

ОСНОВНІ СХЕМИ ТА БУДОВА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Загальні положення

- **Електричними мережами** називається сукупність повітряних та кабельних ліній електропередач і підстанцій, що знаходяться на певній території. Електрична мережа призначена для передачі електроенергії від місця її виробництва до місця споживання і розподілу її між споживачами. Залежно від класу напруги електричні мережі поділяються на системоутворюючі мережі (напругою 220-750 кВ), що входять до складу Національної енергетичної компанії НЕК "Укренерго", а також розподільчі мережі (напругою 110-0,4 кВ), які належать обласним енергопостачальним компаніям та незалежним енергопостачальним організаціям.
- **Під лінією електропередачі (ЛЕП)** будь-якої напруги (повітряної чи кабельної) розуміють електроустановку, яка призначена для передачі електричної енергії.
- Передача великої кількості електричної енергії на значні відстані можлива та економічно вигідна тільки лініями електропередачі високої напруги. З цією метою електрична енергія, що виробляється генераторами, трансформується в енергію високої напруги за допомогою трансформаторів, що встановлені безпосередньо на електростанціях. Підстанції, на яких відбувається ця трансформація, називаються **підвищувальними чи живильними трансформаторними підстанціями**. Приймальні підстанції, що перетворюють електричну енергію з напруги, на якій вона передавалась лініями електропередачі, до напруги під'єднаної до підстанції розподільчої мережі, називаються **понижуючими чи приймальними трансформаторними підстанціями**.
- На понижуючих підстанціях електрична енергія може трансформуватися одночасно на дві чи більше різні напруги, відповідно під'єднаним до них розподільчим мережам чи окремим лініям електропередачі. Від цих мереж, в свою чергу, живляться інші підстанції, що трансформують енергію до ще більш низької напруги, аж до напруги, на якій під'єднані електроприймачі різного призначення. Таким чином приймальні підстанції високої напруги одночасно можуть бути і живильними.
- Електроустановки, приймання і розподіл електроенергії в яких відбувається на одній і тій же напрузі, тобто без її трансформації, називаються **розподільчими пунктами**.

Категорії споживачів

- Електричні мережі повинні забезпечувати:
- Безперервне електропостачання, що залежить від схеми і надійності пристроїв мережі;
- Високу якість електроенергії, що характеризується відповідним рівнем напруги у споживачів;
- Зручність і безпеку експлуатації;
- Економічність;
- Можливість подальшого розвитку без корінної перебудови мережі.
- Вимоги, що ставляться до мереж в залежності від надійності електропостачання, залежать від характеру електроприймачів, що поділяються на наступні категорії:
- **I категорія** – електроприймачі, порушення електропостачання яких може привести до створення небезпеки для життя людей, значні збитки для народного господарства, пошкодження обладнання, масовий брак продукції, розлагодження складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів народного господарства.
- **II категорія** – електроприймачі, перерва в електропостачанні яких приводить до масового недовідпуску продукції, простою працівників, механізмів та промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості споживачів.
- **III категорія** – це решта всіх електроприймачів, що не входять до I та II категорій.
- Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватись електроенергією від двох незалежних взаємно резервуючих джерел живлення і перерва в електропостачанні при порушенні електропостачання від одного джерела живлення допускається лиш на час аварійного відновлення живлення.
- Електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних, взаємно резервуючих джерел живлення. Для електроспоживачів II категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або оперативно-виїзною бригадою.
- Для електроприймачів III категорії електропостачання може здійснюватись від одного джерела живлення за умови, що перерви в електропостачанні, необхідні для ремонту чи заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують однієї доби.

Електричні мережі напругою вище 1000 В

- Електроустановки напругою вище 1000 В, згідно ПУЕ, діляться на електроустановки з малими струмами замикання на землю (не більше 500 А), до яких відносяться мережі, що працюють з ізольованою чи компенсованою нейтраллю, і електроустановки з великими струмами замикання на землю (більше 500 А), що працюють з глухозаземленою нейтраллю. До мереж з ізольованою нейтраллю належать мережі 6-35 кВ, в яких струм однофазного замикання визначається частковими ємностями фаз мережі по відношенню до землі і залежать від напруги, конструкції і протяжності мережі. В мережах з глухозаземленою нейтраллю (мережі напругою 110 кВ) при замиканні на землю чи на заземлені частини електроустановок протікають дуже великі струми короткого замикання і тому повинно бути забезпечене автоматичне відключення пошкодженої ділянки мережі з найменшим часом відключення. При цьому виконують ще й АПВ. Мережі з ізольованою нейтраллю при однофазних замиканнях на землю, які найбільше відбуваються в процесі експлуатації, не потребують негайного відключення пошкодженої ділянки мережі і можуть працювати з заземленою фазою на протязі декількох годин, доки споживач не буде переведений на резервне живлення чи підготовлений до перерви в електропостачанні електричної енергії.

Електричні мережі напругою до 1000 В

- Найбільш поширеними мережами до 1000 В є чотирипровідні мережі напругою 380/220 В, для яких, згідно вимог ПУЕ, вимагається виконання глухозаземленої нейтралі. Такий режим нейтралі виключає значне перевищення номінальної напруги мережі по відношенню до землі. Корпуси електрообладнання, приєднаного до чотирипровідної мережі, металеві каркаси розподільчих щитів, приводи до електричних апаратів та інші частини електроустановок, розміщених в приміщеннях з підвищеною небезпекою чи на відкритому повітрі, повинні мати металічний зв'язок з заземленою нейтраллю установки. Цей зв'язок здійснюється через нульовий провід, прокладений на тих же опорах повітряної лінії, що і фазні. В такому випадку замикання на корпус будь-якої фази лінії приведе до короткого замикання з достатньо великим струмом, запобіжник пошкодженої фази перегорить і мережа буде продовжувати працювати в неповнофазному режимі. Напруга по відношенню до землі двох інших фаз, що залишились в роботі, не перевищить фазної.
- В мережах з ізолюваною нейтраллю (мережі 220/127 В) замикання фази на землю не викличе короткого замикання і не приведе до відключення пошкодженої фази. Мережа буде продовжувати працювати в повнофазному режимі, але при цьому напруга двох непошкоджених фаз по відношенню до землі збільшиться до лінійних значень.

