

Нездвецька І. В.
Войцицький А. П.
Мельничук В. В.

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ СТАНЦІЙ І ПІДСТАНЦІЙ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ
КОЛЕДЖ

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ СТАНЦІЙ І ПІДСТАНЦІЙ

ПІДРУЧНИК

ЖИТОМИР
2023

УДК 621.311
Н 07

*Рекомендовано до друку рішенням
методичної ради Житомирського
агротехнічного фахового коледжу
(протокол № 5 від 16.01.2023 р.)*

Рецензенти:

Журавльов В. П. – д.ф.-м..н., професор – Поліський національний університет;

Колос Ю. О. – к.т.н., доцент – Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова;

Мамчур В. А. – к.т.н., доцент – Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Н-07: Електричні апарати станцій і підстанцій: підручник / І. В. Нездвецька, А. П. Войцицький, В. В. Мельничук – Житомир: ЖАТФК, 2023. – 252 с.

ISBN 978-617-7684-84-7

В підручнику розглянуто особливості виробництва, передачі, трансформації та використання електроенергії тощо. Більш детально розглянуто особливості будови, експлуатації та особливостей обслуговування і порядку вибору технічних засобів, що входять до складу електричних підстанцій.

Для студентів спеціальності “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

ISBN 978-617-7684-84-7

© Нездвецька І. В.
© Войцицький А. П.
© Мельничук В. В.

ПЕРЕДМОВА

Найважливішими елементами енергосистем є генеруючі джерела – електричні та станції пристрою розподілу – підстанції, що забезпечують безперервне виробництво та розподіл електричної енергії. Сучасне електротехнічне обладнання станцій та підстанцій різноманітно, здебільшого складно за конструкцією, оснащено різними допоміжними та численними автоматичними пристроями, у тому числі системами релейного захисту та автоматики (РЗА). Тому вибір та обслуговування електроустаткування може бути довірено тільки висококваліфікованому та добре навченому персоналу, що досконало володіє знаннями та навичками. Роль персоналу особливо зростає в умовах, коли 30% електрообладнання станцій та підстанцій виробило свій основний ресурс, інвестиції в енергетику недостатні та збереження обладнання в експлуатації, продовження його терміну служби стають одним з основних завдань експлуатації.

У зв'язку з цим в підручнику приділено особливу увагу будові, характеристикам та особливостям вибору високовольтного силового обладнання електричних станцій та підстанцій, якому відносяться силові трансформатори, реактори, комутаційні пристрої, вимикачі, роз'єднувачі, розрядники. Розглянуто ймовірні пошкодження елементів конструкції та способи їх усунення, надано практичні рекомендації з експлуатації, спрямовані на підвищення надійності роботи обладнання та забезпечення безперебійного електропостачання споживачів.

В підручнику представлена інформація про конкретне електроустаткування, його конструкцію, принцип дії та особливості застосування. Розглядається комплекс питань – функції електроустаткування, його класифікація, маркування і позначення, вимоги до нього, нормальні і аварійні умови роботи, які застосовуються у сучасній практиці електрообладнання станцій та підстанцій.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АВР – автоматичне вмикання резерву
АГП – автомат гасіння поля
АПВ – автоматичне повторне ввімкнення
АПВ – автоматичне повторне вмикання
АСДК – автоматична система диспетчерського керування
АСК – автоматизована система керування
АТ – автотрансформатор
БТМ – блок трансформатор-магістраль
В – вимикач
ВВ – високовольтний вимикач
ВН – висока напруга
ВП – власні потреби
ВРП – вузлова розподільна підстанція
ВТНП – високотемпературна надпровідність
ГЗП – головна знижувальна підстанція
ГРП – головна розподільна підстанція
Д – оливне охолодження з дуттям
ДП – диспетчерський пункт
ДСТУ – державний стандарт України
ДЦ – оливне охолодження з примусовою циркуляцією оливи і дуттям
ЕЕС – електроенергетична система
ЕРС – електрорушійна сила
ЗП – високовольтний запобіжник
ЗШ – збірні шини
КБ – конденсаторна батарея
КЕС – конденсаційна електростанція
КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
КП – контролюючий пункт
КРП – комплектний розподільний пристрій
КРУЗ – комплектний розподільний пристрій зовнішнього встановлення
КТП – комплектна трансформаторна підстанція
ЛЕП – лінія електропередачі
М – електродвигун
М – природне оливне охолодження
НН – низька напруга
НХ – неробочий хід
О – віддільник високовольтний
ОЕС – об'єднана енергосистема
П – приймач електричної енергії
ПС – підстанція
ПУЕ – правила улаштування електроустановок

Р – роз'єднувач
РЗіА – релейний захист і автоматика
РЗП – розподільна знижувальна підстанція
РП – розподільний пристрій
РП – розподільний пункт
РПН – регулювання напруги під навантаженням
РТП – розподільна трансформаторна підстанція
РШ – розподільна шафа
С – природне повітряне охолодження
СВ – секційний вимикач
СГВ – схема глибокого вводу
СД – синхронний двигун
СЕЕ – споживач електричної енергії
СЕП – система електропостачання
СК – синхронний компенсатор
СН – середня напруга
СР – секційний роз'єднувач
Т – трансформатор
ТВП – трансформатор власних потреб
ТГ – турбогенератор
ТЕП – техніко-економічні показники
ТЕС – теплова електростанція
ТЕЦ – теплова електроцентраль
ТН – трансформатор напруги
ТП – трансформаторна підстанція
ТС – трансформатор струму
Ц – оливно-водяне охолодження з примусовою циркуляцією оливи
ЦП – цехова підстанція
ЦРП – центральний розподільний пункт
ЦТП – цехова трансформаторна підстанція
FU – плавкий запобіжник
G – генератор
HL – лампа освітлення
PR – перемикач
Q – рубильник
QF – вимикач автоматичний (низьковольтний)
QS – роз'єднувач

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИРОБНИЦТВО, ПЕРЕДАЧУ І РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ



1.1 Принципи організації та технічна реалізація систем електропостачання

Для виконання будь-якої роботи треба витратити певну кількість енергії. Людина в своїй діяльності використовує різні види енергії, проте найбільш поширеною на сучасному етапі розвитку суспільства є *електрична енергія*, яку виробляють на електричних станціях, перетворюючи теплову, механічну або хімічну енергію природних джерел, насамперед палива (вугілля, нафти, природного газу, горючих сланців, торфу) і води. Крім того, як енергоносії на електростанціях можуть використовуватись вітер, тепло земних надр, морські приливи, а в південних і гірських районах країни – тепло сонячного проміння (на геліостанціях).

