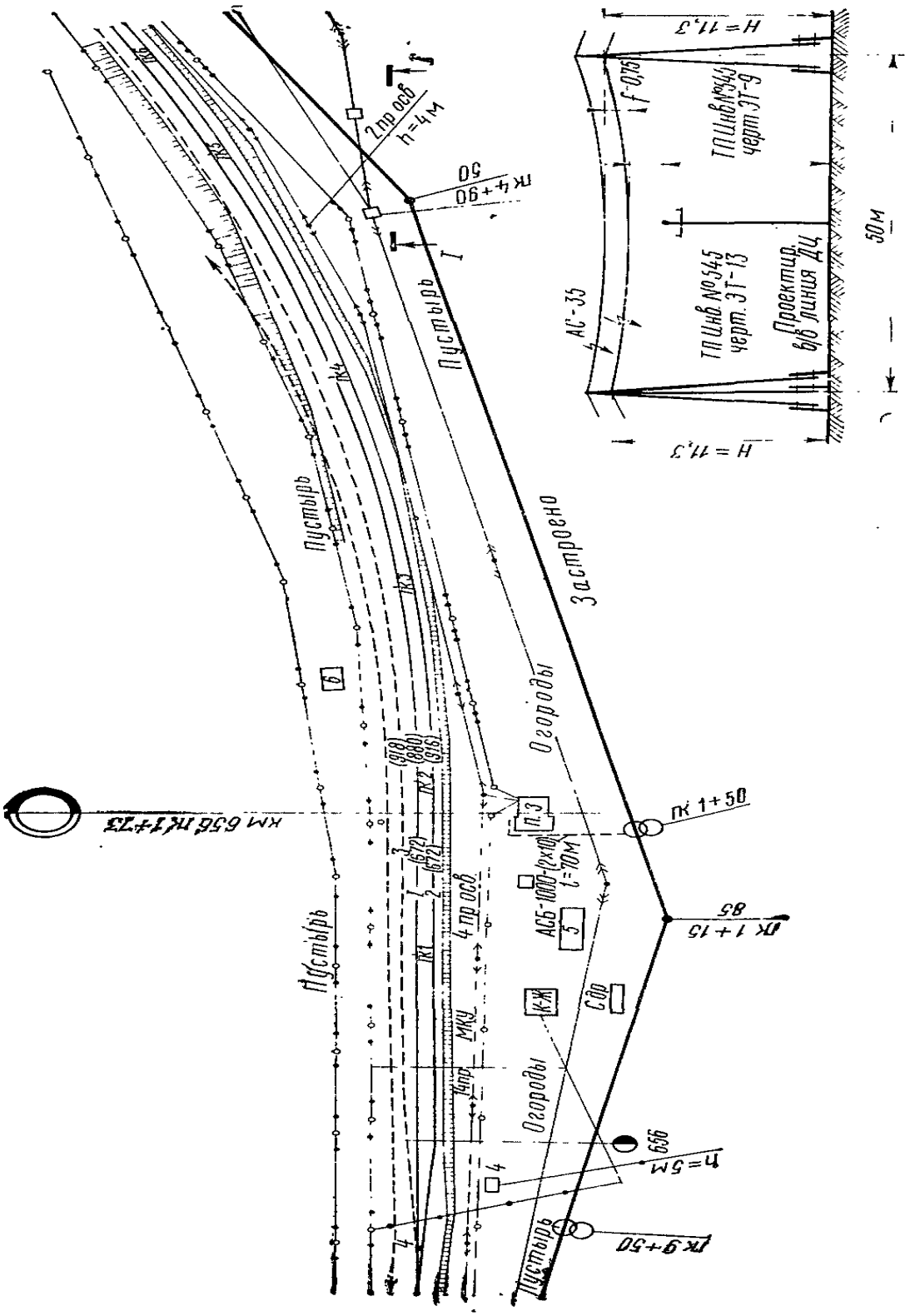


Рис. 101. План трассы ВЛ СЦБ

аварійна бригада не менш 7-10 чіл. Бригада зменшує відключену ділянку ВЛ СЦБ із пошкодженням, додатково відключаючи роз'єднувачі з ручними приводами й визначає місце короткого замикання.

У зв'язку з великою кількістю лінійних роз'єднувачів на ВЛ СЦБ бувають випадки провалля напруги в одній з фаз ВЛ СЦБ при її однобічному живленні через порушення контакту в одній з фаз роз'єднувача. Спеціально виконані на фідері ВЛ СЦБ тягової підстанції пристрої на базі реле обриву фаз Е-511 (або на дві реле

напруги) виключить резервний фідер що дає сигнал про обрив фази. Двостороннє живлення фідерної зони при цьому пошкодженні забезпечує нормальну роботу пристроїв СЦБ.

Складніше ввімкнути при обриві фази фідер ВЛ СЦБ 75 Гц, тому що через низьку напругу на двох фазах, що приходить із лінії (приблизно 260 В), реле синхронізму не дозволяє ввімкнутися контактору (якщо реле підключене до цих фаз). Тому доводиться регулятором знижувати напруга на перетворювачі резервного фідера до 260 В, і тільки тоді контактор включається.

Потім у період найменшого руху поїздів на фідерну зону подається напруга тільки з однієї підстанції, а потім від іншої. Таким образом, чергові по станціях по роботі сигнальних точок бачать ушкоджену ділянку. Використовуючи покажчик напруги й по черзі відключаючи роз'єднувачі, визначають пошкоджений роз'єднувач.

Поряд з багатьма несправностями в пристроях СЦБ знижена напруга або його відсутність може бути причиною неправильної зайнятості рейкових кіл на - перегонах або станціях. Для з'ясування причин несправності енергодиспетчер посилає бригаду, яка насамперед перевіряє напругу в трансформатора ОМ.

Випадки збою в русі поїздів при порушенні живлення пристроїв СЦБ повинні розслідуватися керівниками енергодільниці й дистанції сигналізації й зв'язку для розробки й виконання заходів, що попереджають ці порушення.

ПОТОЧНЕ УТРИМАННЯ Й РЕМОНТ

Від ретельних оглядів, ревізій і ремонту всіх пристроїв ВЛ СЦБ і джерел електроживлення залежить своєчасне виявлення й усунення несправностей і небезпечних місць, що загрожують безаварійній роботі. Обсяг і строки виконання робіт з поточного утримання й ремонту ВЛ СЦБ визначені «Технічними вказівками по складу пристроїв енергопостачання автоблокування, що обслуговуються дільницями енергопостачання». Крім того, два рази в рік (навесні й восени) здійснюються контрольні огляди, але результатам яких складаються плани майбутніх ремонтних робіт.

У зв'язку з відсутністю типових норм часу для виробництва окремих видів робіт на ВЛ СЦБ на дорогах при складанні графіків планово-попереджувальних ремонтів використовують інструктивні матеріали Головного керування електрифікації й енергетичного господарства УЗ: «Типові нормативи витрат праці на обслуговування пристроїв енергетичного господарства», «Технологічні карти на роботи для капітального й поточного ремонту контактної мережі», «Типові норми часу на капітальний ремонт пристроїв і приладів тягових підстанцій».

При огляді ВЛ СЦБ особливо звертається увага на стан ізоляторів, відсутність надмірного провісу проводів від набросів на них, стан силового обладнання (роз'єднувачі, запобіжники, трансформатори і т.д.), перевіряється, чи немає небезпеки падіння дерев або їх гілок. При оглядах необхідно мати при собі бінокль.

Якщо огляд здійснюється вночі, насамперед звертають увагу на коронування, іскріння й нагрів у контактах, роз'єднувачах, кабельних вставках і т.д. Одночасно з оглядом один раз на місяць перевіряється напруга в колах кабельного ящика. Перевірку слід проводити на кожній сигнальній точці й на постах ЕЦ при живленні як з основного джерела, так і з резервного. Слід мати на увазі, що при

використанні живлення по резервній лінії 0,22 кВ від сусіднього трансформатора ОМ, підключеного до ВЛ СЦБ, для підвищення напруги можуть застосовуватися броне-трансформатори типу ПОБС-3.

Важливо перевіряти, щоб при переході живлення сигнальної точки, а також ВЛ СЦБ із основного джерела на резервне відбувалася зміна світлового показання світлофорів. Такий перехід може бути в результаті оперативних перемикань або у зв'язку з пошкодженнями в пристроях електропостачання: лінійного трансформатора, ВЛ СЦБ, пункту живлення і т.д. Ця перевірка здійснюється представниками енергодільниці й дистанції сигналізації й зв'язку.

Після перемикання на резервну лінію контроль справності живлення визначається нормально палаючими сигналами на перегоні, що виконується спеціальним об'їздом ділянки і за показаннями машиніста поїзда. Про наявність або несправність живлення повідомляється черговим по станції енергодиспетчерові й диспетчерові зв'язку.

Один раз у рік перевіряється відповідність часу дії пристроїв АВР (автоматичного вмикання резерву) резервних пунктів живлення із часом уповільнення сигнальних реле. Для цього при відключеній резервній лінії оперативно відключається фідер ВЛ СЦБ основного пункту живлення, після чого по АВР включається фідер ВЛ СЦБ резервного пункту живлення (суміжної тягової підстанції). Час перерви живлення ВЛ СЦБ контролюється електросекундоміром, який може бути включений у будь-якому пункті живлення або на станціях. Показання електросекундоміра не повинні перевищувати 1,3 із для ділянок із ВЛ СЦБ 50 Гц і 2-2,5 з — із ВЛ СЦБ 75 Гц. Тоді при перевірці на сигнальних точках перегонів (перевіряються вибірково) і на всіх станціях дозволяючі сигнали не повинні перекриватися на заборонні. Робота оформляється спільним актом представників енергодільниці й дистанції сигналізації й зв'язку.

Перш ніж відключити резервну лінію, необхідно переконатися, що сигнальні точки не отримують живлення від неї. Для цього на залізничній дорозі запропонований сигналізатор (рис. 102), що контролює наявність резервної напруги за допомогою лампи *Л 2,* а також живлення від нього сигнальної точки. Якщо сигнальна точка одержує живлення від основної лінії ВЛ'СЦБ, то реле *Т* знеструмлене й горить лампа *Л1*. При живленні від резервної лінії лампа *Л1* не горить. Сигналізатор монтується на опорі лінії резервного живлення, сигнальні лампи його звернені убік залізничної колії.

Один раз на місяць перевіряється апаратура в (кабельному ящику. Особлива увага звертається на стан автоматичного вимикача АВМ (автоматический выключатель многократного действия). При виявленні нагару на склі кришки необхідно в лабораторії зробити внутрішній огляд і настроювання АВМ. Номінальний струм АВМ-1 повинен відповідати потужності трансформатора ОМ для надійного захисту його й ефективності дії з високовольтними запобіжниками ПКН при короткому замиканні в низьковольтних колах.

Щорічно перевіряється наявність і ступінь загнивання дерев'яних опор. Для виміру глибини загнивання в небезпечних перерізах і місцях найбільшого загнивання рекомендується використовувати прилад ПД-1. Не порушуючи цілісності деревини, прилад замірить зусилля, витрачене на проштовхування голки

в дерево. По відхиленню стрілки приладу визначається якість деревини. Максимальне поглиблення голки в деревину — 11О мм. Прилад дозволяє визначити як зовнішнє, так і внутрішнє загнивання деревини. Отриманий у результаті виміру діаметр здоровішої частини деревини порівнюють із припустимим в експлуатації й у такий спосіб вирішують питання про відбраковування опори.

Щоб уникнути падінь дерев на ВЛ СЦБ дуже важливо стежити за станом просік і вчасно розчищати їх по трасі лінії від дерев і чагарників. Ширина просіки для одноцепної лінії в природніх лісових масивах висотою - до 4 м повинна бути не менш 7 м, а три висоті більш 4 м — не менш подвоєної висоти основного лісового масиву - плюс 1 м. При цьому окремі дерева, що ростуть по краю просіки, повинні вирубуватися, якщо їх висота перевищує висоту основного масиву. Ослаблені в рості дерева, а також уражені різними пороками (суховершинні, з дуплами, серцевинної гниллю й ін.) і зростаючі в безпосередній близькості від лінії можуть загрожувати падінням на високовольтну лінію. Трасу розчищають кущорізами Д-514А. Ширина захвата кущоріза 3,6 м. Їм можна зрізати дерева діаметром до 10 см. Після проходу кущоріза траса очищається від зрізаних чагарників і дерев.

На заболочених місцях розчищення доцільно здійснювати торфовидобувною машиною МПГ-1. Вона руйнує кореневу систему дерев і чагарників на глибині до 40 см. При цьому зрізані дерева перетворюються в друзки й перемішуються із землею, і тому відпадає необхідність в очищенні траси від них.

Протягом гада повинна проводитися ревізія всіх силових опор і опор з роз'єднувачами із влізанням на опору. При цьому перевіряється регулювання роз'єднувачів; особлива увага звертається на надійність контакту в губках, одночасність замикання й розмикання ножів, регулюються обмежники ходу ножів і вигину тяги, дугогасильні стрижні, перевіряється ресорне в'язання, чистяться ізолятори, здійснюється фарбування і т.д. Одночасно перевіряється робота лінійних трансформаторів: визначається герметичність баків і спускних пробок (долівкою масла); «виміряється опір ізоляції мегомметром 2500 В і т. д.