Схеми розподілу електроенергії на напрузі 0,4-110 кВ

- В лініях низької напруги (**до 1000 В**) найбільше розповсюдження отримали радіальні схеми і радіальні з перемичками.
- Для розподілу електроенергії на напрузі **6-10 кВ** використовують два види схем: радіальну і магістральну.
- Радіальні схеми розподілу електроенергії поділяються на одноступеневі і двоступеневі. В одноступеневих радіальних схемах приймальний пункт є одночасно розподільчим, з шин якого безпосередньо живляться понижуючі трансформатори чи електроприймачі на напругу вище 1000 В.
- Двохступеневі радіальні схеми застосовують для живлення трансформаторів підстанцій невеликої потужності (до 1000 кВА) і окремих великих електроприймачів на напругу вище 1000 В, підключених безпосередньо до шин розподільчих пунктів.
- Від приймального пункту потужні трансформаторні підстанції і розподільчі пункти живляться не менше ніж по двох радіальних лініях, що в нормальному режимі працюють кожна на свою секцію. При аварійному відключенні на РП одного з вимикачів навантаження споживачів буде прийнято лінією, що залишилася в роботі, завдяки автоматичному включенню секційного вимикача, обладнаного пристроєм АВР. Така схема застосовна для електроприймачів 1-й і 2-й категорій.
- Живлення на невелику одноступеневу підстанцію для електропостачання електроприймачів 2-й, категорії може бути подано по одній радіальній лінії без резервування. Така схема можлива в тих випадках, коли при живленні повітряною лінією забезпечено швидку ліквідацію її пошкодження, а при живленні по кабельній лінії - якщо кабель прокладений в каналі.
- Може бути застосована також схема живлення одноступеневу підстанції по одиночній радіальній лінії, розщепленій на два кабелі.
- Магістральні схеми розподілу енергії на напрузі 6 і 10 кВ застосовують на підприємствах з роззосередженими невеликими центрами навантаження, електропостачання яких здійснюється від декількох трансформаторних підстанцій.

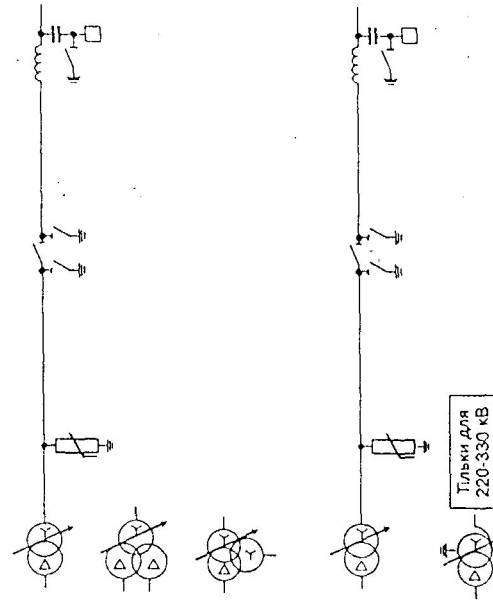
- Магістральні схеми бувають: одиночні з одностороннім і двостороннім живленням, кільцеві, з двома (і більше) наскрізними магістралями. Одиночна магістральна схема з одностороннім живленням застосовується тільки для невідповідальних електроприймачів 3-ї категорії, оскільки при аварії можлива перерва в електропостачанні на тривалий час, необхідний для відшукування, відключення і відновлення пошкодженої ділянки.
- Кільцева магістральна схема придатна для живлення електроприймачів не тільки 3-ї, але і 2-ї категорії, оскільки при аварії тривалість перерви в електропостачанні визначається тільки часом, необхідним для відшукування і відключення пошкодженої ділянки. В нормальному режимі роботи кільцева схема розімкнена по середині.
- Одиночна магістральна схема з двостороннім живленням від двох джерел або двох розподільчих пунктів як і кільцева схема, придатна для електроприймачів 3-ї і 2-ї категорій. Нормально магістраль розімкнена на одній з проміжних підстанції.
- Схема з двома наскрізними магістралями для живлення підстанцій з двома роздільно працюючими трансформаторами є схемою високої надійності і застосовується для електропостачання споживачів всіх категорій, як правило, трансформатори працюють від різних магістралей, але у випадку аварії з однією магістраллю, навантаження перемикається на справну магістраль секційним вимикачем на вторинній стороні трансформаторів. Для електроприймачів 1-ї і, як правило, 2-ї категорій перемикавання виконується автоматично.
- Для розподілу електроенергії на напрузі **35-110 кВ** використовують магістральні схеми живлення з декількома джерелами живлення, секціонуючими вимикачами, обладнаними пристроями АВР. Також роблять відпайки від ПЛ для живлення тупікових підстанцій або ж виконують розділення ліній з допомогою встановлення двох лінійних роз'єднувачів у випадку відсутності секційного вимикача на ПС. На ПС 35-110 кВ в залежності від нормального режиму роботи електромережі секційний вимикач може бути ввімкненим або вимкненим. Крім цього для особливо важливих споживачів на стороні 6-10 кВ на секційному вимикачі може встановлюватись пристрій автоматичного ввімкнення резерву (АВР) для випадку, коли один із трансформаторів ПС втрачає живлення, споживачі на стороні 6-10 кВ не гасились.

Однолінійні схеми ПС 35-110 кВ

- На однолінійних схемах ПС повинно бути нанесено:
 - - диспетчерські назви силового обладнання, ліній, що живлять чи живляться від ПС та резервні виводи;
 - - тип і параметри усього встановленого обладнання;
 - - тип приміщення, в якому розміщене обладнання в залежності від класу напруги;
 - - інші відомості, що стосуються конструктивних та експлуатаційних властивостей ПС.
- Для прикладу нижче наведено деякі однолінійні схеми ПС м.Львова.