На електростанціях енергія природних джерел перетворюється в механічну, яка, в свою чергу, за допомогою електричних машин, що називаються *генераторами*, перетворюється в електричну. Залежно від виду джерела енергії для обертання генераторів використовують різні первинні

двигуни – парові, газові і гідравлічні турбіни, двигуни внутрішнього згоряння, парові машини, вітро двигуни тощо. Отже, *електрична станція* – це електротехнічна споруда, на якій енергію природних джерел перетворюють в електричну енергію.

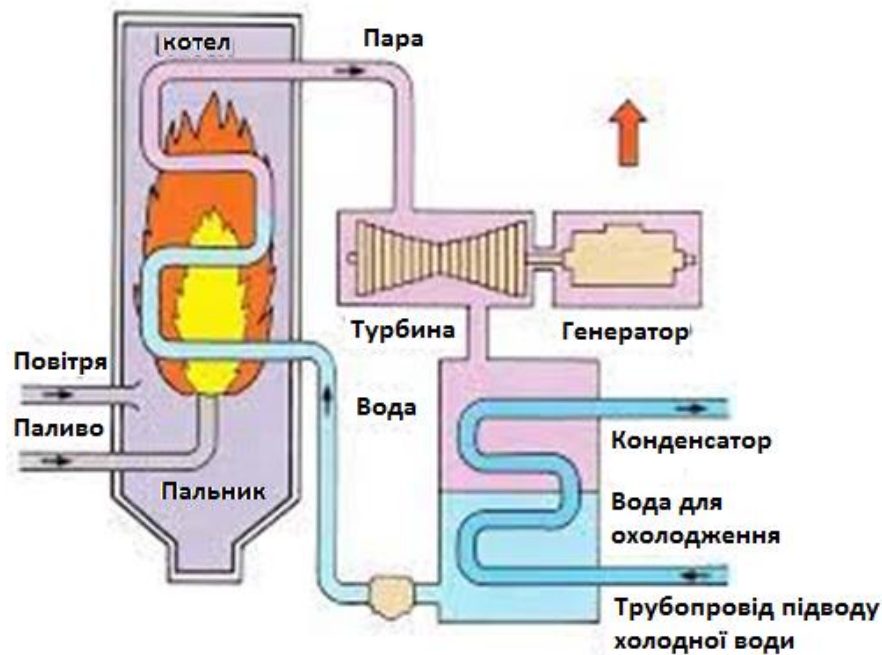


Рисунок 1.1 – Спрощена структурна схема паливної електростанції

Перед тим, як потрапити до споживача, електрична енергія проходить стадії перетворення, трансформації і передачі, що забезпечується низкою апаратів і пристроїв різної складності і габаритних розмірів, задача яких надійно і безперебійно функціонувати в єдиній системі – системі електропостачання (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Спрощена структура системи електропостачання України

У нашій країні напруга основних споживачів не перевищує 220-660 В. Електростанції ж виробляють трифазний змінний струм частотою 50 Гц

напругою 3,15; 6,3; 10,5; 11,0; 13,8; 15,75; 20,0; 24 кВ. Разом з тим, під час передачі електроенергії на значні відстані доводиться ще більше підвищувати напругу на підвищувальних трансформаторних підстанціях (рис. 1.3), що дозволяє зменшити втрати потужності в лініях.



Рисунок 1.3 – Підвищувальна підстанція

Тлумачення понять (категорій) систем електропостачання та електроспоживання наведено у Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ), державних будівельних нормах (ДБН), інструкціях і методичних рекомендаціях з проектування, улаштування і експлуатації електроустановок. Розглянемо деякі з них.

Сукупність електростанцій, підстанцій, ліній електропередачі і теплових мереж, зв'язаних в одне ціле єдністю режиму і безперервністю виробництва та розподілу електричної і теплової енергії, називається *енергетичною системою*.

Частина енергосистеми, що складається з генераторів, розподільних пристроїв, підстанцій, ліній електричних мереж і споживачів електроенергії, називається *електричною системою*.

Електричною мережею називається частина електричної системи, що складається з підстанцій і ліній електропередачі різної напруги.

Підстанцією називається установка, призначена для перетворення і розподілу електричної енергії, і складається з трансформатора, або іншого перетворювача енергії, розподільного пристрою, акумуляторної батареї, пристрою керування і допоміжного устаткування. Трансформаторні підстанції є основною ланкою системи електропостачання.

Залежно від функції вони називаються *трансформаторними (ТП)* чи *перетворювальними (ПП)*. Підстанцію називають *комплектною (КТП, КПП)* – при постачанні трансформаторів (перетворювачів), щита низької напруги та інших елементів у зібраному вигляді або у вигляді, повністю підготовленому для складання.

Електричні підстанції служать для прийому, перетворення і розподілу електроенергії, виконуються на широкий спектр напруг, можуть бути *підвищувальними* (якщо перебувають у безпосередній близькості від електростанцій і перетворюють передачу від них електроенергії мережу вищої напруги) чи *знижувальними* (до них належить переважна кількість підстанцій, від яких здійснюється електропостачання споживачів). Призначення, потужність та рівні напруги електричної підстанції визначаються схемою та конфігурацією електричної мережі, в якій вона експлуатується, характером та навантаженнями приєднаних споживачів електроенергії.

Розрізняють переважно такі види електричних підстанцій:

- тупикові (кінцеві);
- відгалужені, приєднані до тих, що проходять поблизу ПЛ;
- проміжні, службовці харчування своїх споживачів;
- транзитні (у більшості випадків — вузлові), призначені не тільки для живлення споживачів, а й для передачі потоків потужності до суміжних мереж своєї та сусідніх енергосистем;
- перетворювальні – для передачі та прийому електричної потужності на постійному струмі;
- тягові – для живлення електротягових мереж.

Для живлення споживачів на зниженій напрузі споруджують *понижувальні трансформаторні підстанції* (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Районна підстанція 110/10 кВ

Електропостачання споживачів здійснюється через електричні мережі, що живляться здебільшого від енергетичних систем, які об'єднують кілька електростанцій. Ці системи одночасно постачають електроенергією великі райони, передаючи її на значні відстані.

Між електростанціями або потужними державними енергосистемами і споживачами розміщене передавальне обладнання, що складається з підвищувальних і понижувальних трансформаторних підстанцій та ліній передачі електроенергії різної напруги (рис. 1.5).