Оглядаються контактні поверхні пробивних запобіжників. При необхідності їх зачищають. Ушкоджену слюдяну прокладку заміняють новою, товщиною 0,21-0,03 мм. При ревізії комбінованих запобіжників ПКН звертають увагу на те, як відкриваються й закриваються їхні кришки, на справність плавкої вставки й заземлення основи. Під дією струму й атмосферних впливів плавка вставка старіє, у зв'язку із чим змінюються характеристики запобіжників. Тому періодично запобіжники повинні замінятися. При наявності резервних ліній і запобіжників ПКН із герметизованою плавкою вставкою патрони заміняються один раз в 5 років, при відсутності резервних ліній - один раз в 2-3 року.

Ревізію високовольтного обладнання ВЛ СЦБ доцільно здійснювати комплексним методом. При цьому планується максимально можливий набір робіт відповідно до «Технічних вказівок по змісту пристроїв енергопостачання автоблокування,...». Ремонтна бригада з 5 - 7 людей оснащується автолетючкою, необхідним матеріалом, інструментом і приладами. Якщо необхідно провести профілактичні високовольтні випробування, бригада використовує пересувну автолабораторію. Роботи виконують по одному поряд на декілька (до п'яти

включно) секціонованих ділянках лінії з послідовним їхнім відключенням і заземленням. Застосування телескопічної вишки дозволяє полегшити працю електромонтерів і підвищити його продуктивність.

Капітальний ремонт трансформаторів ОМ із просушкою обмоток і заміна трансформаторного масла проводиться один раз у п'ять років. Температура печі не повинна перевищувати 100°С (її вимірюють термопарою або рідинним дистанційним термометром). Сердечник з котушкою просушують при знятій кришці трансформатора, тому що гірлянда ізоляторів під дією температури може тріснути, а армувальна замазка зруйнуватися. Стан ізоляції контролюють мегомметром на 2500 В. Її опір залежить від температури обмоток.

Приводимо мінімально припустимі значення опору ізоляції, отримані з досвіду експлуатації:

Температура обмоток, °10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Опір ізоляції, Мом.....900 450 225 120 64 36 19 12 8 5

Опір ізоляції вимірюють мегомметром між промотками, а також кожної обмотки щодо іншого, з'єднаної з корпусом. Первинна обмотка трансформатора 6 і 10 кВ випробовується напругою промислової частоти відповідно 21 і 30 кВ, а для обмотки 0,23 кВ іспитова напруга 5 кВ.

Для перевірки міжвиткової ізоляції підводять напругу, рівну 130% номінальної, 0,23 кВ до низьковольтної обмотки протягом 5 хв, обмотка високої напруги при цьому залишається розімкнутою. Величина струму холостого ходу повинна бути нижче припустимої. Однак через великий омічний опір трансформаторів ОМ цим способом не завжди вдається виявити виткове замикання навіть декількох витків високовольтної обмотки. Тому на залізничній дорозі запропоновано додатково вимірювати струм холостого ходу на частоті 200 Гц, використовуючи високочастотний генератор З-572. Якщо подавана напруга частотою 200 Гц буде в чотири рази більше напруги частотою 50 Гц, то при справному трансформаторі струми холостого ходу при цих частотах будуть рівними. При наявності короткозамкненого витка струм холостого ходу на частоті 200 Гц стане вище.

При задовільній ізоляції обмоток слід виміряти напругу короткого замикання, визначити коефіцієнт трансформації на усіх виводах трансформатора ОМ, а також перевірити маркування виводів обмоток. Після ремонту необхідно ретельно перевірити надійність герметизації трансформатора.

Один раз у три роки виконують скорочений хімічний аналіз трансформаторного масла лінійних і силових трансформаторів. На деяких дорогах цей строк збільшено до 4-5 років. Це досягається шляхом установки малогабаритного повітряосушувача з масляним затвором для герметизації трансформаторів ОМ. (Нові трансформатори ОМ виготовляють герметизованими.) Крім того, пропонується свіже масло заливати з добавкою антиокислювальних присадок типу хинизарину і пірамідону у кількості 0,02 і 0,03% ваги масла .у трансформаторі.

Ступінь іржавлення й стан антикорозійного покриття обладнання ВЛ СЦБ і пунктів живлення перевіряють один раз у три роки. Для запобігання іржі рекомендується застосовувати перетворювач іржі, який застосовується при

підготовці під фарбування корозійних металевих поверхонь без видалення корозії. Його дія заснована на перетворенні корозії заліза в хімічно стійкі нерозчинні з'єднання, міцно пов'язані з поверхнею металу. Після завершення реакції й висихання перетворювач перетворюється «у міцну важкорозчинну у воді плівку, що створює надійний антикорозійний ґрунт, на який можна наносити будь-які лакофарбові покриття. Таке покриття захищає метал конструкцій від корозії протягом 10- 12 років у самих несприятливих умовах.

На ряді доріг успішно застосовують перетворювач іржі, розроблений інженерно-будівельним інститутам.

Дефектировка ізоляторів ВЛ СЦБ штангою, обладнаної мікроамперметром з додатковим резистором -опором 20 Мом і відградуйованим на кіловольти, — простий і ефективний спосіб. Напругу вимірюють на штирі ізолятора: якщо ізолятор справний, то мікроамперметр покаже відсутність напруги на штирі, при забрудненому або дефектному ізоляторі на штирі виникає напруга, при пробитому ізоляторі воно буде дорівнювати фазній напрузі лінії. Досвід експлуатації показав, що для відбраковування ізоляторів дефектувальною штангою рекомендується приймати максимальне допустиме напруження на штирі ізолятора.

На дорогах ще часто бувають випадки пошкодження кабелів. Основні причини — порушення ізоляції й технології прокладання й оброблення, тому необхідно ретельно виконувати поточні ремонти й профілактичні випробування, а також стежити за станом кабельних ліній.

Низька надійність кінцевих щоглових муфт пояснюється насамперед тим, що волога попадає в їхню внутрішню порожнину через ущільнення вивідних ізоляторів струмоведучих штирів і кришки. Тому щоглові муфти типу Фірсова заборонені, замість них дозволяється використовувати муфти з епоксидного комлауіда.

При ревізії кабельних муфт після прихування кришки перевіряють цілісність ізоляторів, закріплення болтів, відсутність патьоків кабельної маси, зближення жил кабелю, виведених з муфти, а також наявність захисту кабелю від механічних пошкоджень у місці виходу із землі. Усі високовольтні кабелі повинні зазнати профілактичних випробувань один раз у рік у наступному обсязі: випробування ізоляції мегомметром і випрямлювальним струмом підвищеного напруги; вимір струму витоку.

Випробування кабельних ліній підвищеною напругою дозволяє виявити ослаблені місця в ізоляції кабелів і муфт, довести їх до пробою й тим самим запобігти аварійному виходу лінії з ладу при експлуатації. Особливо чітко виявляються місцеві зосереджені дефекти, які в більшості випадків виявляються причиною виходу кабельних ліній з ладу.

При випробуванні напругу прикладають по черзі до кожної жили, у той час як інші жили разом з оболонкою заземлені. Після прокладання й монтажа кабелі на 6-10 кВ випробовують шестиразовим значенням номінальної лінійної напруги протягом 10 хв, а при експлуатації — п'ятикратним значенням протягом 5 хв. Кабельна лінія витримала випробування, якщо не відбулося пробою або перекриття по поверхні кінцевих муфт, не збільшився витік у період витримки під напругою, не було різких змін струму. Струми витоку по фазах не повинні відрізнятися більш ніж у два рази.

Якщо величина струму витоку перевершує 300 мкА, то кабельна лінія тимчасово може бути виведена в експлуатацію, але зі скороченням строку наступного профілактичного випробування.

При випробуваннях слід пам'ятати, що результати вимірів у значній мірі залежать від точності виміру випробувальної напруги й струму витоку, а також від температури кабелю.

Кабельні лінії напругою до 1000 В випробовують мегомметром на 2500 В, при цьому опір ізоляції повинний бути не менш 0,5 мОм. Для високовольтних випробувань при експлуатації звичайно використовуються апарати АКИ-50, АИИ-70 або пересувні лабораторії ЛИК-10М.

Для визначення корозійної небезпеки, розробки й виконання заходів щодо захисту кабелів від корозії (електричної й ґрунтової) потрібно скласти й періодично (один раз у рік) коректувати карти корозійних зон кабельних ліній. Норми й методи виміру блукаючих струмів і корозійної активності ґрунтів і вод. Перевірка стану дренажних і катодних установок для захисту кабелів від корозії включає ревізію контактних з'єднань, вимір сили струму дренажу й потенціалу оболонки кабелю.

У зимовий час робота повітряних ліній значно ускладнюється. При зниженні температури збільшується натяг проводів, що може викликати їхні обриви через неправильне регулювання або старість. Проведи можуть зриватися з ізоляторів через погані в'язання, ізолятори зриваються зі штирів і гаків через погану їхню насадку і т.д. Під час ожеледі кількість таких пошкоджень значно збільшується. Великої пошкоджуваності при ожеледно-ізморозієвих відкладаннях піддаються лінії ВЛ СЦБ, ЛЕП поздовжнього енергопостачання, ДПР . Дроти цих ліній можуть обриватися від механічних навантажень, що перевищують допустимі величини. Тому підготовка ліній до роботи в зимових умовах — одна з найважливіших завдань експлуатаційного штату. Вона повинна здійснюватися задовго до початку зими. У районах з ожеледдю не слід застосовувати дроти марок А, АС і ПСО-5.

Восени під час планових ревізій необхідно звернути особливу увагу бригад на ділянки з підвищеним вітровим впливом, місця «танцю» проводів, габарити проводів у штучних спорудах і в місцях наближення проводів до заземлюючих частин. До 1 жовтня слід перевірити й провести пробне включення схеми плавлення ожеледі й профілактичного підігріву проводів. Для боротьби з ожеледдю і його наслідками перевіряється готовність аварійно-відбудовних засобів.

При підготовці до роботи в зимових умовах кабельних ліній і кабельних вставок ретельно перевіряють стан кабельних опор, шаф, кабельних ящиків, муфт і всі виявлені дефекти усуваються. Особливу увагу звертають на щільне припасування дверей шаф, ящиків, захист кабельної каналізації від проникнення води і т.д.

Лекція №29
Комплектні трансформаторні підстанції та камери зовнішньої установки

Закриті трансформаторні підстанції

Типова трансформаторна підстанція для живлення лінії автоблокування призначена для будівництва в районах з розрахунковою температурою -20, -30, -40 °С, за винятком районів з завжди мерзлими й просадними ґрунтами й сейсмічністю вище 6 балів. Фундамент трансформаторної підстанції збірний з бетонних блоків, стіни - цегельні. Застосовують два варіанти трансформаторних підстанцій: з резервною електростанцією (розміри в осях 21,1х6,3 м) і без неї (розміри в осях 15,1х6,3 м). У підстанції (рис. 3.1) знаходяться приміщення РУ-6-10 кВ і 7, РУ-0,4 кВ 75, дві камери *6* трансформаторів 5 потужністю до 630 кВ*А и одна камера *8* трансформатора 7 потужністю 250 кВ*А й роз'єднувача *9* РЛНД із приводом у варіанті з резервною електростанцією передбачені приміщення машинного залу й тамбуру.

Від трансформаторної підстанції подається живлення в одне- і двохцепні лінії автоблокування від мереж напругою 6 і 10 кВ і від автономного джерела електроенергії (при установці резервної електростанції).

Залежно від умов приєднання проектують підстанції: із двома трансформаторами потужністю 630 кВ*А и одним потужністю 250 кВ*А з резервним джерелом ДГА-ЗМ-48М2 і без нього для приєднання до мереж напругою 6 або 10 кВ при напрузі лінії автоблокування відповідно 6 або 10 кВ; з одним трансформатором потужністю 400 кВ*А й одним трансформатором 250 кВ*А з резервним джерелом ДГА-ЗМ-48М2 або без нього для приєднання до мереж напругою, відповідною до напруги лінії автоблокування.

Ланцюг СЦБ одержує живлення від шин напругою 0,4 кВ через підвищувальний силовий трансформатор 7 потужністю до 250 кВ*А.

У приміщеннях РУ-6-10 кВ розміщено до 19 шаф *1* КМ-1 або 17 шаф КМ-1 і дві шафи *2* ШНВА, апаратура *4* АОП-1, пристрої *3* УКП і пульт *16* керування роз'єднувачем. У приміщенні РУ-0,4 кВ перебувають щит розподільного пристрої на напругу 0,4/0,23 кВ, який комплектують панелями *11* однобічного обслуговування серії ЩО-70; станція керування *12* ШУ8253-42А2; конденсаторна установка *13;* щиток освітлення *14* і ящик протяжливий *10.*

Резервна електростанція забезпечує електропостачання пристроїв СЦБ при повному відключенні зовнішніх джерел живлення.

До установки й монтажу обладнання можна приступати тільки після приймання будинку трансформаторної підстанції під монтаж. При цьому перевіряють закінчення оздоблювальних і сантехнічних робіт; відповідність розмірів приміщень і розташування каналів, труб і прорізів проектної документації; наявність борозен, отворів і закладних деталей у стінах і підлогах приміщень. Особлива увагу слід звертати на горизонтальність установки в підлозі заставних основ і фундаментних рам.