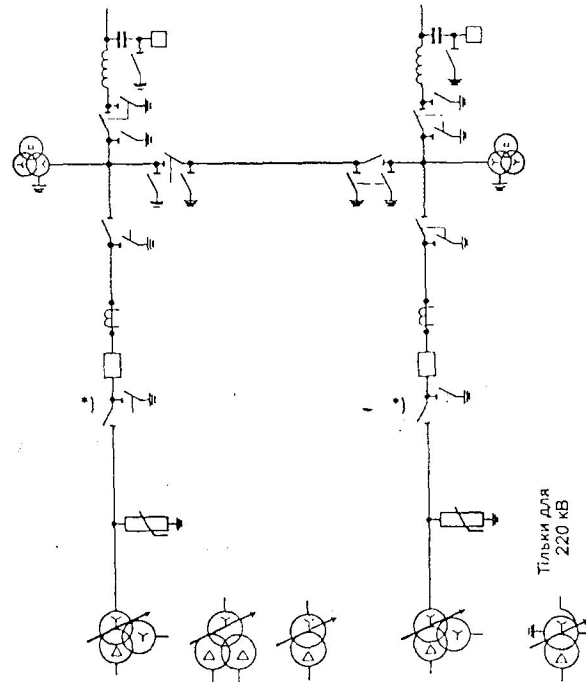
- Нижче наведено принципові схеми електричних мереж, що застосовуються в розподільчих установках 6-10, 35 і 110 кВ, а також приклади однолінійних схем ПС 35-110 кВ.

СХЕМА 110-1, 150-1, 220-1, 330-1
Два блоки лінія-трансформатор з роз'єднувачами



Примітка. У разі присіднання кабельної лінії безпосередньо до силового трансформатора роз'єднувачі, ОПН (розрядники) і устаткування для високочастотного зв'язку не передбачають.

СХЕМА 35-2; 110-2; 150-2; 220-2
Два блоки лінія-трансформатор з вимикачами
і неавтоматичною перемичкою з боку ліній електропередавання

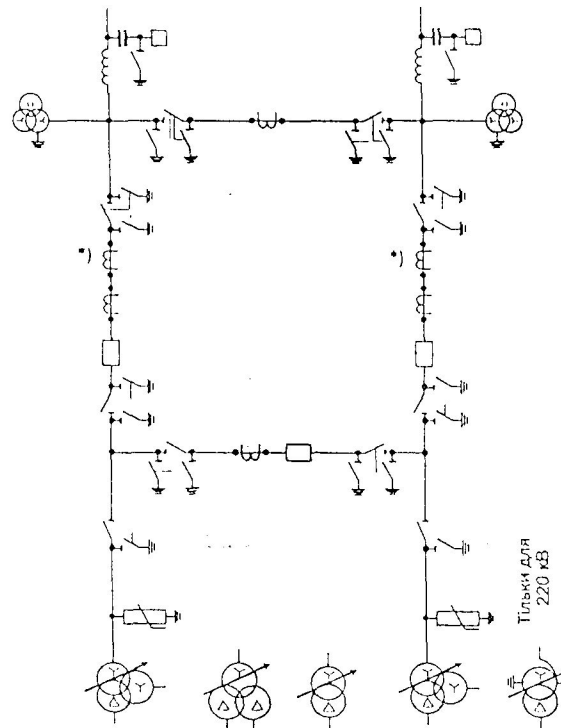


Примітка 1. Роз'єднувачі, позначені *), установлюють у разі наявності живлення зі сторони СН.

Примітка 2. Трансформатори напруги встановлюють у разі потреби.

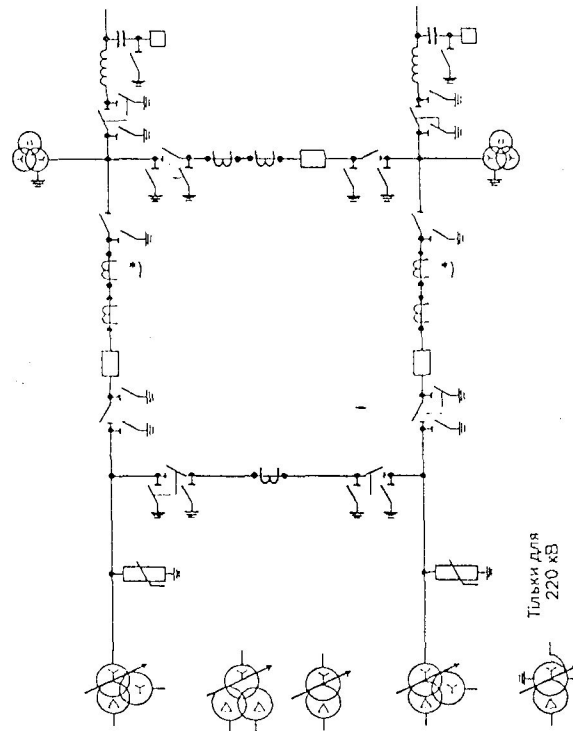
СХЕМА 110-3; 150-3; 220-3

Місток з вимикачами в колах ліній електропередавання
і ремонтною перемичкою з боку ліній електропередавання



Примітка. Трансформатори струму, позначені (*), встановлюють за відповідного обґрунтування.

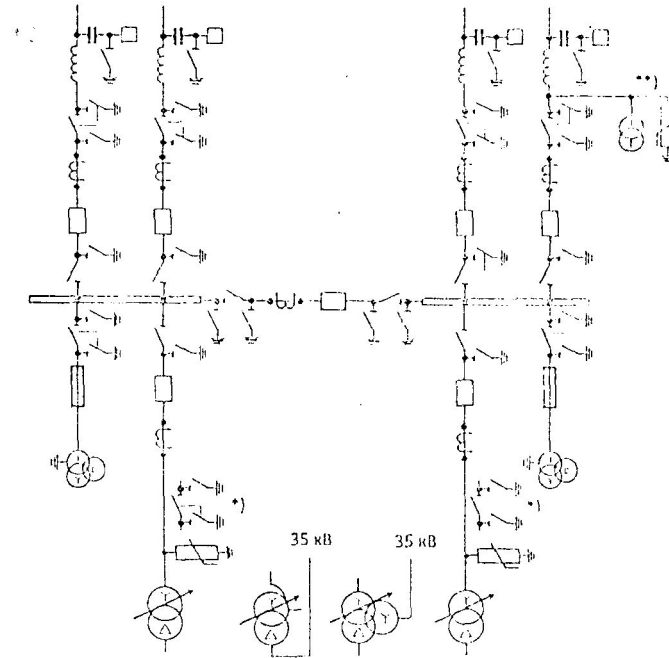
СХЕМА 35-4; 110-4; 150-4; 220-4
Місток з вимикачами в колах трансформаторів
і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів



Примітка. Трансформатори струму, позначені *), установлюють за відповідного обґрунтування.