На *підвищувальних трансформаторних підстанціях* електроенергія генераторної напруги перетворюється в енергію вищої робочої напруги (10, 20, 35 кВ і більше), а на понижувальних – електроенергія трансформується з вищої в нижчу напругу.

Понижувальні трансформаторні підстанції поділяють на *районні і споживчі*. На районних підстанціях електрична енергія з напруги 35...500 кВ знижується до 6...110 кВ. Від районних знижувальних підстанцій живляться розподільні мережі, що передають електроенергію віддаленим споживачам.

Трансформаторні підстанції, розміщені безпосередньо біля споживачів, на яких електроенергія трансформується до напруги споживачів, називаються *споживчими* (рис. 1.6).

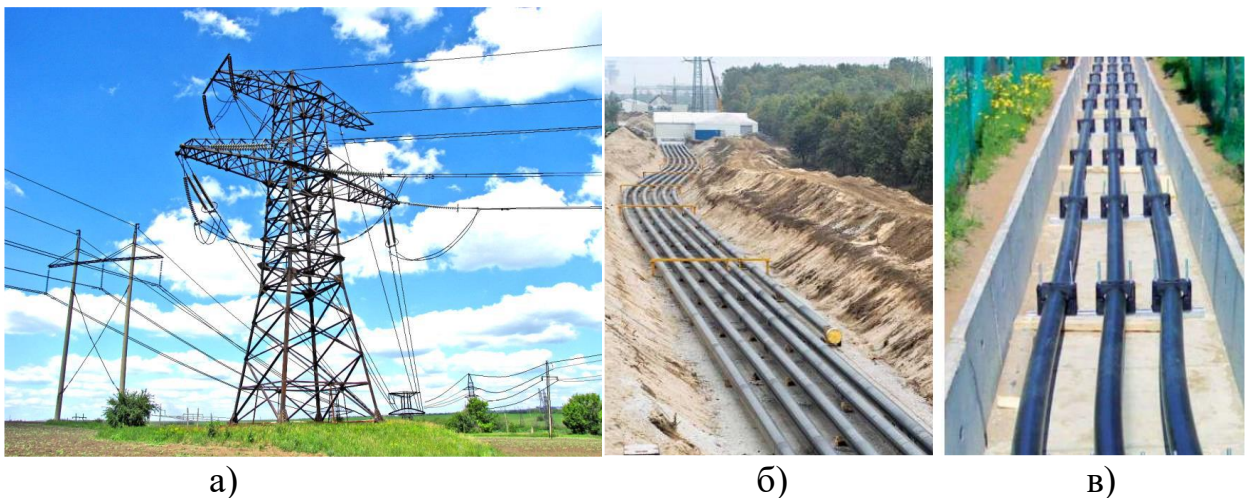


Рисунок 1.5 – Система ЛЕП різного рівня потужності та напруги:
а – повітряна ЛЕП; б – кабельні високовольтні ЛЕП в ґрунті на бетонній "подушці"; в – кабельні високовольтні ЛЕП в залізобетонному жолобі.

Система електропостачання з наближенням високої напруги до споживачів з найменшою кількістю ступенів проміжної трансформації і апаратів називається *глибоким вводом*. Підстанція 35/0,4 кВ належить до підстанцій з *глибоким вводом*.

Існують різні комбінації схем, що об'єднують джерела розподілу електричної енергії. Таке об'єднання сприяє підвищенню надійності роботи системи електропостачання і вирішує завдання при виробництві ремонтних робіт.



Рисунок 1.6 – Понижувальна споживча трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ

На рис. 1.7 подано принципову схему районної системи електропостачання. Дві районні електростанції ДРЕС 1 і ДРЕС 2 через свої підвищувальні підстанції живлять замкнуту районну електричну мережу напругою 110 кВ. На понижувальних районних підстанціях (одну з них показано на схемі) напруга знижується до 35 кВ і електроенергія живильною лінією напругою 35 кВ передається до сільськогосподарського району, де відбувається друге зниження напруги до 10 кВ і розподіл електроенергії розподільними лініями напругою 10 кВ між споживачами через споживчі трансформаторні підстанції ТП.

На схемі рис. 1.8 показано, що дві паралельні лінії електропередачі Л-7 та Л-8 живлять районну (міську, промислову) понижувальну трансформаторну підстанцію П-7 на вторинну напругу 10 кВ, від якої у свою чергу живляться знижувальні підстанції споживачів – П-8, П-9, П-10 та ін. Від шин цих підстанцій живляться електроприймачі (як від шин підстанції П-1, П-2 та П-3).

Живлення знижувальних підстанцій безпосередньо від збірних шин станцій або районних підстанцій (підстанції П-1, П-2, П-3, П-8, П-9) доцільно лише за досить потужних і відповідальних підстанцій. Групи невеликих підстанцій зазвичай доцільніше живити від розподільних пунктів (РП), які отримують живлення від шин станції чи районної підстанції.

На розподільчому пункті електроенергія не трансформується, тому що він призначений тільки для розподілу електроенергії між окремими понижувальними підстанціями. Від РП можуть житися підстанції міської електромережі, цехові підстанції та навіть загальнозаводські підстанції.