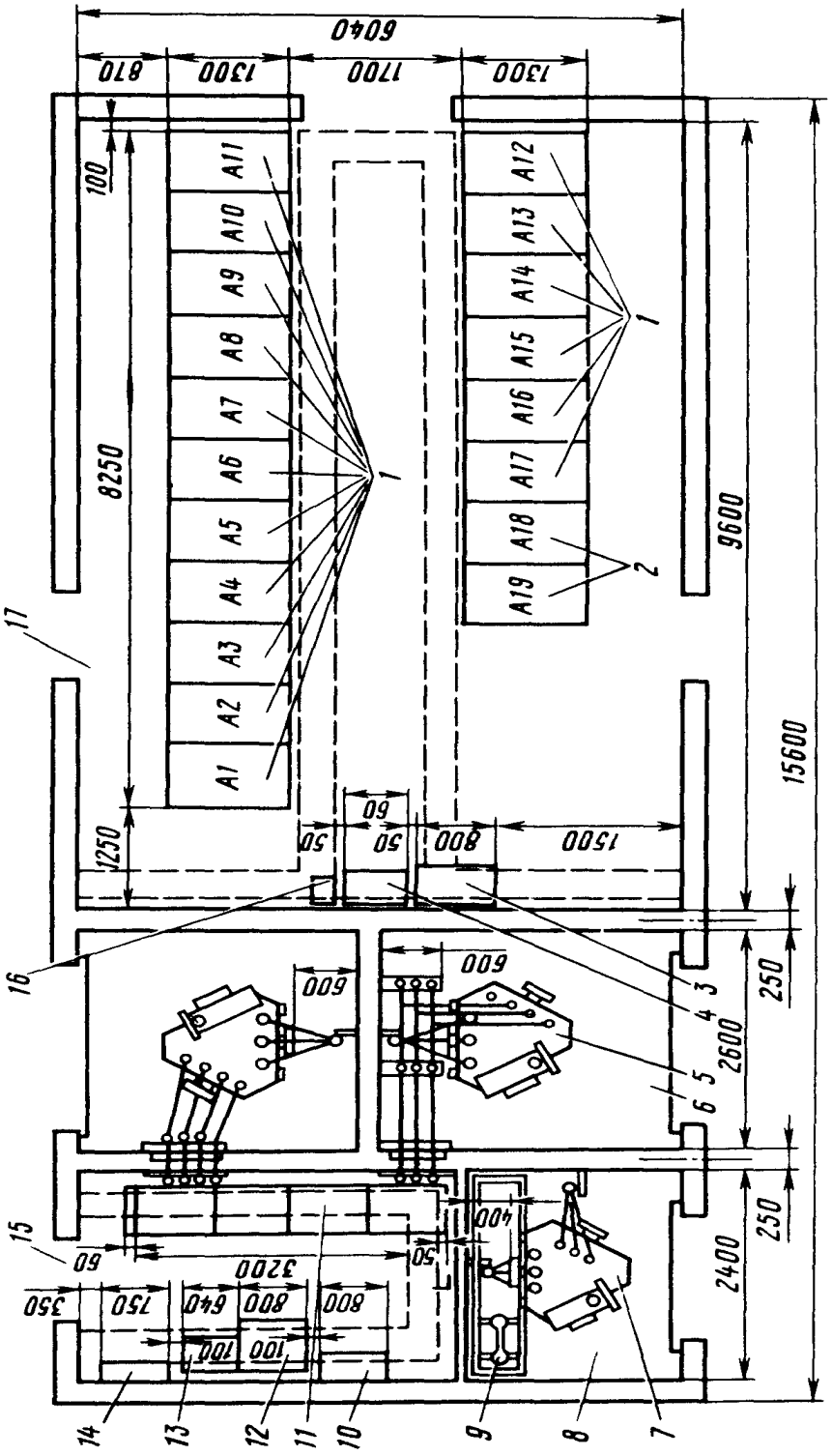


Рис. 3.1. Размещение оборудования в трансформаторной подстанции для питания линии автоблокировки

Після приймання будинку під монтаж розмічають отвори борозни й гнізда для установки конструкцій і апаратури, траси прокладки шин заземлення. Розмітку виконують шнуром, змазаною крейдою, вугіллям і т.п.

Отвори, борозни й гнізда пробивають вручну із застосуванням пробійника з оправленням, шлямбура, зубила, молотка, кувалди або механізованим способом з використанням електричних і пневматичних молотків, електросведлильних машин і бороздоробів.

Після закладення в стінах необхідних кріпильних деталей встановлюють (рис. 3.2) (із застосуванням зварювання або закріпленням гайками на болтах) кронштейни

7 і скоби *3* для опорних ізоляторів, рами для роз'єднувача й ін. Потім монтують шини заземлення. Заготовлюють сталеву смугу, прокладають її по раніше наміченій трасі й приварюють до деталей кріплення. Відгалуження від шини заземлення приварюють до кронштейнів і скоб для установки опорних ізоляторів, до конструкцій для установки роз'єднувача й привода, до заставних основ і фундаментних рамам. В останньому випадку приварку виконують не менш чому у двох місцях.

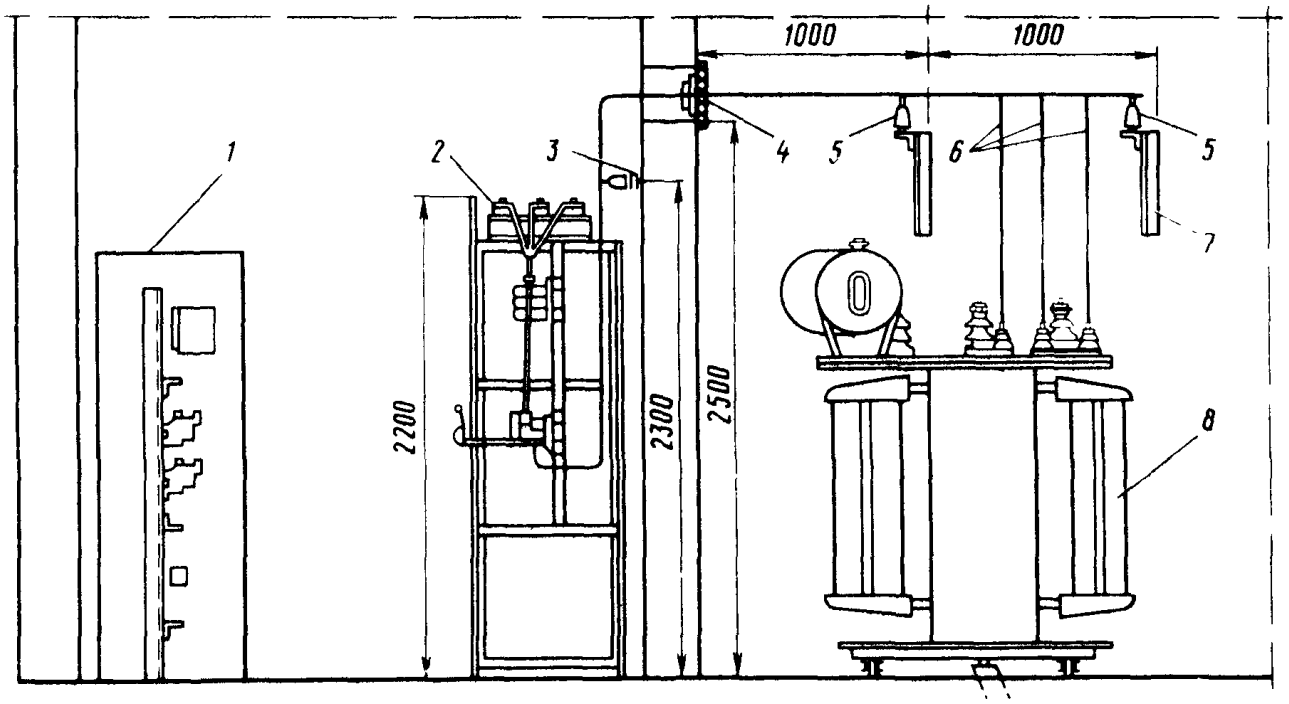


Рис. 3.2. Размещение оборудования и конструкций в трансформаторной подстанции

При з'єднанні шин заземлення довжина нахлесту повинна бути не менш подвійної ширини смуги або шести діаметрів круглої сталі. У гніздах силових трансформаторів до шини заземлення приварюють гайки-баранчики для приєднання знімних заземлень, гнучкі перемички для з'єднання з корпусами трансформаторів і нульові шини для з'єднання з нульовими виводами трансформаторів.

Обладнання доставляють до трансформаторної підстанції й розвантажують на заздалегідь підготовлені майданчики у дверних прорізів. Після розпакування перевіряють комплексність і цілісність устаткування.

Ізолятори не повинні мати тріщин, сколовши й інших механічних пошкоджень. Площа відбитих країв повинна бути менш 1 см^2, а поверхня порцеляни повністю покрита глазур'ю.

Металева арматури повинна бути міцно забита в корпусі ізолятора, а шар цементуючого состава повинен бути рівномірним по всій окружності.

До місця установки трансформатори, шафи, щити й інше обладнання доставляють вручну за допомогою лебідок по напрямних або на котках діаметром не менш 25 мм. Можна використовувати також роликові ломи. Після розміщення відповідно до проекту перевіряють правильність установки шаф *1* і щитів *2* по горизонталі й вертикалі за допомогою шнура й схилу, з'єднують їх між собою

болтами й після остаточної вивірки приварюють до заставних основ і фундаментним рамам. Силові трансформатори *8* закріплюються упорами, що приварюються позад них до напрямних. Потім установлюють опорні ізолятори 5.

Площини ковпачків опорних ізоляторів 5, що закріплюються на кронштейнах і скобах, розташовують в одному рівні так, щоб центри ковпачків перебували на перетинанні горизонтальної осі, що йде уздовж осі кронштейна або скоби й поздовжніх осей, що проходять через поздовжні осі ізоляторів однойменних фаз. Ізолятори вирівнюють по висоті підбивками з листової сталі.

Прохідні ізолятори встановлюють на азбестоцементній плиті *4* по її поздовжній осі так, щоб кожний прохідний ізолятор перебував на одній лінії з опорним ізолятором відповідної фази. Плиту встановлюють у прорізі стіни й кріплять болтами до закладних деталей з вивіркою в горизонтальній і вертикальної площинах.

Шини з алюмінієвого сплаву *6* виготовляють у майстернях відповідно до розмірів, зазначених у кресленнях проекту, або за результатами натурних вимірів. При цьому виконують поставу шин з використаннням спеціального верстата або на металевій плиті ударами киянки або молотка. Поставу виконують через алюмінієву прокладку. Шини відрізають важільними або пресножицями, дисковими або маятниковими пилками, ножівками ручними або з електроприводом.

Шини заготовлюють по шаблонах зі сталевої або алюмінієвого дроту. При цьому шини згинають на площину, на ребро „штопором" або „качкою" із застосуванням ручних і гідравлічних шиногибів і пресів зі спеціальними штампами. На пресах у шинах свердлять або вирубують отвори по розмітці, відповідній до місць кріплення до опорних ізоляторів для з'єднання між собою й приєднання до виводів апаратури.

Обробляють контактні поверхні шин, що підлягають з'єднанню болтами або зварюванням. Спочатку шини зачищають на спеціальному верстаті або вручну драчевим напилком або щіткою з кардолентою. Потім після видалення металевого пилу зачищають сталевою щіткою при наявності шару вазеліну, після чого забруднений вазелін видаляють і заміняють чистим. Заготовлені шини 6, а також збірні, які надійшли з заводу із шафами й щитами, встановлюють і кріплять до опорних ізоляторів, раніше встановлених на шафах, щитах, кронштейнах і скобах. Шини кріплять болтами безпосередньо до опорних ізоляторів або із застосуванням шинотримачів, що закріплюються на опорних ізоляторах. Шини відгалуження монтують також на опорних ізоляторах.

Шини з'єднують болтами з антикорозійним покриттям (внахльост, внахлестку з висадженням „качки", встик із застосуванням накладок, внахлестку із застосуванням стисків) або зварюванням. Шини приєднують до контактних затисків (виводам) обладнання.

При монтажі повинні дотримуватися встановлених Правилами пристроїв електроустановок відстані між шинами різної полярності, а також між заземленими частинами обладнання й шинами.

Після закінчення монтажу шин встановлюють прилади й апарати, що поставляються роздільно із шафами й щитами, а також монтують вторинні ланцюги й ланцюга електроосвітлення.

Відповідно до вхідного до складу проектної документації кабельним журналом заготовлюють відрізки кабелів.

У табл. 3.1 наведений приклад кабельного журналу.