СХЕМА 35-5

Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин

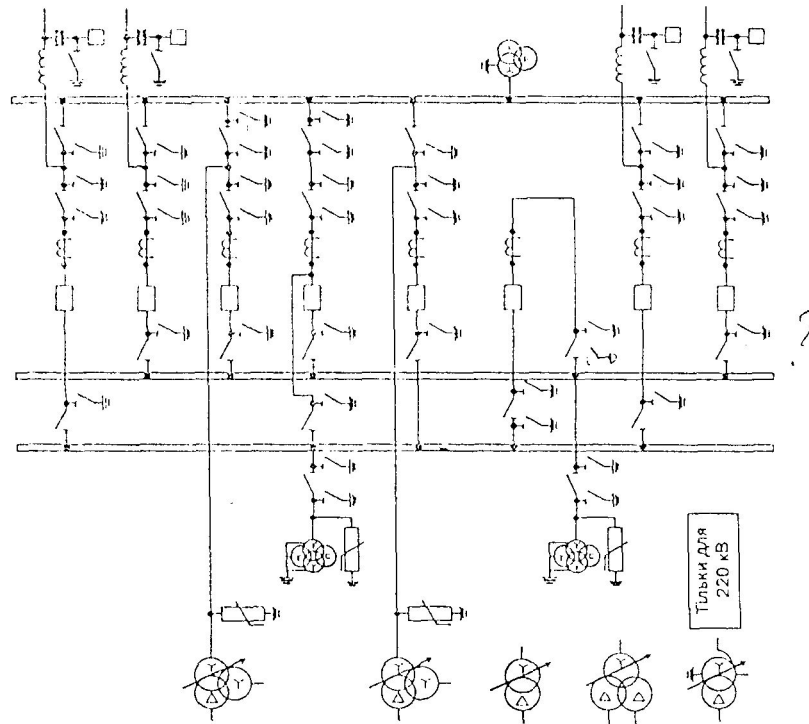


Примітка 1. Роз'єднувачі, помічені *), у колах трансформаторів встановлюють тільки в РУ НН і СН при трьохобмоткових трансформаторах і АТ.

Примітка 2. Комплекти трансформаторів нагрівки та ОПН (розрядників), помічені **), можуть бути встановлені в разі влаштування АВР на одній із живлячих ЛІС ліній електропередавання напругою 35 кВ (резервній).

СХЕМА 110-6; 150-6; 220-6

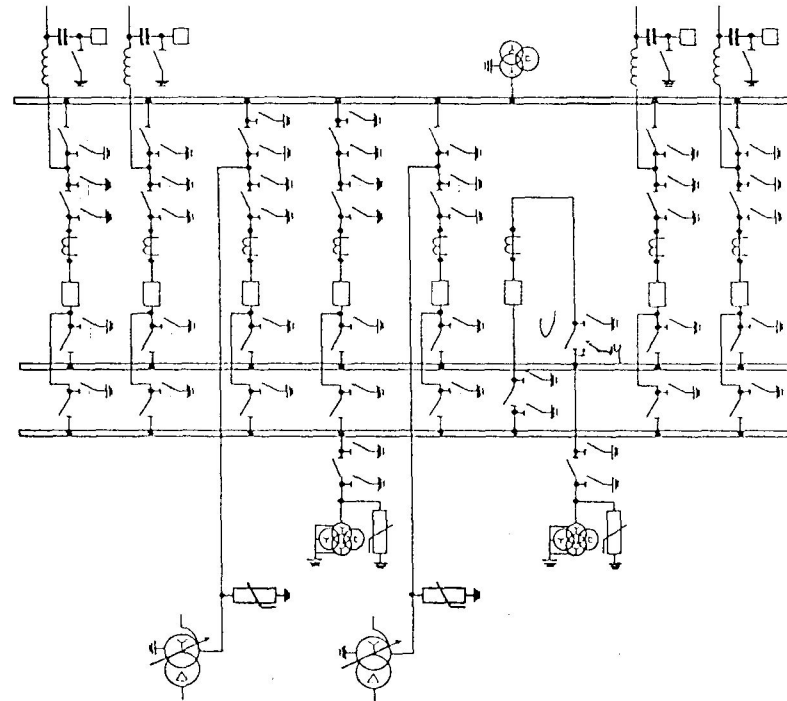
Одна рабочая, секционированная выключателем, и обходная системы шин



Примітка 1. Необхідність установлення ОПН (розрядників) на робочих системах шин уточнюють під час конкретного проектування.

Примітка 2. Дозволено установлення на робочих шинах трьохобмоткових трансформаторів напруги по два на кожен секцію шин.