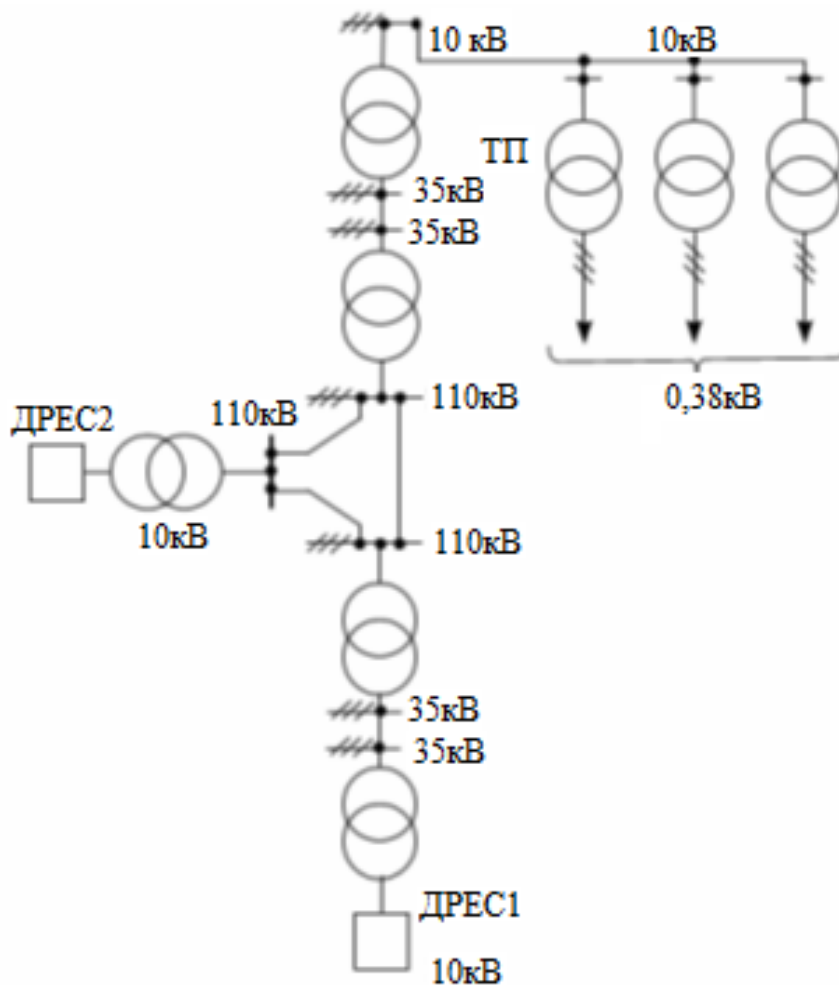


Рисунок 1.7 – Схема принципова електрична районної системи електропостачання

Можливе живлення кількох підстанцій від однієї лінії без спорудження РП, як це показано для підстанцій П-10, П-11 та П-12. В обох випадках зменшуються кількість ліній, що відходять від збірних шин станції або районної підстанції, та витрати на спорудження мережі.

Приклад схеми розподілу електричної енергії показано на рис. 1.9, а приблизний склад районної підстанції – на рис. 1.10. Ці схеми дозволяють візуалізувати перелік обладнання, які входять до складу станцій і підстанцій систем електропостачання.

Підстанції П-10 і П-11 є прохідними, решта – тупиковими, кінцевими.

Живлення підстанцій одиночними лініями, наприклад, живлення підстанції П-1 лінією Л-1, не забезпечує безперебійності електропостачання, оскільки аварія на лінії або вимикання її для ремонту призводять до тривалого припинення живлення споживачів підстанції.