Таблица 3.1

Номер кабеля	Адреса прокладки		Предусмотрено проектом			Фактическая прокладка		
	Начало	Конец	Марка кабелей	Число кабелей (сечение жил, мм²) — напряжение, кВ	Длина, м	Марка кабелей	Число кабелей (площадь поперечного сечения жил, мм²) — напряжение, кВ	Длина, м
1	*А7*	*А8*	КРНГ	1(19х1,5)	5			
2	*А8*	*А22*	КРНГ	1(7х1,5)	11			
3	*А10*	*А11*	КРНГ	1(19х1,5)	5			
4	*А11*	*А22*	КРНГ	1(7х1,5)	14			
.								
.								
.								
55	ЩО70 панель № 3	ШУ8253	АВВГ	2(3х120+1х35)—1	2х8			
56	ЩДГА-Б	ШУ8253	АВВГ	1(3х50+1х25)—0,66	6			
57	ШУ8253	Ящик протяжный	АВВГ	2(3х120+1х35)—1	2х4			
58	Ящик протяжный	*Т3*	АВВГ	2(3х120)—1	2х9			
59	*Т1*	*А5*	ААГ	1(3х35)—10	10			
60	*Т2*	*А17*	ААГ	1(3х35)—10	10			
61	*Т3*	*А6*	ААБл	1(3х16)—10	22			
62	Ввод	*А3*	ААБл					
63	*А8*	Линия СЦБ № 1	ААБл					

Кабелі прокладають згідно із планом розкладки (рис.3.3), видаваному проектною організацією.

На плані розкладки кабелів показане встановлюване обладнання (наприклад, *А 1-А17*- шафи типу КМ-1; *А18; А19* - шафи типу ШНВА* 77-Г3 - трансформатори й ін.), номера кабелів, які підводять (відповідно до кабельного журналу) і траси їх прокладки. Наприклад, у шафу Л і вводять кабелі № 31,33, що прокладаються відповідно від шаф *А4* і Д9. Кінці кабелів підводять до приладів, апаратів, клемних панелей, обробляють і закріплюють поблизу від місця підключення жил.

Після продзвонювання й закладення кінців жил їх підключають у відповідності зі схемами.

У силових трансформаторів кабелі зашпаровують у сталевих вирвах. Жили оконцовують накінцівниками. Вирви закріплюють на спеціальних кронштейнах, а жили приєднують до раніше змонтованих шин. Після закінчення монтажу шини офарблюють (однополосні - з усіх боків, багатоополосні - по зовнішніх поверхнях). Фазу А офарблюють у жовтий колір, В - у зелений, З - у червоний, У збірних шинах фаза А повинна бути найбільш вилучена від персоналу, фаза В - середня, фаза З - найближча до персоналу. В відгалужених шинах фаза А - ліва (якщо дивитися з

боку проходу), В - середня, З - права. Нульову шину й шини заземлень офарблюють у чорний колір. Не офарблюють місця болтових з'єднань шин і їх приєднання до виводів обладнання, а також місця приєднання переносних заземлень.

На високовольтні шафи, низьковольтні щити й дверей тягових підстанцій наносять необхідні написи й укріпляють попереджувальні плакати.

Обладнання готовлять до включення (перевіряють правильність заходу ножів роз'єднувачів і вимикачів навантаження, регулюють прилади, масляний вимикач і т.п.) і налагоджують.

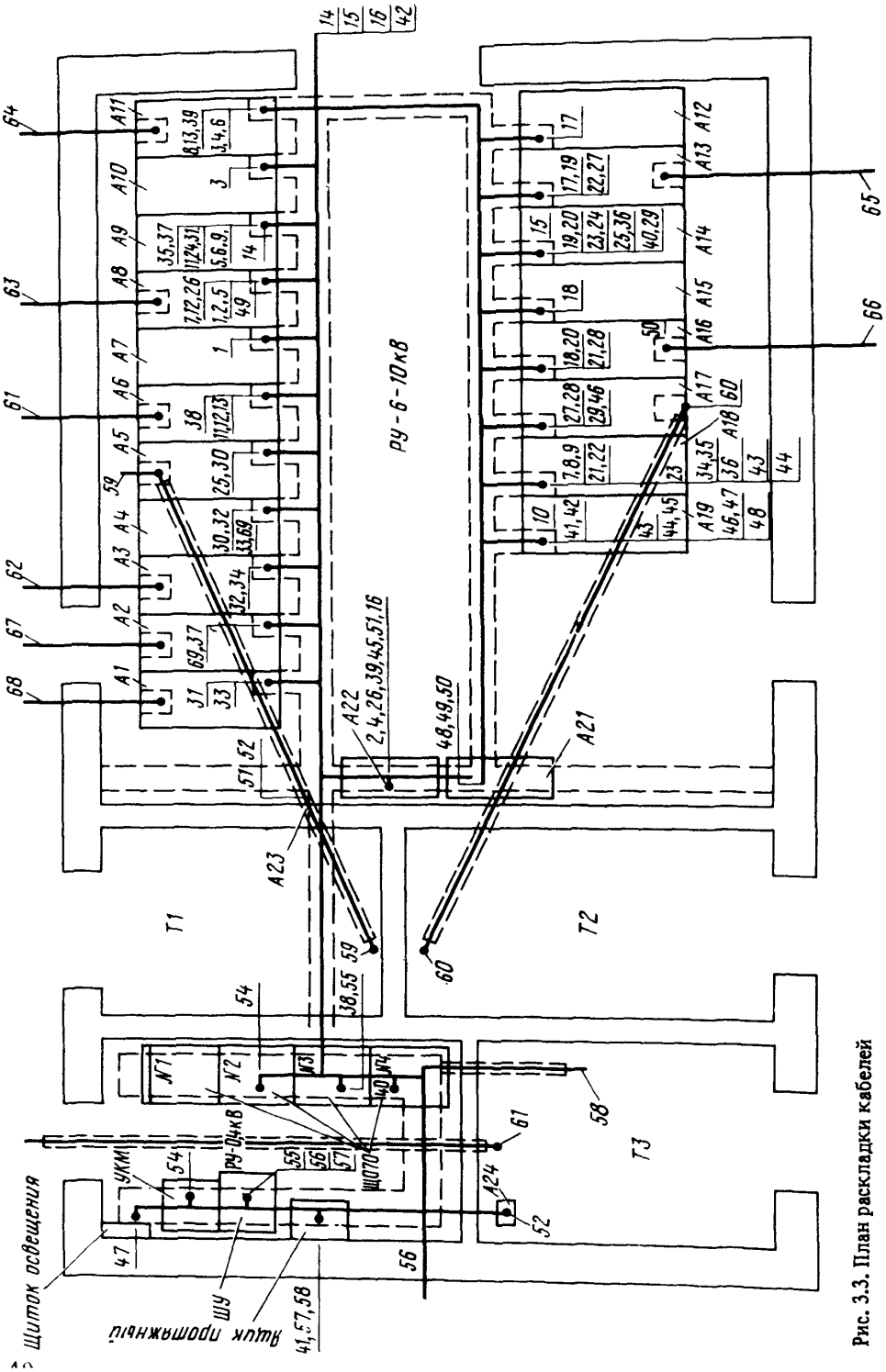


Рис. 3.3. План раскладки кабелей

3.2. Комплектні трансформаторні підстанції й камери зовнішнього встановлення

Комплектні однофазні трансформаторні підстанції КТП-2/25 (рис. 3,4) застосовують для резервного живлення сигнальних точок автоблокування від лінії поздовжнього електропостачання й від лінії по системі ДПР (два проводи - рейка) напругою 25 кВ на ділянках з електротягою змінного струму.

Підстанція КТП-2/25 містить розташовувані на рамі *6* трансформатор типу ЗНОМ-35-64 *4* потужністю 2 кВА, шафа низької напруги 5 і складні сходи 7.

Раму з обладнанням і сходи закріплюють хомутами на залізобетонній опорі *L* винесеної убік від траси опор для підвіски контактної мережі. На цій опорі встановлюють траверсу *2* з ізолятором введення *3.*

При установці підстанції на опорі виконують блокування (відключення КТП від лінії при відкриванні замка сходи) між приводом роз'єднувача й сходами. Роз'єднувачі, запобіжники й розрядники разом із КТП поставляють заводи-виготовлювачі й встановлюють на окремій від КТП опорі.

Передбачають два варіанти підключення однофазних підстанцій КТП-2/25 до лінії ДПР: з установкою конструкції з роз'єднувачем, запобіжником і розрядником на опорі контактної мережі або на окремій опорі, яка стоїть. Перший варіант вимагає установки однієї додаткової опори для підстанції й застосовується в тих випадках, коли „польова" сторона опори контактної мережі вільна й дозволяє розмістити конструкцію з роз'єднувачем, запобіжником і розрядником. У другому варіанті, коли „польова" сторона контактної мережі зайнята підвіскою інших проводів (фідера напругою 27,5 кВ, проводів зворотного струму й ін.), установлюють дві додаткові опори.

Відпайку від лінії ДПР до роз'єднувача й шлейф від запобіжника до трансформатора виконують тим же проводом, яке підведене до лінії ДПР» Відгалуження від лінії ДПР здійснюють із застосуванням петлевих плашечних затисків, а підключення проводів до роз'єднувача, запобіжника й виводу трансформатора - з використанням апаратних затисків.

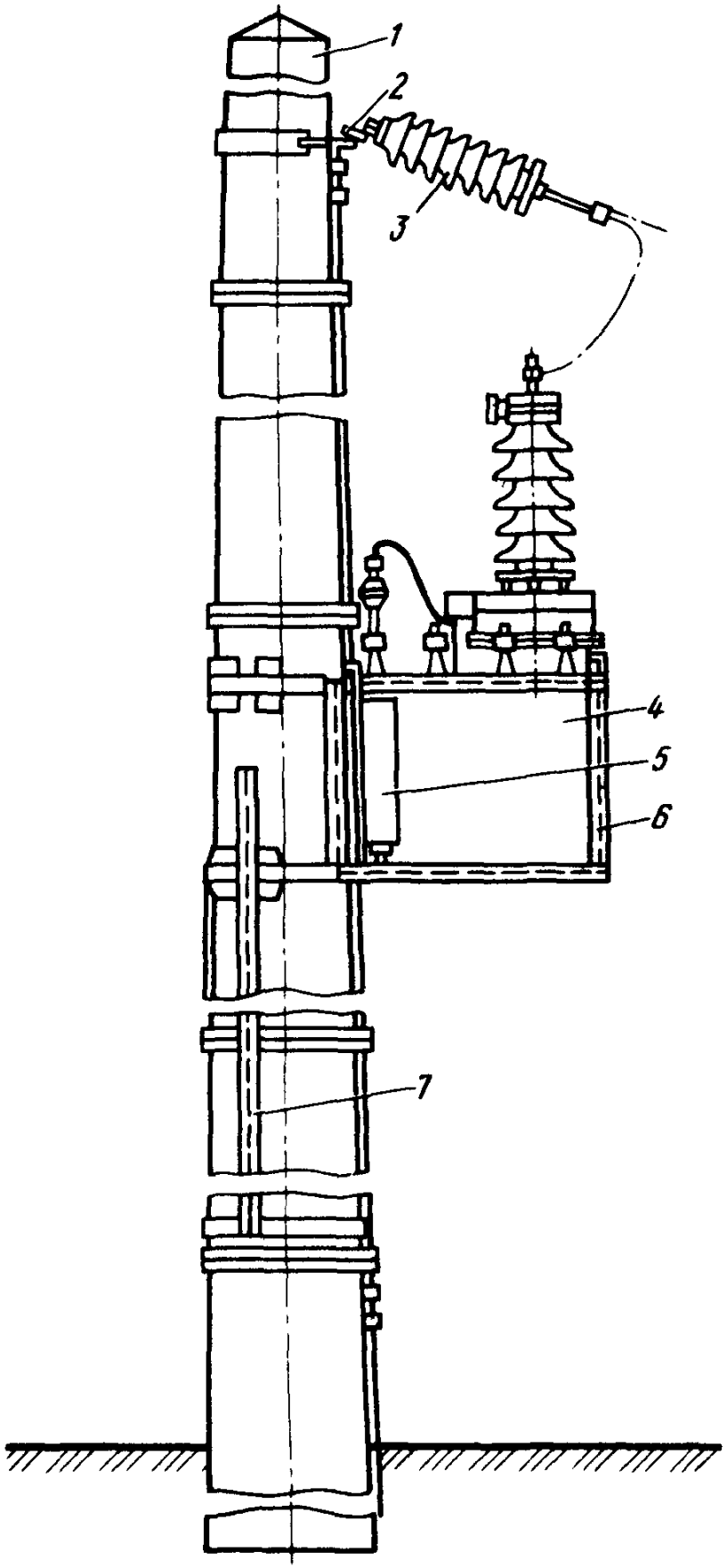


Рис. 3.4. Комплектная однофазная трансформаторная подстанция КТП-2/25

Підйомно-опускна комплектна трансформаторна підстанція КТП-П-2/25 (рис. 3.5) застосовують для резервного електропостачання сигнальних точок автоблокування від лінії ДПР. Розрядник 1, ізолятори *2* на напругу 35 кВ, запобіжник *3* і трансформатор ЗНОМ-35-65 *4* потужністю 2 кВА закріплені на рухомій рамі, яка може пересуватися за допомогою лебідки 7 по напрямних з робітника (крайнього верхнього) положення в нижнє для проведення технічного обслуговування й ревізії.