СХЕМА 110-7; 150-7; 220-7
Дві робочі та обхідна системи шин

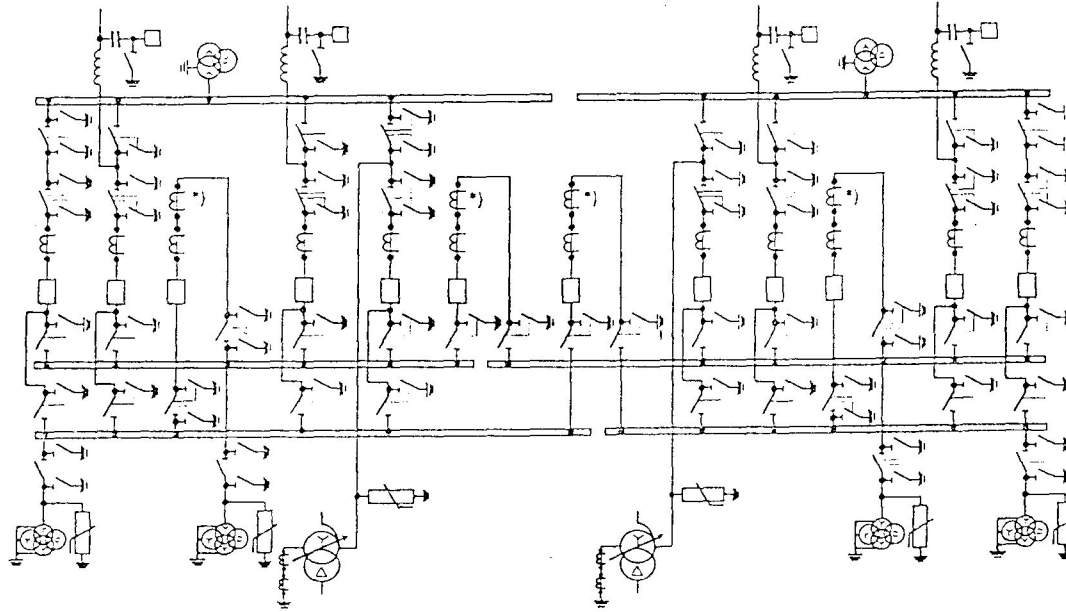


Примітка 1. Необхідність установлення ОПН (розрядників) на робочих системах шин уточнюють під час конкретного проектування.

Примітка 2. Дозволено установлення на робочих шинах трьохобмоткових трансформаторів напруги по два на кожну систему шин.

СХЕМА 110-8; 150-8; 220-8

Дві робочі, секціоновані вимикачами, і обхідна системи шин з двома обхідними і двома шиноз'єднувальними вимикачами



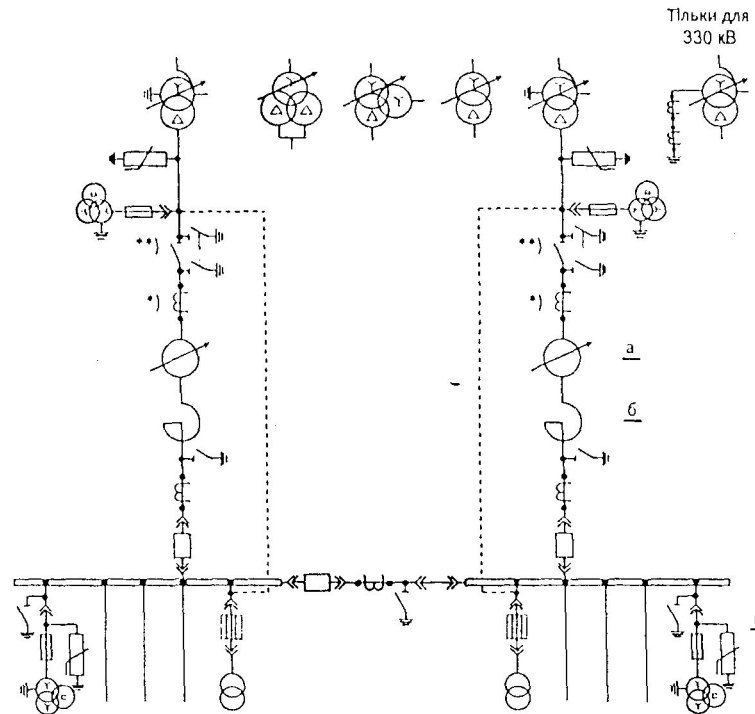
Примітка 1. Трансформатори струму, помічені *), установлюють за відповідного обґрунтування.

Примітка 2. Необхідність установлення ОПН (розрядників) на робочих шинах уточнюють під час конкретного проектування.

Примітка 3. Дозволено установлення на робочих шинах трьохобмоткових трансформаторів напруги по два на кожну секцію шин.

СХЕМА 10-1

Одна одиночна, секціонована вимикачем, система шин



Примітка 1. Необхідність установлення елементів *а, б, в*, а також тип захисного апарату в колі трансформатора власних потреб визначають під час конкретного проектування.

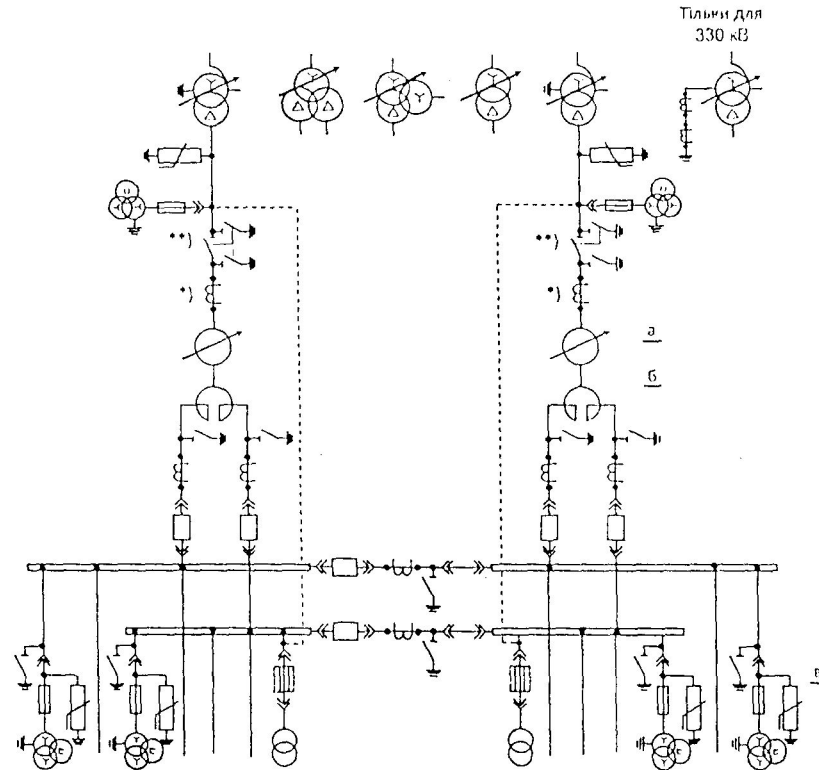
Примітка 2. За змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднують безпосередньо до виводів силових трансформаторів до вимикача (див. пунктир).