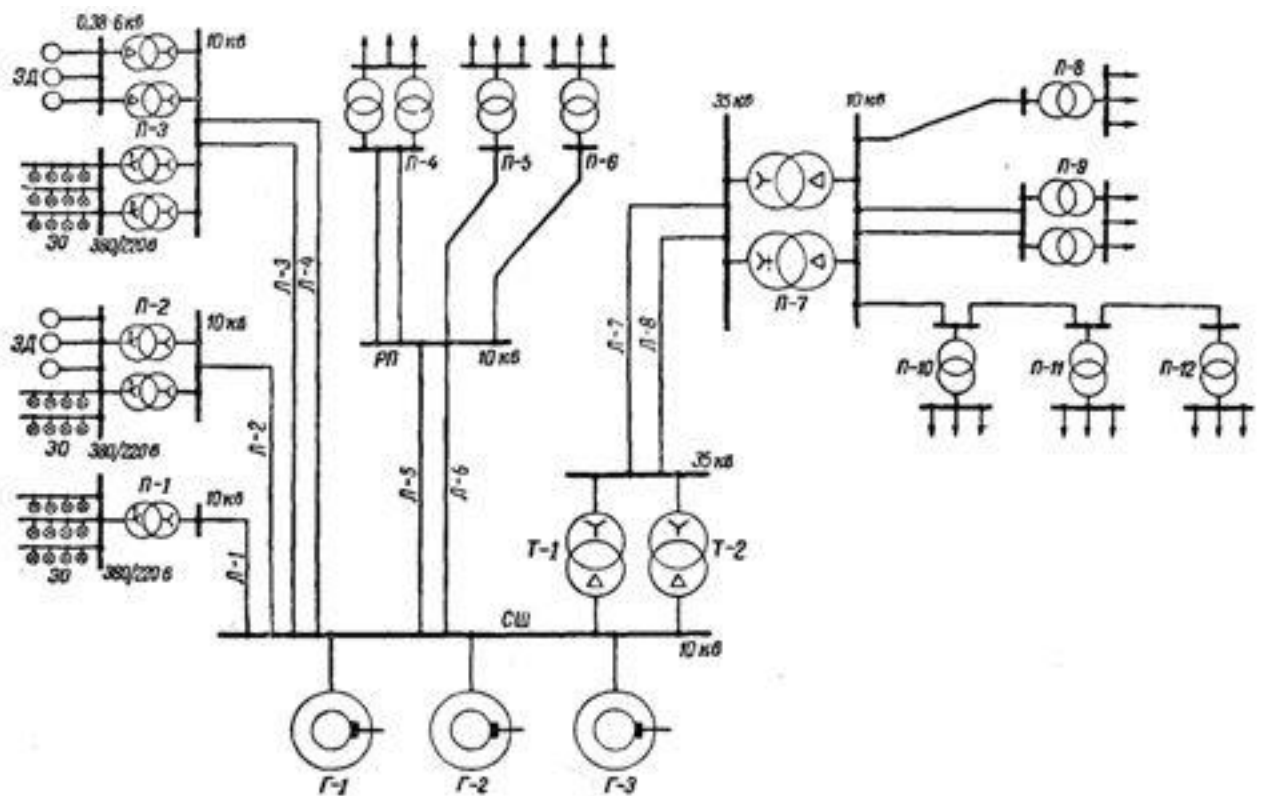


Рисунок 1.8 – Схема принципова електрична системи електропостачання району

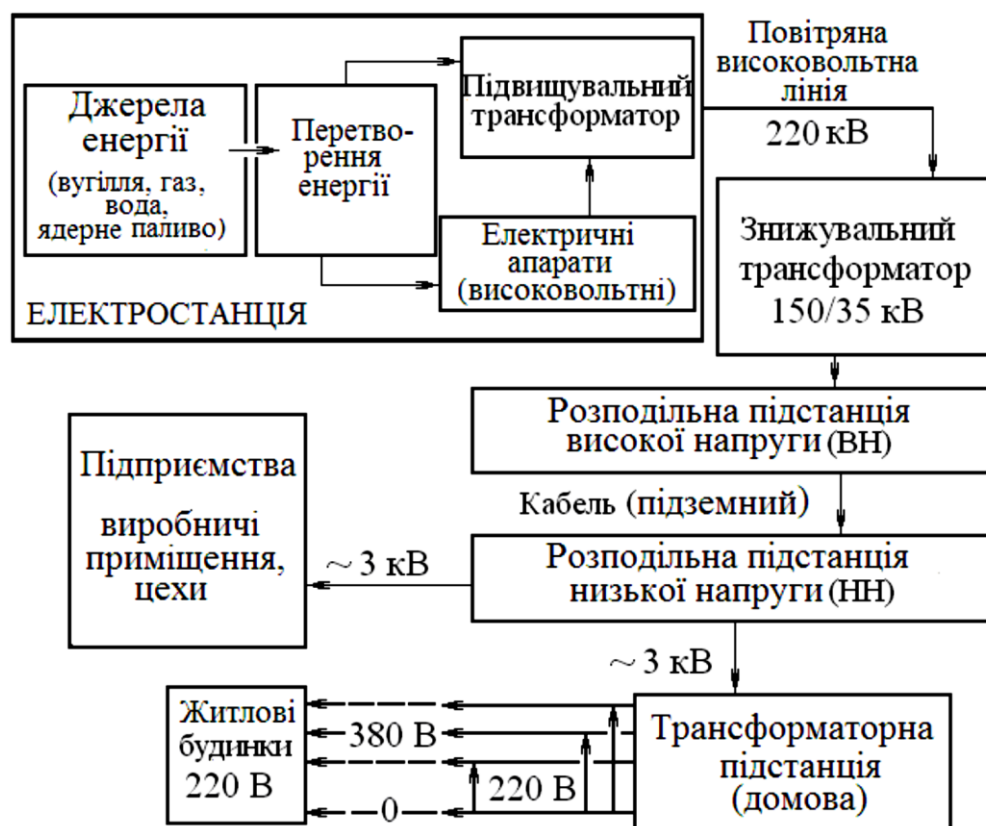


Рисунок 1.9 – Розподіл електричної енергії

Для запобігання цьому резервують живлення підстанцій, наприклад, шляхом спорудження двох живильних ліній: ліній Л-3 і Л-4, що живлять підстанцію П-3, ліній Л-3 і Л-6, що живлять РП, та ін. У разі вимикання однієї з ліній живлення відповідної підстанції безперебійно продовжується по другій лінії.

До складу підстанцій входить широкий перелік різного роду обладнання, яке виконує ту або іншу важливу функцію та поділяється за типом робочої напруги – високої напруги (понад 1000 В) та низької напруги (до 1000 В).

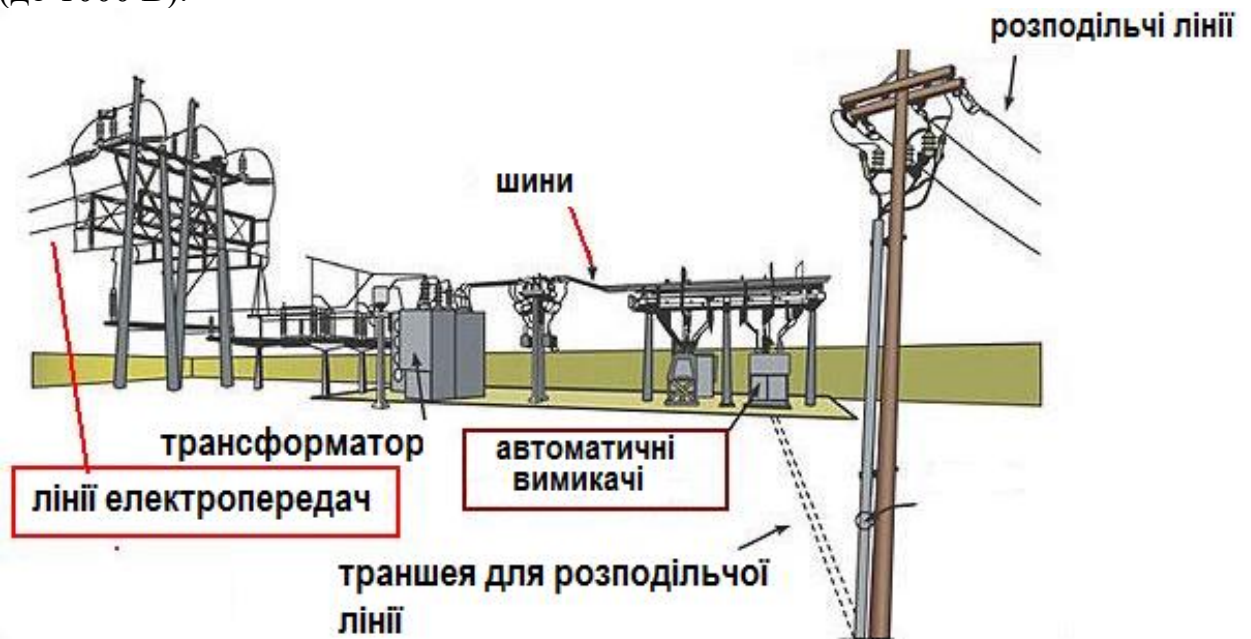


Рисунок 1.10 – Типова структура трансформаторної підстанції

1.2 Електричні апарати. Класифікація та загальні вимоги до них

Електричний апарат – це електротехнічний пристрій, призначений для управління, регулювання та захисту електричних кіл та машин, а також для контролю та регулювання різних неелектричних процесів. Поняття «електричний апарат» дуже широке, оскільки в нього входять різноманітні побутові та промислові пристрої та установки.

Класифікація електричних апаратів може бути проведена за різними ознаками: за призначенням та виконуваною функцією (рис. 1.11), за областю використання, за принципом дії, за родом струму, за конструктивними особливостями, за виконанням захисту від навколишнього середовища тощо. Основною є класифікація за призначенням.

Апарати, які обслуговують енергосистеми та енергопостачання, об'єднують у групу апаратів низької (до 1000 В) та високої напруги (понад 1000 В).