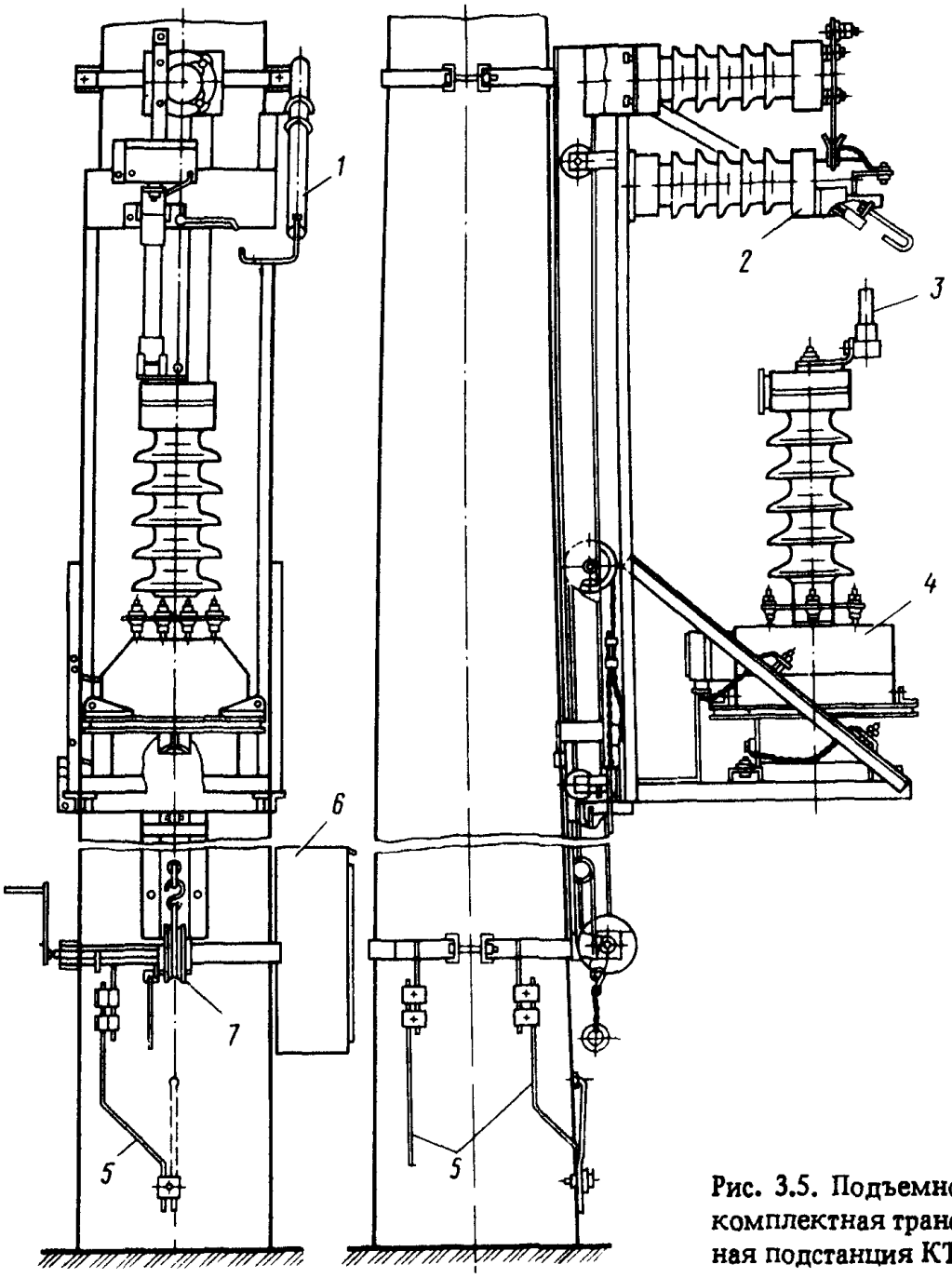


Рис. 3.5. Подъемно-опускная комплектная трансформаторная подстанция КТП-П-2/25

Трансформаторну підстанцію встановлюють на опорі контактної мережі, що виключає установку роз'єднувача для підключення до лінії ДПР. Нерухливу конструкцію, що включає шафу 6 фідерів напругою 0,23 кВ, кріплять до опори

контактної мережі хомутами. Заземлюючі провідники 5 приєднують до підстанції сталевими плашечними болтовими затисками.

Підйомно-опускні однофазні комплектні трансформаторні підстанції П-А-1,25/6(10)В1 (мал. 3.6, *а)* і П-А-2,5/6(10)В1 застосовують для основного й резервного електропостачання пристроїв автоматики й телемеханіки від повітряних ліній напругою 6-10 кВ. Потужності підстанції 1,25 і 2,5 а. Трансформатор 7 типу ОМ, запобіжники 6 типу ПК-1 *і* розрядники *4* типу РВО закріплено на рухомій рамі 5, яка може переміщатися за допомогою лебідки *9* по верхній *3* і нижньої *8* напрямним від крайнього верхнього (робітника) положення в нижнє. Шафа низьковольтної апаратури *10* перебуває поруч із лебідкою.

Підстанцію закріплюють хомутами *2* на залізобетонному стояку І, установленої, як правило, поза повітряною лінією рис. 3.6, б, в) на відстані 3,5-4,5 м від проміжної опори *13.*

Допускається закріплення підстанції на проміжних опорах одноланцюгових ліній з дотриманням установлених габаритів.

Підключення підстанції до проводів *15* повітряної лінії напругою 6-10 кВ виконують відрізками сталеалюмінієвих проводів *11* перерізом 35 і 50 мм^2 із застосуванням петлевих плашечних затисків *16* типу ПА-1-1 або ПА-2-2. Проводи підключаються до підстанції з використанням апаратних пресованих затисків *14* типу А2А-35-7 або А2А-50-7. Для виключення перехльосту проводів (у випадку з виносною опорою) на проміжній опорі встановлюють додаткову траверсу *12.*

Комплектна трансформаторна підстанція КТПО-0,63 або КТПО-1,25/6(10) (рис. 3.7) потужністю 0,63 або 1,25 кВА являє собою металеву раму 6, на якій змонтовані двополюсний роз'єднувач *3* типу РЛНД-А-Ы0, запобіжники 7 ПК-10/2, трансформатор 5 типу ОМ-0,63/10(6) або ОМ-1,25/10(6), розрядники *4* типу РВП-10. Для включення й вимикання роз'єднувача є ручний привод *8* типу ПРН-10М, Підстанцію встановлюють на виносних одностійкових 1 або А-образних опорах ліній напругою 6-10 кВ для електропостачання пристроїв автоматики й телемеханіки. Для підключення проводів відгалужень від високовольтної лінії на опорі встановлюють траверсу *2* з ізоляторами.

Підстанцію КТПО випускають без шафи низьковольтної апаратури. Для підключення кабелю використовують кабельний ящик *9,* який не вхіднить у комплект поставки підстанції КТПО.

Комплектні трансформаторні підстанції однофазні КТП-4/6(10), КТП-10/6(10) (рис. 3.8*, а)* і трифазні КТП-2Ш10) КТП-40/6(10), КТП-63/6(10), КТП-100/6(10), КТП-160/6(10), КТП-250/10 і КТП-150/6(10) (рис. 3.8,6) застосовують для електропостачання лінійних споживачів і резервного живлення пристроїв автоматики й телемеханіки.

Трансформаторні підстанції *1* встановлюють на залізобетонних стояках 2, що закріплюються у фундаментах *3* склянкового типу. Котловани для установки фундаментів розробляють, як правило, із застосуванням бурильно-кранових машин. Після установки раму підстанції кріплять зварюванням до металевих елементів стояка або до швелерів 4, привареним до цих елементів.

Однофазні й трифазні трансформаторні підстанції підключають до ліній напругою 6-10 кВ через роз'єднувач, установлюваний на опорі контактної мережі або на окремій опорі, розташовуваної в опори контактної мережі або в проміжної опори ЛЕП напругою 6-10 кВ.

Відстань між проміжною опорою, опорою з роз'єднувачем і підстанціями КТП-4/6(10), КТП-10/6(10) або між підстанціями КТП-25/6(10) і КТП-250/10 не повинне бути менш 3,5 м. Відгалуження від проводів високовольтної лінії В Л-10 кВ до роз'єднувача й від роз'єднувача до трансформаторної підстанції виконують проводами АС-35 або АС-50, що з'єднуються **із** проводами ЛЕП плашечними петлевими затисками ПА-1-1 або ПА-2-2, а з висновками роз'єднувача й трансформаторної підстанції - апаратними затисками, які запресовують, А2А-35-7 або А2А-50-7.

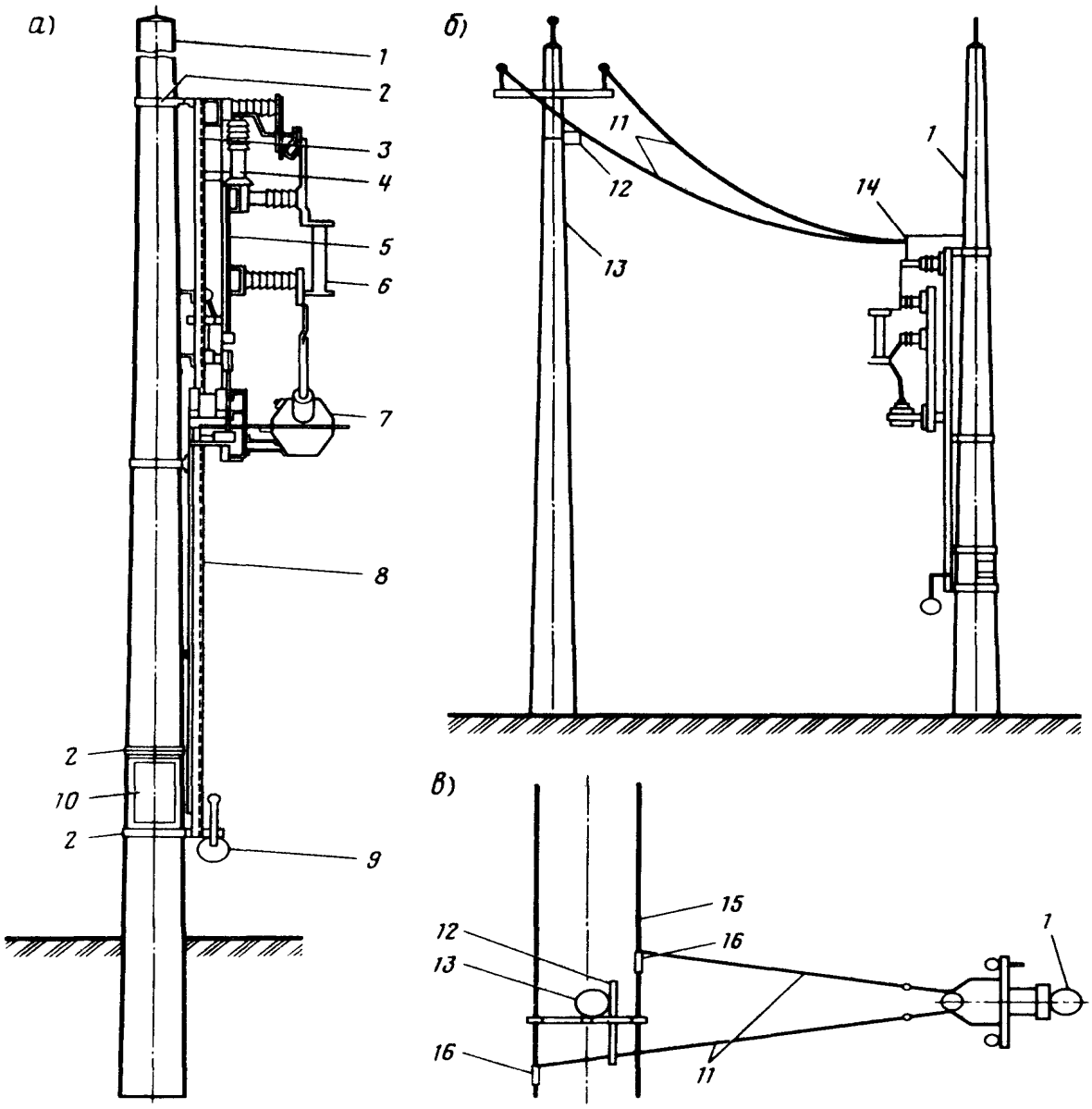


Рис. 3.6. Подъемно-опускная комплектная трансформаторная подстанция КТП-П-А-1,25/6(10)У1