Примітка 3. Трансформатори струму, помічені ***), установлюють за відповідного обґрунтування.

Примітка 4. Роз'єднувачі, помічені ****), установлюють тільки в разі застосування лінійно-регулювальних трансформаторів.

СХЕМА 10-2

Дві одиночні, секціоновані вимикачами, системи шин



Примітка 1. Необхідність установлення елементів *а, б, в*, а також тип захисного апарату в колі трансформатора власних потреб визначають під час конкретного проектування.

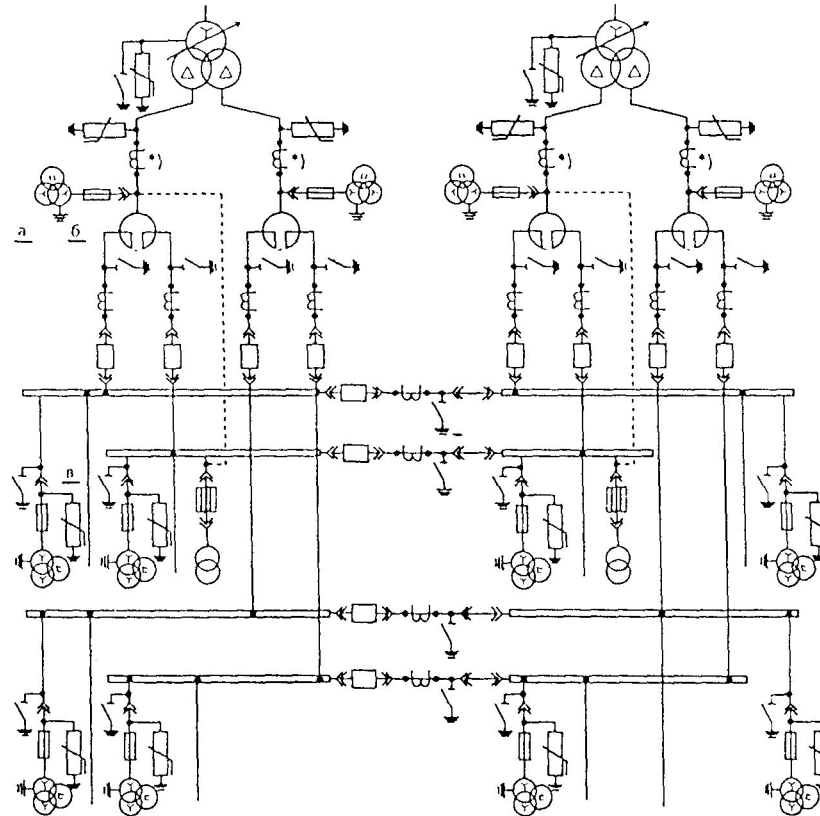
Примітка 2. За змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднують безпосередньо до виводів силових трансформаторів до вимикача (див. пункт 1).

Примітка 3. Трансформатори струму, помічені ***), установлюють за відповідного обґрунтування.

Примітка 4. Роз'єднувачі, помічені ****), установлюють тільки в разі застосування лінійно-регульовальних трансформаторів.

СХЕМА 10-3

Чотири, секціоновані вимикачами, системи шин

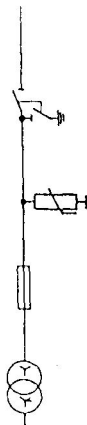


Примітка 1. Необхідність установлення елементів *а, б, в*, а також тип захисного апарату в колі трансформатора власних потреб визначають під час конкретного проектування.

Примітка 2. За змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднують безпосередньо до виводів силових трансформаторів до вимикача (див. пунктир).

Примітка 3. Трансформатори струму, помічені ***), установлюють за відповідного обґрунтування.

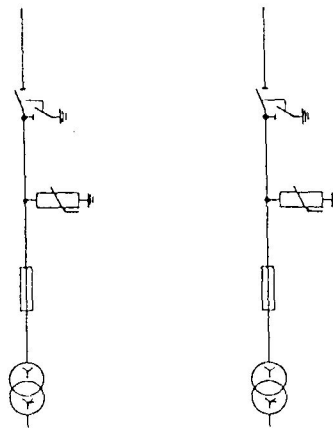
СХЕМА 10-4
Блок лінія-трансформатор



Примітка 1. Замість роз'єднувача дозволено застосовувати вимикач навантаження.

Примітка 2. У разі присднання кабельної лінії електропередавання безпосередньо до РУ ПС у конструктивному виконанні щоглової трансформаторної підстанції (ЩТП) або КТП ОПН (розрядники) не установлюють.

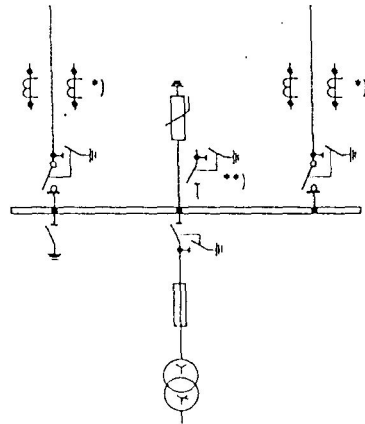
СХЕМА 10-5
Два блока лінія-трансформатор



Примітка 1. Замість роз'єднувача дозволено застосовувати вимикач навантаження.

Примітка 2. У разі приспінання кабельної лінії електропередавання безпосередньо до РУ ПС у конструктивному виконанні ЩПН або КТП ОПН (розрядники) не встановлюють.