Контрольні питання для самоперевірки

1. Які типи лінійних ізоляторів Ви знаєте? Із яких матеріалів вони зроблені?
2. Як маркуються лінійні ізолятори?
3. Із яких елементів складається тарільчастий ізолятор?
4. Що називається штирьовим ізолятором? В яких мережах використовуються? Які має обмеження?
5. Що називається геометричною довжиною шляху витоку? Як вона визначається?
6. Що називається довжиною шляху витоку у сухому стані та мокрому? Що характеризують умови застосування ізолятора?
7. Які матеріали використовуються для виготовлення ізоляторів?
8. Які переваги у скляних та полімерних ізоляторів?
9. Що таке стержньовий ізолятор? Його переваги та недоліки.
10. Яке призначення прохідного ізолятора? Конструкція?
11. Що називається гірляндою ізоляторів?
12. Які відмінності розрядних напруг гірлянд? Чим вони відрізняються від розрядних напруг окремих ізоляторів?
13. За якими параметрами вибираються опорні та прохідні ізолятори для шинних конструкцій?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агафонов Г. Е., Бабкин И. В., Берлин Б. Е. Электрические аппараты высокого напряжения с элегазовой изоляцией. СПб.: Энергоатомиздат, 2002. 727 с.
2. Алиев И. И., Абрамов М. Б. Электрические аппараты: справочник. М.: Радиософт, 2004. 255 с.
3. Войцицький А. П., Войцицький М. А. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник / Вид. 2-ге, виправ. Херсон : «Олді –Плюс», 2018. 300 с.
4. Войцицький А. П., Нездвєцька І. В. Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2015. 344 с.
5. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила улаштування електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ. 2001.
6. Довідник сільського електрика / За редакцією В. С. Олійника. 3-тє видання, перероблене і доповнене. Київ: Вид-во «Урожай», 1989. 264 с.
7. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А. Ю. та ін. Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2019. 272 с.
8. Клименко Б. В. Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник (видання друге, допрацьоване та доповнене). Харків : Вид-во "Точка", 2013. 400 с.
9. Лабзун М. П., Рубаненко О. Є., Кутін В. М. Методи та засоби діагностування опорно-стрижневих ізоляторів: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 323 с.
10. Лежнюк П. Д., Зелінський В. Ц., Добровольська Л. Н. Комутаційні електричні апарати. Навчальний посібник. Луцьк: ЛНТУ, 2010. 321 с.
11. Нездвєцька І. В., Войцицький А. П., Цивенкова Н. М., Голубенко А. А. Метрологія та електричні вимірювання: навч. посібник. Житомир: ЖНАЕУ, 2018. 238 с.
12. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 716 с.
13. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене. Х. : Форт, 2011. 736 с.
14. Родшейн Л. А. Электрические аппараты. Л.: Энергоиздат, 1989. 304 с.
15. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 448 с.
16. Рубаненко О. Є. Вдосконалення методів і засобів діагностування високовольтних вимикачів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2012. 188 с.
17. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения / Адоньев Н. М., Афанасьев В. В., Бортник И. М., Вишневский Ю. И. М.: Энергоатомиздат, 1987. 544 с.

18. Чунихин А. А. Электрические аппараты. М.: Энергоатомиздат, 1988. 720 с.
19. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник. Вінниця: Нова книга, 2004. 656 с.
20. Электрические аппараты: учеб. пособие / Девочкин О. В., Лохнин В. В., Меркулов Р. В., Смолин Е. Н. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 240 с .

ДОДАТКИ

КОМПЛЕКТНІ ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА КРП ДЛЯ МІСЬКИХ МЕРЕЖ КТПММ 100-1000/10(6)/0,4 КВА

Комплектна трансформаторна підстанція для міських мереж КТПММ призначена для приймання, перетворення і розподілу електричної енергії трьохфазного змінного струму частотою 50 Гц в системах з глухо заземленою нейтраллю трансформатора з боку низької напруги в міських електричних мережах. Нормальними умовами роботи КТПММ вважаються: Висота над рівнем моря не більше 1000 м. Нижнє значення робочої температури повітря мінус 45°C. Верхнє значення робочої температури повітря плюс 40°C. Навколишнє середовище невибухонебезпечне, яке не містить струмопровідного пилу, агресивних газів та парів в концентраціях, які руйнують метали та ізоляцію.

КТПММ виконано згідно ТУ У 31.2-23290472-002-2004 Вид кліматичного виконання У1 згідно ГОСТ 15150.

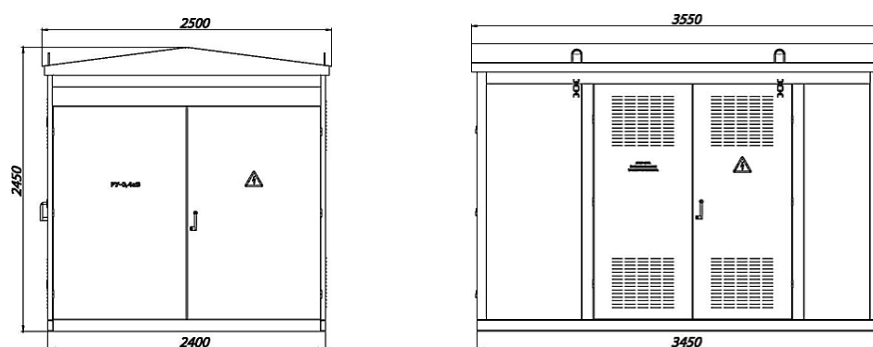
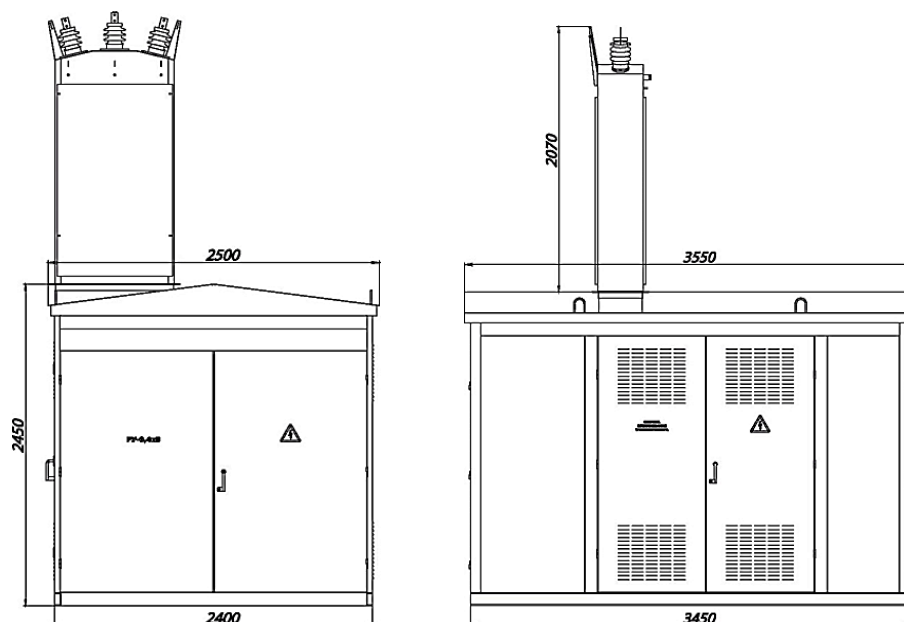