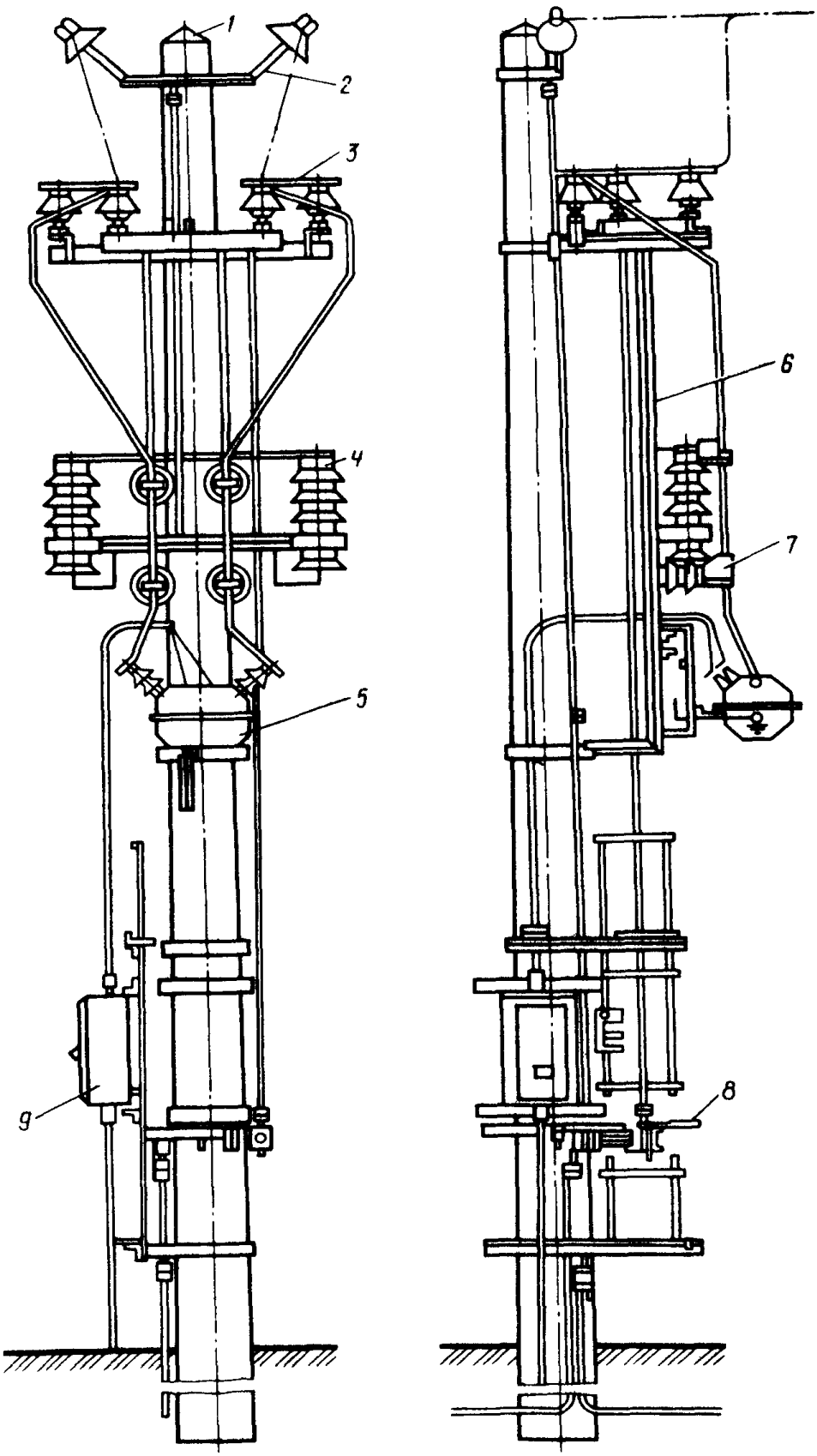


Рис. 3.7. Комплектная трансформаторная подстанция КТПО-0,63 или КТПО-1,25/6(10)

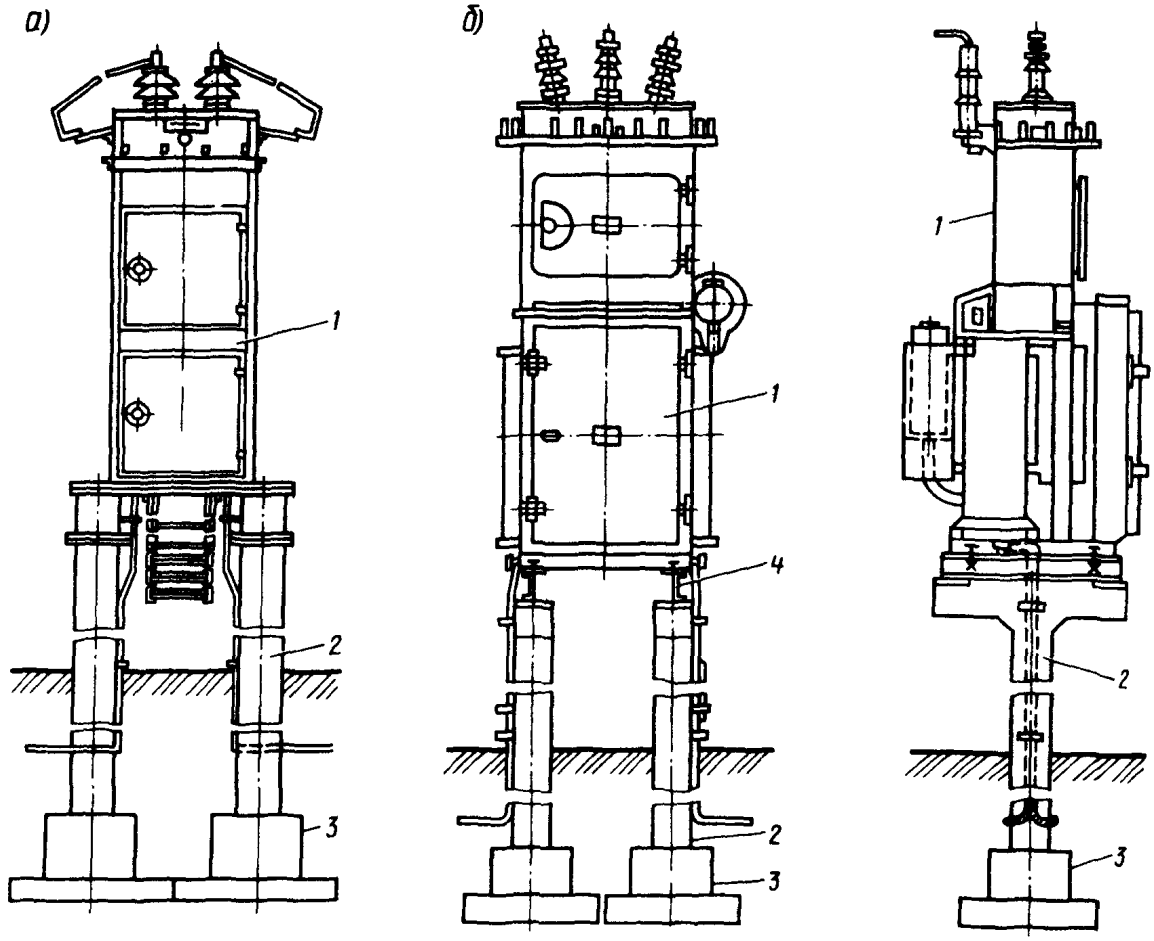


Рис. 3.8. Комплектные трансформаторные подстанции

Щоб уникнути переплутування проводів на проміжній опорі встановлюють додаткову траверсу. Навколо трансформаторної підстанції влаштовують огородження.

При розташуванні споживачів на значній відстані від залізничних колій трансформаторні підстанції встановлюють поблизу споживача, а від повітряної лінії напругою 6-10 кВ виконують відпайку до трансформаторної підстанції повітряною або кабельною лінією. При цьому роз'єднувач розміщають на кінцевій опорі в трансформаторної підстанції. Необхідність установки роз'єднувача в місці відпайки від повітряної лінії залежить від довжини відгалуження.

Трансформаторна підстанція КТПС-35 призначена для живлення навантажень автоматики й телемеханіки на ділянках з лініями поздовжнього електропостачання напругою 35 кВ, Підстанцію закріплюють хомутами на опорах контактної мережі або стояках для високовольтної лінії автоблокування.

Фідерні камери й шафи внутрішньої й зовнішньої установок застосовуються при обладнанні пунктів електропостачання високовольтної лінії автоблокування.

На ділянках залізниць із електричною тягою для монтажу живильних пунктів на тягових підстанціях застосовують камери внутрішньої установки КВВО-2 і шафи зовнішньої установки КРУН-6(10) кВ. Шафи й камери з масляними вимикачами складаються із двох частин - корпуса й викатного візка з вимикачем.

При монтажі проміжних пунктів електропостачання на тягових підстанціях шафи КРУН-Б(10) кВ закріплюються на спеціальних бетонних фундаментах.

При обладнанні кінцевих пунктів живлення ліній автоблокування застосовують камери внутрішньої установки КВВО-2, розташовувані в будинках тягових підстанцій.

На ділянках з тепловозною тягою пункти електропостачання високовольтних ліній автоблокування монтують також із застосуванням типових камер внутрішньої й зовнішньої установок заводського виготовлення. Камери зовнішньої установки монтують на спеціальних фундаментах і з'єднують шинами й кабелями відповідних марок, жильності й перерізу.

Камери внутрішньої установки МКФВ-Р-**1, МКФВ-Р-П, МКФВ-Р-IV, МКВВ-II,** МКТнВЗ-2(1) застосовують для пристроїв вводу; МКФВЗ-П - в якості фідерних для живлення ланцюгів СЦБ і поздовжнього електропостачання.

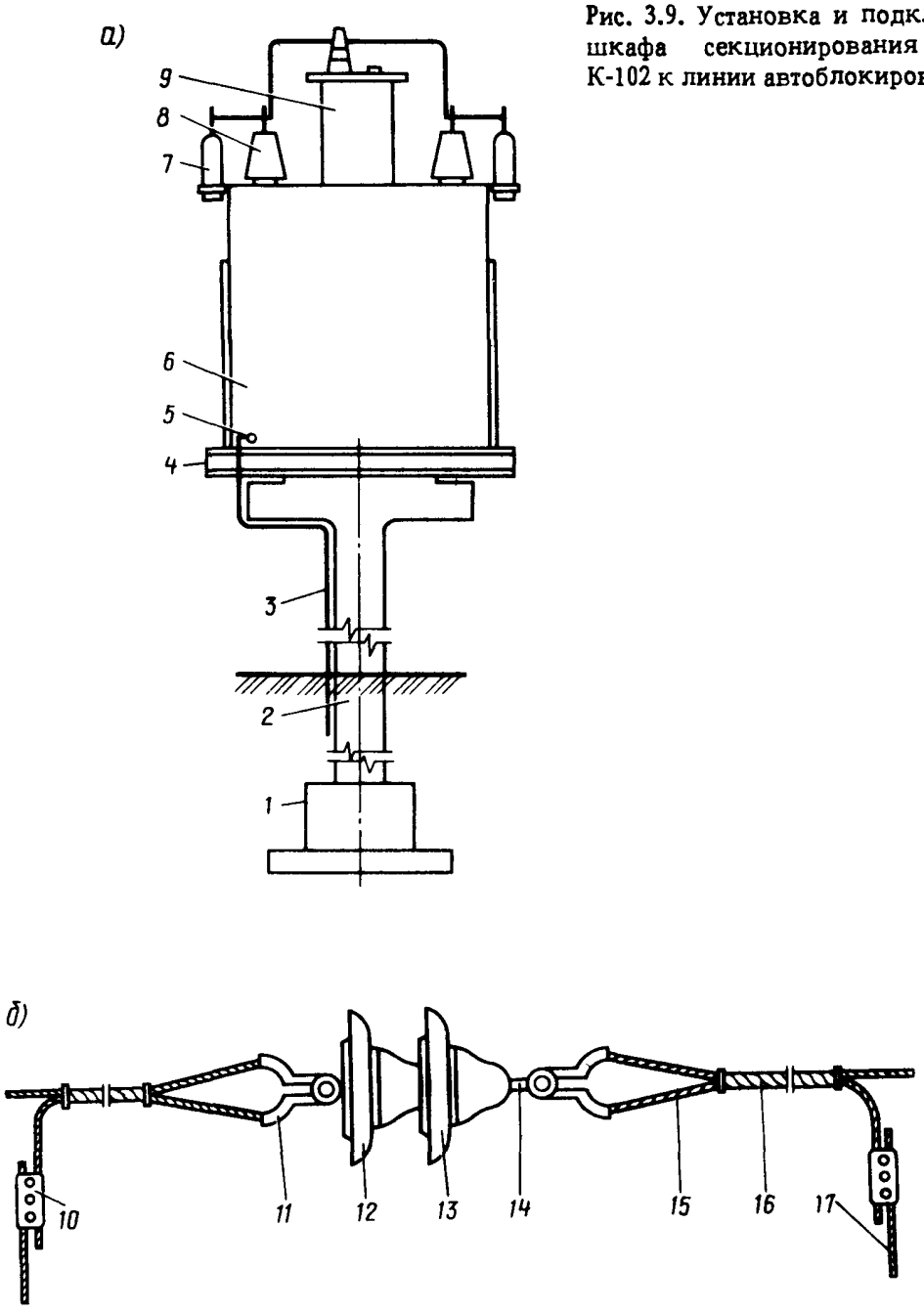


Рис. 3.9. Установка и подключение шкафа секционирования КРУН К-102 к линии автоблокировки

Камери зовнішньої установки МКТ застосовують для установки силових трансформаторів потужністю до 100 кВА; МКВН-Н - для пристроїв вводу; МКСН-П - для пристрої пунктів секціонування; МКФНЗ-П і шафи ШЗЗ - для монтажу апаратури живильних фідерів ланцюгів СЦБ і поздовжнього електропостачання.