СХЕМА 10-6
Одна несекціонована система шин



Примітка 1. Замість роз'єднувача в колі силового трансформатора дозволено застосовувати вимикач навантаження.

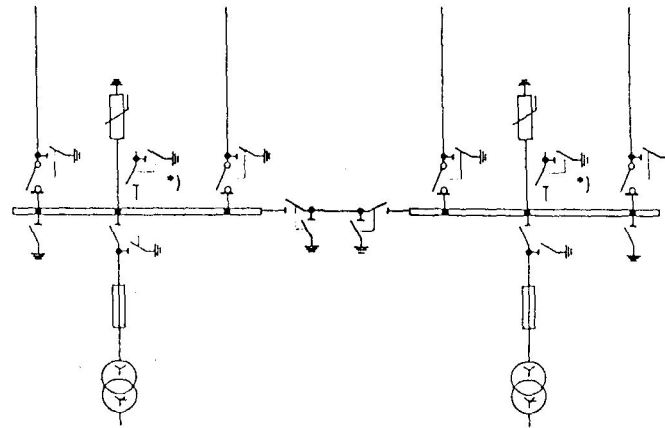
Примітка 2. У разі приєднання до РУ ПС у конструктивному виконанні ЩТП або КТП тільки кабельних ліній електропередавання ОПН (розрядники) на системі шин не установлюють.

Примітка 3. Необхідність установлення трансформаторів струму, помічених *), підлягає уточненню під час конкретного проектування.

Примітка 4. Роз'єднувач, помічений **), у колі ОПН (розрядника) установлюють тільки в разі застосування камер КЗО або шаф КРУ.

СХЕМА 10-7

Одна секціонована роз'єднувачами система шин



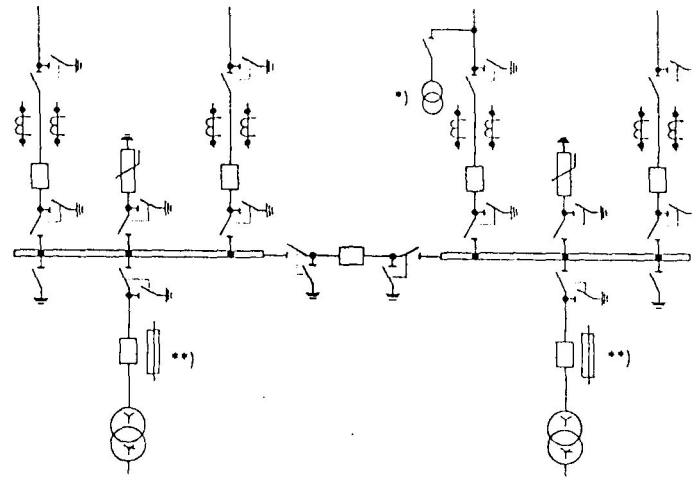
Примітка 1. Замість роз'єднувачів у колі силових трансформаторів дозволено застосовувати вимикачі навантаження.

Примітка 2. У разі приєднання до РУ ПС у конструктивному виконанні ЩТП або КТП тільки кабельних ліній електропередавання ОПН (розрядники) на системах шин не встановлюють.

Примітка 3. Роз'єднувачі, помічені *), у колі ОПН (розрядників) встановлюють тільки в разі застосування камер КЗО або шаф КРУ.