Рисунок А.1 – Габаритні розміри КТПММ 100-1000/10(6)/0,4 кВА з кабельним вводом



Риснок А.2 – Габаритні розміри КТПММ 100-1000/10(6)/0,4 кВА з повітряним вводом

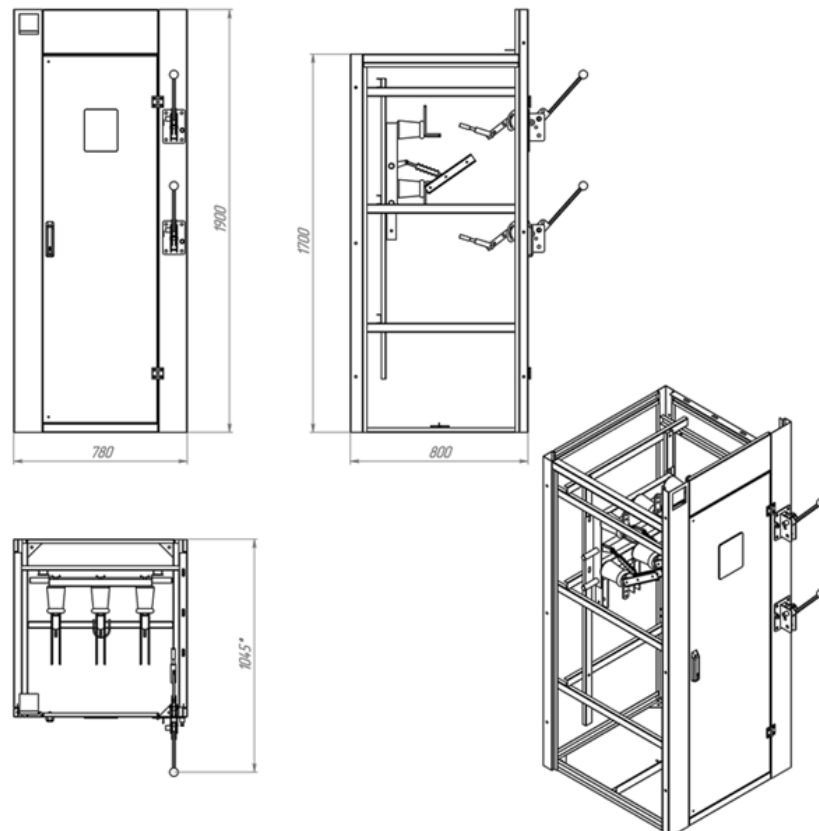


Рисунок А.3 – Габаритне креслення КРП серії КСО-310



Рисунок А.4 – Загальний вигляд КРП серії КСО-310

Таблиця Б.1 – Технічні дані роз'єднувачів

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	Граничний наскрізний струм головних ножів, кА	Струм термічної стійкості головних ножів/час проходження струму термічної стійкості, кА/с	Тип приводу		Маса, кг
					головних ножів	заземлю- ючих ножів	
1	2	3	4	5	6	7	8
Для внутрішньої установки							
РВР (3)- 10/2500У2(УЗ)	10	2500	125	45/4	ПДВ-1УЗ	ПР-3УЗ	-
					ПЧ-50УЗ		
					ПР-3УЗ		
РВР (3)- 10/4000УЗ	10	4000	125	45/4	ПДВ-1УЗ	ПР-3УЗ	-
					ПЧ-50УЗ		
					ПР-3УЗ		
РВР (3)-Ш- 10/2000УЗ	10	2000	85	31,5/4	ПДВ-1УЗ	ПР-3УЗ	-
					ПЧ-50УЗ		
					ПР-3УЗ		
РВР (3)-Ш- 12/2000ТЗ	12	2000	85	31,5/4	ПДВ-1ТЗ	ПР-3Т	-
					ПЧ-50Т		
					ПД-1ТЗ		
РВР (3)-Ш- 12/2000ТЗ	12	2000	85	31,5/4	ПДВ-1ТЗ	ПР-3Т	-
					ПЧ-50Т		
					ПД-1 ТЗ		
РВР (3)- 12/4000ТЗ	12	4000	125	45/4	ПД-1 ТЗ	ПЧ-50Т	-
РВР (3)- 12/4000ТЗ	12	4000	125	45/4	ПД-1 ТЗ	ПЧ-50Т	-
РВР (3)- 24/6300ТЗ	24	6300	220	80/4	ПД-1ТЗ	ПЧ-50Т	—
РВР (3)- 24/8000ТЗ	24	8000	300	112/4	ПД-1ТЗ	ПЧ-50Т	—
РВР (3)- 20/6300УЗ	20	6300	220	80/4	ПДВ-1УЗ	ПЧ-50Т	155- 225
					ПЧ-50		
РВР (3)- 20/8000УЗ	20	8000	300	112/4	ПЧ-50	ПЧ-50	227- 205
РВ-20/630УЗ	20	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	85
РВ-20/1000УЗ	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	87
РВ-35/630УЗ	35	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	86
РВ-35/1000УЗ	35	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	147
РВ3-1а- 20/630УЗ	20	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	95
РВ3-1а (16)- 20/1000УЗ	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПР-3	96
РВ3-1а (16)- 35/630УЗ	35	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	97

продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
РПД-750-1(2)/3200У1	750	3200	160	63/2	Електро-двигунний	—	9330
РНВ (3).1(2)-500/2000Т1	500	2000	45	16/2	ПДН-220Т	ПРН-1Т1	
РНВ (3).1(2)-750П/4000	750	4000	160	63/2	ПДН-1	ПРН-1	—
РОН-10К/500У2	10	500	180	71/4	ПЧН	—	135

Примітка. Позначення типу роз'єднувача: Р – роз'єднувач; В – внутрішньої установки; Н – зовнішньої установки; К – з коробчатою струмоведучою системою; Д – двоколонковий; В – з вертикальним рухом головних ножів (РНВ); Р – рубачого типу; Ф – фігурний; Л – лінійний; О – однополюсний; 3-і заземляючими ножами; У – з посиленою ізоляцією; Б – з механічним блокуванням головних і заземлюючих ножів; П – наявність важеля передачі для зменшення крутячого моменту на валу електродвигунного приводу; цифри 1 і 2, які стоять перед першим дефісом, позначають число заземлюючих ножів з пластинами. Цифра в чисельнику – номінальна напруга, кВ; цифра в знаменнику – номінальний струм, А, літери після цифр означають кліматичне виконання (У – район з помірним кліматом; Т – з тропічним кліматом; ХЛ – з холодним кліматом); цифри 1 і 3 на кінці позначають категорію розміщення (1 – на відкритому повітрі, 3 – в закритому приміщенні з природною ізоляцією, 2 – для роботи в приміщеннях з вільним доступом зовнішнього повітря).