Шафа секціонування КРУН К-102 (мал. 3.9, *а)* служить для секціонування високовольтної повітряної лінії й складається з камери 6, розділеної на два відсіки. В одному відсіку (апаратури головних ланцюгів) установлені високовольтний вимикач, трансформатори струму й прохідні ізолятори, в іншому (апаратури допоміжних ланцюгів) - низьковольтна апаратура пристрої захисту й автоматику привод високовольтного вимикача. На камері закріплені трансформатори *9* типу ОМ і розрядники 7 типу РВО.

Шафу встановлюють у середині прольоту на залізобетонних стояках 2, що закріплюються у фундаментах *1* склянкового типу. Раму камери кріплять болтами до швелера 4, що з'єднується зварюванням з металевими елементами стояка.

Проводи відгалуження від високовольтної лінії підключають до прохідних ізоляторів *8.* Заземлюючий провідник *3* приєднують до болта 5 на корпусі шафи.

Для підключення шафи на проводах у прольоті між двома опорами з роз'єднувачами встановлюють ізолюючу вставку (мал. 3.9, б), що містить два ізолятори ПТФ-70 *12* і ПФН-70 *13,* коуш вилочний *11* із вкладишем і зварну сергу *14.* Лінійні проводи *15* закріплюють на вилочному коуше із застосуванням петлевих затисків або овальних з'єднувачів *16.* Проводи відгалуження *17* підключаються до лінійних проводів за допомогою петлевих затисків *10.*

Для виключення доступу сторонніх осіб навколо шафи встановлюють огородження.

Шафу ТП-20Б встановлюють на кабельних високовольтних лініях. Він призначений для живлення апаратури сигнальної установки. Шафа розділена на два відсіки. В одному відсіку розміщаються роз'єднувачі РВ-10/400 і високовольтні кабельні вводи; в іншому - трансформатори ОМ, запобіжники ПКБ-10 IV і вводи низьковольтних кабелів.

Шафу встановлюють на чотирьох бетонних фундаментах з болтами так, щоб від його дна до землі була відстань 150 мм.

Кабелі, що вводяться, захищають від механічних пошкоджень металевими трубами, що прикріплюються болтами до дна шафи.

Шафу ТП-20Р установлюють так само, як і шафу ТП-206, на кабельних високовольтних лініях. У ньому розміщено три роз'єднувачі РВ-10/400 і передбачається введення до трьох високовольтних кабелів.

До місця встановлення камери й шафи доставляють по трасі лінії на автомобілях, тракторних причепах або опоровозах, а встановлюють - кранами на автомобільному й гусеничному ході, крановими пристроями машин із шарнірною стрілою. Останні використовують також при монтажі трансформаторних підстанцій на опорах.

У випадку розташування місць установки трансформаторних підстанцій і камер у зоні досяжності залізничного крана для їхнього транспортування й установки формують спеціальний поїзд, що полягає з локомотива, крана, залізничних платформ і вагона-гуртожитку.

14. ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРИСТРОЇВ ЖИВЛЕННЯ
ЛЕКЦІЯ
Електричні розрахунки пристроїв живлення сигнальної точки автоблокування

До вторинної обмотки трансформатора живлення сигнальної точки підключають постійні й змінні навантаження.

До постійних навантажень, які не залежати від розмірів руху, відносяться прилади, котрі ввімкненні постійно (світлофорні лампи, сигнальні трансформатори, дешифраторні ячійки, блоки живлення типу БПШ тощо).

Змінні навантаження - це навантаження від рейкових кіл, які залежати від стану баласту й розмірів руху.

При зайнятому стані рейкове коло споживає енергії більше, ніж при вільному. Рейкове коло споживає максимальну потужність короткочасно, тільки в момент знаходження поїзда на її кінці живлення. Тому навантаження пристроїв автоблокування характеризуються двома величинами - середньої й максимальної (максимально тривалої).

По середній потужності визначають навантаження на високовольтну лінію. Розрахунок потужності лінійного трансформатора й перетин жил кабелю живлення, а також вибір запобіжників здійснюють по максимальному навантаженню. При цьому допускається перевантаження трансформатора типу ОМ понад номінальну потужність на 30 % протягом 1 рік; 60 % - 45 хв; 100 % - 10 хв; 200 % - 1,5 хв.

Загальну споживану потужність варто визначати як геометричну суму активних і реактивних навантажень.

Середні й максимально-тривалі значення навантажень приладів сигнальних установок для кодового автоблокування без обліку навантажень від рейкових кіл наведені в табл. 2.

На двоколійних ділянках при визначенні потужності трансформатора типу ОМ і розрахунку навантаження на кабель живлення ураховують кодування рейкового кола з релейного кінця при двобічному русі поїздів по одному зі шляхів при капітальному ремонті іншого шляху. При розрахунках приймається година зайнятості всіх рейкових кіл, що одержують живлення від даної сигнальної установки. У цьому випадку навантаження не повинне перевантажувати трансформатор типу ОМ більш ніж на 30 %.

Таблиця 2

Постійне навантаження одиночної і спареної сигнальної установки одноколійної дільниці, одиночної сигнальної установки двоколійної дільниці

Навантаження	Споживна потужність			
	середня		максимально-тривала	
	P, Вт	Q, вар	P, Вт	Q, вар
Гніздо дешифратора	31,7	14,8	31,7	14,8
Генератор ГКШ	2,0	-	2,0	-
Лампа світлофору	15,0	-	15,0	-
Втрати в трансформаторі типу СОБС-2А	4,8	6,0	6,6	6,3
Блок живлення БПШ	7,2	9,0	22,0	9,0

Опалення шафи з втратами в трансформаторі типу СОБС-2А	53,7	6,0	-	-
Трансмітер типу КПТШ	22,0	-	22,0	-
Реле типу АСШ2-220	7,0	-	7,0	-
Освітлення шафи	-	-	90,0	-
Електричний паяльник	-	-	90,0	-
Разом	143,0	36,0	286,3	30,0

Таблиця 3

Постійне навантаження автоматичної переїзної сигналізації.

Навантаження	Споживна потужність			
	середня		максимально-тривала	
	P, Вт	Q, вар	P, Вт	Q, вар
1 Автоматична світлофорна сигналізація				
Гніздо дешифратора	31,7	14,8	31,7	14,8
Лампа світлофлрів	6,2	-	30,0	-
Реле типу АСШ12	10,5	-	10,5	-
Втрати в трансформаторі типу СОБС-2А	6,8	6,3	10,3	6,3
РОТА з трансформатором типу ПОБС-2А	58,0	45,0	262,0	51,3
ВАК-13	8,0	18,0	8,0	18,0
Блок живлення типу БПШ	7,2	9,0	7,2	9,0
Реле типу АСШ2-220	7,0	-	7,0	-
Опалення 2-х шаф	107,4	12,0	-	-
Освітлення 2-х шаф	-	-	165,0	-
Електричний паяльник	-	-	90,0	-
Разом	243,0	105,0	622,0	101,0
2 Автошлагбаум				
Лампи на брусі	8,2	-	40,0	-
Лампи щитка керування	10,0	-	10,0	-
РОТА з трансформатором типу ПОБС-2А	58,0	45,0	262,0	51,3
Додаткові втрати трансформатору типу ПОБС	10,2	-	8,7	39,7
Разом	86,0	45,0	391,0	91,0
Разом 1 та 2	329,0	150,0	943,0	193,0

Розраховуючи потужність, споживану сигнальними установками від високовольтних ліній СЦБ, враховують розміри руху поїздів на ділянках. При одноколійному автоблокуванні приймається 50 пари поїздів у добу, які рухаються зі швидкістю 60 км/рік; при двоколійному автоблокуванні - 180 пара поїздів у добу, які рухаються зі швидкістю 80 км/ч. Середню довжину поїзда приймають рівної 850 м, середню довжину рейкових кіл сигнальних установок - 2000 м, середню довжину рейкових кіл переїзних установок - 2000 і 500 м.

Лінійні трансформатори автоблокування випускають тільки типів ОМ-0,63/10 і ОМ-1,25/10, тому навантаження сигнальної установки на ВЛ СЦБ можна

розраховувати за укрупненими показниками, вводячи коефіцієнт, який враховує розміри руху поїздів:

$$K=nl/24v,$$

де n - число минаючих по ділянці поїздів у добу;

l - шлях, який проходити поїзд, на якому включене навантаження, км;

v - швидкість поїзда, км/ч.

При двоколійному автоблокуванні приймаємо n = 180 пара поїздів у добу; довжина рейкового кола l=2 км; швидкість поїзда v = 80 км/рік, тоді $ДО = (360\cdot 2)/(24\cdot 80) = 0,38$.

При електротязі постійного струму й числовому кодовому автоблокування змінного струму частотою 50 Гц навантаження на лінійний трансформатор складається з потужності, споживаної рейковими колами, і потужності, споживаної приладами сигнальних установок.

Розрахункові потужності, споживані кодовими рейковими колами частотою 50 Гц різної довжини при електротязі постійного струму із дросель- трансформаторами типу ДТ-0,6 на кінці живлення й типу ДТ-0,2 на релейному кінці, з урахуванням втрат у колійних трансформаторах наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Змінне навантаження рейкових кіл при електротязі постійного струму

Довжина рейкового кола, l,м	Потужність при вільному рейковому колу (середня)		Потужність при зайнятому рейковому колу (максимальна)	
	P, Вт	Q, вар	P, Вт	Q, вар
До 500	18	53	18	63
500-1000	25	59	27	88
1000-1500	40	70	41	137
1500-2000	73	96	72	244
2000-2250	104	120	101	338
2250-2500	147	154	140	475
2500-2600	170	172	165	549

При електротязі змінного струму й числовому кодовому автоблокування змінного струму частотою 25 Гц рейкові кола одержують живлення від перетворювачів частоти типу ПЧ50/25-100 через ізолюючі трансформатори.

У табл. 5 наведені розрахункові потужності, споживані кодовими рейковими колами частотою 25 Гц із дросель-трансформаторами типу ДТ-1-150 від перетворювачів частоти типу ПЧ50/25-100.

Таблиця 5

Навантаження на вторинну обмотку ПЧ

Довжина рейкового кола, l,м	Потужність при вільному рейковому колу (середня)			Потужність при зайнятому рейковому колу (максимальна)		
	P, Вт	Q, вар	S, В·А	P, Вт	Q, вар	S, В·А
До 500	4	0,6	4	6	-0,5	6
500-1000	7	1	7	14	-1	14
1000-1500	14	3	15	29	-2	29
1500-2000	28	5	20	59	-4	59
2000-2250	39	8	40	83	-6	83

2250-2500	55	10	56	116	-8	116

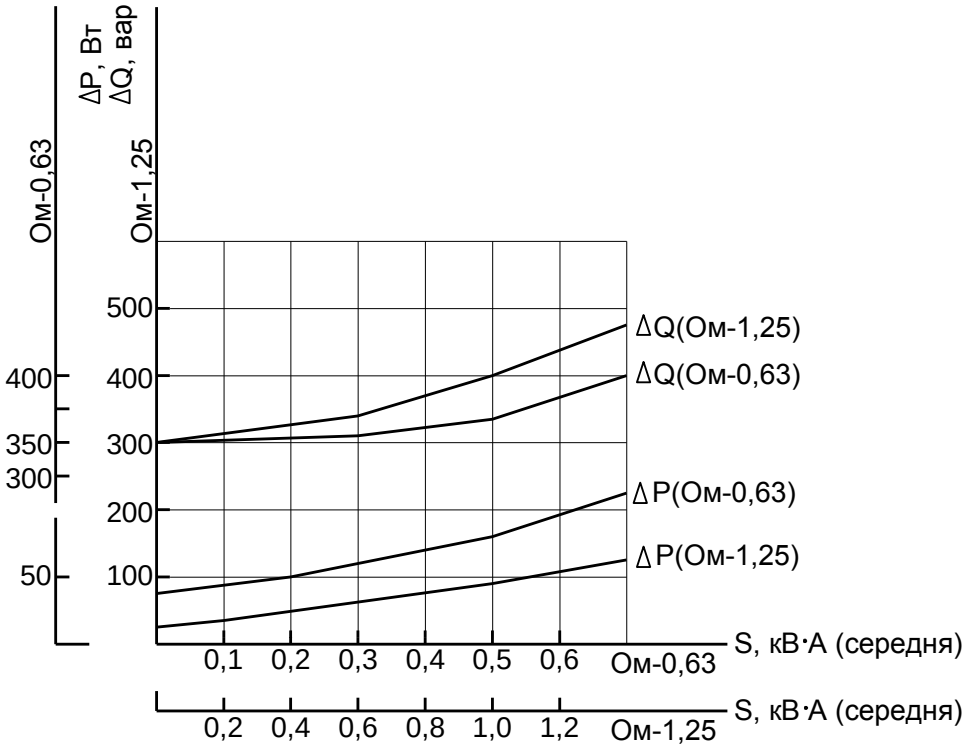
При виборі типу лінійного трансформатора на ділянках з електротягою змінного струму й кодових рейкових кіл частотою 25 Гц варто враховувати потужність, споживану перетворювачем частоти ПЧ50/25-100 (cos φ = 0, 8÷1,0) від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц (табл. 6).