СХЕМА 10-8

Одна секціонована вимикачем система шин

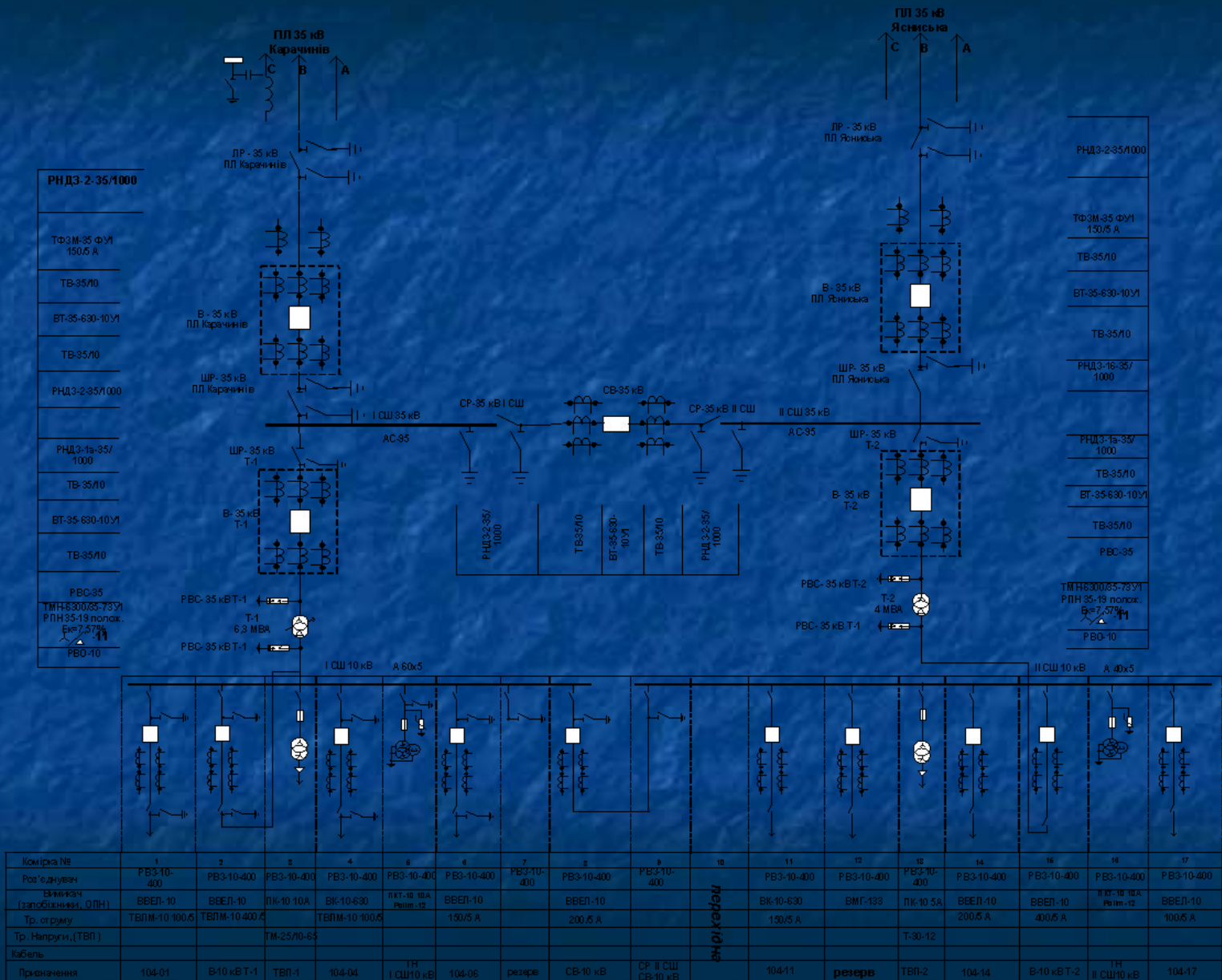


Примітка 1. У разі приєднання до РУ ПС у конструктивному виконанні ЩТП або КТП тільки кабельних ліній електропередавання ОПН (розрядники) на системах шин не встановлюють.

Примітка 2. Трансформатори напруги, помічені *), встановлюють за необхідності влаштування АВР на одній із живлячих ліній електропередавання (резервній).

Примітка 3. Залобіжники, помічені **), дозволено встановлювати замість вимикачів.

Однолінійна схема ПС 35/10 кВ №104 "Брюховичі-1"



Однолінійні схеми ТП 6-10/0,4 кВ і РП 6-10 кВ

- На однолінійній схемі ТП повинно бути вказано:
 - - диспетчерські назви і номери підключених ліній і резервні виводи;
 - - тип і параметри усього встановленого обладнання;
 - - розміщення обладнання в ТП (П-або Г-подібне розміщення шин високої напруги, двох- чи однорядне розміщення приєднань 0,4кВ тощо);
 - - тип приміщення (для закритих ТП);
 - - інші відомості, що стосуються конструктивних та експлуатаційних властивостей ТП (РП)(комірки без перегородок, суцільні перегородки, шинні роз'єднувачі відгороджені від вимикачів, небезпечна віддаль до струмопровідних частин при відкритті дверей КСО, наявність лінійних заземлюючих ножів напругою 6-:-10 кВ тощо), які повинні вказуватися у вигляді примітки до схеми заповнення ТП.

Поопорні схеми ПЛ 6-10 кВ

- На поопорній схемі ПЛ 6-10 кВ повинно бути вказано:
 - - підстанція 35 кВ і вище, від якої живиться ПЛ, її диспетчерська назва і номер;
 - - диспетчерська назва і номер лінії;
 - - розміщення двохколкових ліній при їх сумісній підвісці на опорах;
 - - перетини з іншими лініями (назва і напруга, номери опор, що обмежують місце перетину, джерело живлення, належність);
 - - номери опор;
 - - комутаційний апарат підключення ТП 6-10/0,4кВ (роз'єднувач, вимикач тощо);
 - - диспетчерські номери лінійних та кільцюючих роз'єднувачів;
 - - наявність заземлюючих контурів опор та пристроїв захисту від перенапруг;
 - - ділянки ліній, що знаходяться в зоні дії наведеної напруги або в межах охоронної зони іншої лінії;
 - - дизельні електростанції, що мають зв'язок з електромережею РЕМ;
 - - ділянки, які вимагають додаткових організаційних і технічних заходів, щодо безпечного виконання робіт (місця перетину ПЛ з транспортними магістралями, природними та штучними перешкодами тощо);
 - - перелік споживачів, підключених до лінії (у вигляді таблиці), розміщений у зручному для користування місці.

Поопорні схеми ПЛ 0,4 кВ

- На поопорній схемі ПЛ 0,4 кВ повинно бути вказано:
 - - ТП 6-10/0,4кВ, його диспетчерський номер, адреса;
 - - диспетчерська назва та номери ПЛ, під'єднаних до ТП;
 - - розміщення багатоколових ліній при сумісній підвісці проводів на опорі (нижня, верхня, права, ліва);
 - - сумісна підвіска проводів ПЛ з проводами радіоліній з вказанням рівня напруги, ліній зовнішнього освітлення і абонентських ПЛ 0,4кВ, при цьому вони повинні відрізнятися кольором;
 - - перетини з іншими лініями (назва та напруга лінії, що перетинається, джерело живлення, належність, номери опор, що обмежують місце перетину);
 - - марка, переріз, довжина проводів (по трасі), їх кількість;
 - - номери опор;
 - - відгалуження до введів у будинки, кількість проводів відгалуження, номер будинку, ввід виконаний через трубостойку;
 - - повторне та грозозахисне заземлення;
 - - наявність світильників на опорах;
 - - дизельні електростанції, що мають зв'язок з мережею 0,4кВ;
 - - зустрічна напруга і спосіб комутації;
 - - джерела живлення радіоліній і ліній зовнішнього освітлення;
 - - № телефонів районного цеху електрозв'язку (для ПЛ 0,4кВ з сумісною підвіскою радіофідерів);
 - - прив'язка абонентів до номерів опор ПЛ 0,4кВ (для населених пунктів, де нема назв вулиць і номерів будинків).

Планшети кабельних ліній 0,4-10 кВ.

- На планшетах (схемах) кабельних ліній повинно бути вказано:
- - місця розміщення та диспетчерські назви підстанцій 35 кВ і вище, РП 6-10 кВ. ТП 6-10/0,4кВ, кабельних шаф (КШ), кабельних ящиків (КЯ) тощо;
- муфти на кабельних лініях:
- - футляри задіяні і резервні;
- - будівлі, споруди, під'їзди, проїзди;
- - дороги, вулиці, залізниця, трамвайна колія;
- - елементи благоустрою;
- - складні перетини кабельних ліній з іншими комунікаціями, прокладка великої кількості кабелів.