Таблиця 6

Змінне навантаження рейкових кіл при електротязі змінного струму

Потужність, якові споживає рейкове коло частотою 25 Гц, В·А	Потужність, якові споживають від мережі частотою 50 Гц			
	P, Вт	Q, вар	S, В·А	cos φ
0	40	180	185	0,22
20	60	180	185	0,33
40	80	180	195	0,44
60	100	190	210	0,52
80	120	190	220	0,63
100	140	190	235	0,73

Потужність, споживана лінійним трансформатором від високовольтної лінії, більше середньої потужності, споживаної приладами сигнальної установки при вільному рейковому колі, на величину втрат у трансформаторі. Втрати в лінійних трансформаторах типів ОМ-0,63 і ОМ-1,25 визначають по кривих на мал. 1



.

Рис. 1. Криві втрат у трансформаторах типу Ом у залежності від навантаження

ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ:

1. Вибір трансформатора ОМ по максимальній потужності споживачів.

1.1 Визначаємо максимальну **постійну** активну та реактивну потужність, по таблиці №2 та №3.

$$P_{max\ п},\qquad Q_{max\ п.}$$

1.2 Визначаємо максимальну **змінну** активну та реактивну потужність рейкових кіл, по таблицях № 4, №5, №6.

$$P_{max\ рц1},\qquad Q_{max\ рц1},$$
$$P_{max\ рц2},\qquad Q_{max\ рц2}.$$

Примітка: на одноколійній дільниці враховується довжина найдовшого рейкового кола, на двоколійній дільниці та переїзді враховується довжина двох рейкових кіл.

1.3 Визначаємо сумарну активну та реактивну потужність, яка споживається сигнальною установкою:

$$\sum pmax = P_{max\ п} + P_{max\ рц},$$

$$\sum qmax = Q_{max\ п} + Q_{max\ рц.}$$

Примітка: якщо, згідно завдання, треба визначити потужність спареної сигнальної установки $P_{max\ п}$ та $Q_{max\ п}$ треба помножити на два.

1.4 Визначаємо повну максимальну потужність:

$$S_{max} = \sqrt{\sum P_{max}{}^2 + \sum Q_{max}{}^2}\ .$$

1.5 Визначаємо тип трансформатора ОМ:

Якщо, Smax дорівнює до 693 В·А, вибираємо ОМ-0,63;

Якщо, Smax дорівнює від 694 В·А до 1375 В·А, вибираємо ОМ-1,25;

2. Визначити загальне навантаження на високовольтну лінію.

2.1 Визначаємо середню **постійну** активну та реактивну потужність, таблиці №2 та №3:

$$P_{ср\ п},\qquad Q_{порівн\ п.}$$

2.2 Визначаємо середню **змінну** активну та реактивну потужність рейкових кіл, таблиці №4, №5, №6.

$$P_{ср\ рц},\qquad Q_{порівн\ рц.}$$

2.3 Визначаємо сумарну середню активну та реактивну потужність сигнальної установки, враховуючи коефіцієнт, який враховує розміри руху поїздів:

$$K = nl/24v,$$
$$\sum P_{ср} = K(P_{ср\ п} + P_{порівн\ рц}),$$
$$\sum Q_{ср} = K(Q_{порівн\ п} + Q_{порівн\ рц}).$$

2.4 Визначаємо повну середню потужність:

$$S_{ср} = \sqrt{\sum P_{ñð}{}^2 + \sum Q_{ñð}{}^2}$$

2.5 Визначаємо втрати в трансформаторі ОМ, у залежності від типу та $S_{ср}$ по кривимо на малюнку 1.

$$\Delta P,\qquad \Delta Q.$$

2.6 Визначаємо навантаження на високовольтну лінію:

$$S_{çàã} = \sqrt{(\sum P_{ñð} + \Delta Ð)^2 + (\sum Q_{ср}{}^2 + \Delta Q)^2}$$

Відповідь:

ЛЕКЦІЯ

Автоматизовані дизель-генераторні установки й резервні електростанції

У випадку припинення енергопостачання від основного й резервного джерел електроенергії для живлення обладнань автоматики й телемеханіки поста ЕЦ застосовують автоматизовані дизель-генераторні установки типу ДГА й резервні електростанції.

Дизель-генераторна установка складається з дизеля, генератора, з'єднаного з дизелем пружною муфтою, і щита керування з пристроями автоматики й комутації. У комплект дизель-генераторної установки входять: акумуляторні батареї, випрямлячі, щит допоміжних пристроїв, пульт дистанційного керування, паливний бак і щиток з контрольно-вимірювальними приладами.

Залежно від типу поста електричної централізації встановлюють електростанції наступної потужності:

Тип поста ЕЦ	I	I	I, II	II, III	IV
Електростанція: тип	Э-8Р	ДГА-12М	2Е16А3	ДГА-24М	ДГА-48М
потужність, кВт	8	12	16	24	48

Кожна електростанція є автономним джерелом електроенергії й може працювати безупинно протягом 200год без обслуговуючого персоналу. В електростанціях типу ДГА-24М и дизель, і генератор змонтовані на одній рамі, а ДГА-48М – окремо. Акумуляторні батареї автоматики й стартерні батареї розміщають в акумуляторних приміщеннях постів на загальних стелажах, а в електростанції Е-8Р стартерну батарею встановлюють поруч із агрегатом. Схема розташування блоків електростанції на пості ЕЦ наведена на рис. 294.

Трифазний генератор электростанції змінного струму часто тієї 50 Гц напругою 400/230 В збуджується від напівпровіднику вих. випрямлячів.

Для швидкого включення агрегату внутрішня температура в будинку електростанції не повинна бути нижче + 15° С. Такий режим підтримується температурними датчиками, які автоматично включають електричні печі. При зникненні напруги постійного струму або надмірнім зниженні в колах керування (24 В) аварійне реле знеструмлюється й дизель-генератор зупиняється. Напруга 24 В надходить із релейної панелі, що живить установки поста ЕЦ. Дизель-генератор має захист, який забезпечує зупинку при підвищенні температури води більш 100° С, зменшенні тиску масла до 11,1 МПа, зниженні рівня води в системі охолодження нижче припустимого, підвищенні частоти обертання більш 1700 об/хв.

Електростанція автоматично включає навантаження приблизно через 20 з поста відключення живлення пристроїв ЕЦ від фідерів (основного й резервного) і відключає навантаження з появою напруги в одному з фідерів. Запускати електростанцію можна натисканням кнопки з пульта або вручну. Для автоматичного керування електростанцією поставляється щит типу ЩДГА-М.

Блок автоматичного керування складається із щита, резервної автоматики, блоку включення навантаження й підігрівника. При запуску дизель-генератора автоматично включається вентилятор.

Автоматичний пуск дизеля відбувається при надходженні сигналу про запуск із пульта або від кнопки пуску на щиті ЩДГА-М або зникненні напруги на обох фідерах змінного струму. У першому випадку при наявності напруги на вводах генератор на навантаження не включається. Двигун зупиняється при надходженні сигналу на зупинку з пульта й від кнопки на щиті або появі напруги в одному з фідерів.

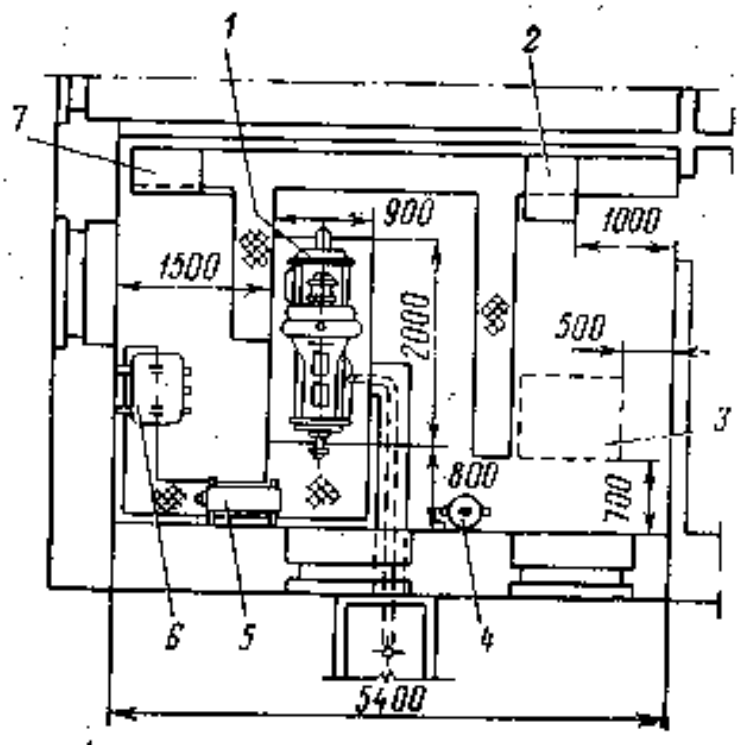
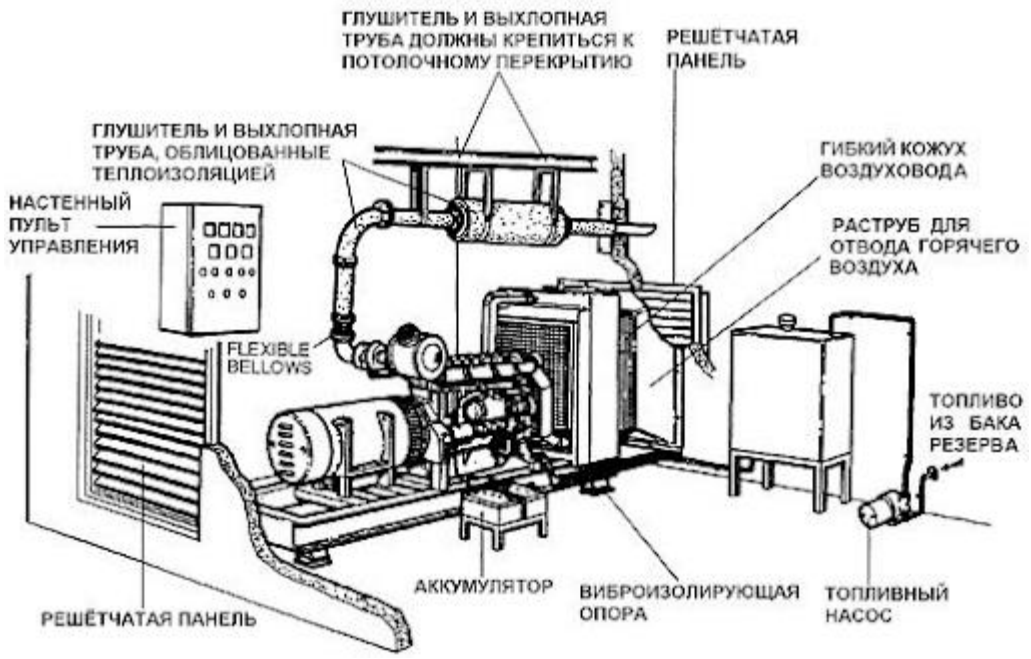


Рис. 294 Схема розташування блоків резервної електростанції на посту ЕЦ

1 – дизель-генератор, 2 – пульт автоматики, 3 – місце для перетворювача частоти 75 Гц, 4 – бак для води, 5 – топливний бак, 6 – бак для масла, 7 - випрямлювач



ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА
Базова

1. Герман Л.А., Векслер М.И., Шелом И.А., Устройства и линии єлектроснабжения автоблокировки. Транспорт. 1987.-192 с. [Л.1]
2. Михайлов А.Ф., Частоедов Л.А. „Электроснабжение устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта ”, Транспорт, 1981- 383 с. [Л.2]
3. Асс Э.Е., Гончаров А.Я., Справочник. Строительство устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, Транспорт, 1979 – 446 с. [Л.3]
4. Прохорский А.А. «Тяговые и трансформаторные подстанции: Учебник для техникумов ж. – д. трансп. – М.: Транспорт, 1983. – 469 с. [Л.4].
5. Китаев В.Е., Корхов Ю.М., Свирин В.К. «Электрические машины» Часть I - М., Высшая школа, 1978. - 185 с. [Л.5]. Китаев В.Е., Корхов Ю.М., Свирин В.К. «Электрические машины» Часть II –М., Высшая школа, 1978. – 184 с. [Л.5].
6. Буряк В.М., Навчальний посібник. Експлуатація електрообладнання системи електропостачання. Харків: Тимченко А.М., 2008.-491 с. [Л.6].
7. Асс Э.Е. Маслов Г.П., «Монтаж устройств автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте», -М; Транспорт, 1991.-336 с. [Л.7]

Допоміжна

1. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв’язку на залізницях України. Міністерство транспорту України. Київ. 2004-156 с.
2. Правила технічної експлуатації залізниць України. 2003 – 133с.
3. Електропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи; Учебник для вузов, ж.-д. транспорта /Вл.В.Сапожников, Н.П.Ковалев, В.А.Кононов, А.М.Костроминов, Б.С.Сергеев –М: Маршрут, 2005-453с.

4 Журнал «Автоматика, связь, информатика» Москва.

15. Інформаційні ресурси

1http://www.scbist.ua
2 http://www.jd-enciklopedia.ru
3 http://www.twirpx.com
4 https://docs.google.com
5 http://new-scb.narod.ru
6 http://elibrary.ru