Таблиця Б.2 – Параметри роз'єднувачів 10-750 кВ

Параметри, одиниці виміру	Типи роз'єднувачів							
	РЛНД-1-10/200 УХЛ1	РГ-35/1000 УХЛ1	РГН-110/1000 УХЛ1	РГН-150/1000 УХЛ1	РГ-330/3150 УХЛ1	РГЖ-500/3150 УХЛ1	РПГ-500/3150 УХЛ1	РПГ-750/3150 УХЛ1
Номінальна напруга, кВ	10	35	110	150	330	500	500	750
Найбільша робоча напруга, кВ	12	40,5	126	172	363	525	525	787
Номінальний струм, А	200	1000	1000	1000	3150	3150	3150	3150
Струм електродинамічної стійкості, кА	6,3	40	80	80	160	160	160	160
Струм термічної стійкості, кА	15,75	16	31,5	31,5	63	63	63	63
Час протікання номінального короткочасного витримується струму, с:								
– для головних ножів (головного струмоведучого контуру)	3	3	3	3	2	2	2	2
– для заземлювачів	1	1	1	1	1	1	1	1
Довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції, см	30	75	190	270	580	840	840	1260

Таблиця Б.3 – Характеристики вакуумних вимикачів серії ВВ/TEL

Параметр	Номінальний струм вимкнення (кА)/номінальний струм (А)		
	12,5/630; 20/630; 20/1000	20/1600	25/2000; 31,5/2000
Номінальна напруга, кВ	10		
Номінальний струм, А	630; 1000	1600	2000
Номінальний струм вимкнення, кА	12,5; 20	20	25; 31,5
Струм електродинамічної стійкості, кА (амплітудне значення)	32; 51	51	63; 80
Струм термічної стійкості, 3 сек., кА	12,5; 20	20	25; 31,5
Номінальний струм вимкнення одиночної конденсаторної батареї, А	800		
Випробувальна напруга промислової частоти, кВ	42		
Механічний ресурс, операцій В-0, не менш	50000 (150000)	30000	
Комутаційний ресурс, не менш: - циклів В-0 при номінальному струмі - відключень при номінальному струмі відключення	50000 (150000)	30000 100	
Власний час вмикання, мс, не більше	55		
Власний час вимкнення, мс, не більше	15		
Повний час вимкнення, мс, не більше	25		
Цикл АПВ	0-0,3с-В0-15с-В0-180с-В0		
Номінальний опір головних контактів, мкОм, не більше	60; 40	30	
Максимальна температура навколишнього середовища, °С	+55		
Мінімальна температура навколишнього середовища, °С	-40		
Клас ізоляції за МЕК 932	2		
Група стійкості до механічних зовнішніх чинників за ГОСТ17516.1	М6	М7	
Максимальна висота над рівнем моря, м	1000		
Вага, кг: - ВВ/TEL 10 (з міжосьовою відстанню 200 мм) - ВВ/TEL 10 (з міжосьовою відстанню 250 мм)	35 37	51 53	
Тип застосовуваного блоку керування	BU/TEL-220-05A; БУ/TEL-100/220-12-XX; БУ/TEL-24/60-12-XX; БУ/TEL-100/220-21-00	БУ/TEL-100/220-12-XX; БУ/TEL-24/60-12-XX; БУ/TEL-100/220-21-00	

Таблиця В.1 – Скляні лінійні штирові ізолятори

Тип ізолятора	Мінімальне механічне навантаження, кН	Довжина витоку, мм	Максимальна напруга 50Гц під час дощу	Максимальна імпульсна напруга 1,2/50, кВ
ШС-10Д	13	280	40	+100/-100
ШС-10Е	12,5	290	42	+105/-105
ШС-10И	12,5	350	45	+115/-115
ШС-20	13	360	40	+125/-125
НС-18А	3	-	8	+36/-36

Таблиця В.2 – Опорні ізолятори внутрішньої установки

Тип фарфорового ізолятора	Номінальна напруга, кВ	Випробувальна напруга грозового імпульсу, кВ	Мінімальна руйнівна сила на згин, кН	Довжина шляху витоку, см
ИО-10-20,00 УЗ	10	–	20	–
ИО-10-3,75 I УЗ	10	–	3,75	–
ИО-10-3,75 II УЗ	10	–	3,75	–
ИО-10-7,5 УЗ	10	80	7,5	–
ИО-1-2,5 УЗ	1	–	2,5	–
ИО-20-3,75 УЗ	20	125	3,75	–
ИО-35-3,75 УЗ	35	195	3,75	–
ИО-35-7,5 УЗ	35	195	7,5	–
ИО-3-600 У1	3	–	6	–
ИО-6-3,75 I УЗ	6	–	3,75	–
ИО-6-3,75 II УЗ	6	–	3,75	–
ИОР-10-20 УХЛ2	10	80	20	–
ИОР-10-3,75 УЗ	10	–	3,75	–
ИОР-10-30 УХЛ2	10	80	30	–
ИОР-10-7,5 I УХЛ2	10	80	7,5	–
ИОР-10-7,5 II М УХЛ2	10	80	7,5	–
ИОР-10-7,5 II УХЛ2	10	80	7,5	–
ИОР-10-7,5 III М УХЛ2	10	80	7,5	–
ИОР-10-7,5 III УХЛ2	10	80	7,5	–
ИОР-1-2,5	1	–	2,5	–
ИОР-20-7,5 УХЛ2	20	125	7,5	–
ИОР-20-8,0 УХЛ2	20	125	80	–
ИОР-24-6 УХЛ2	24	–	6	42
ИОР-24-8 УХЛ2	24	–	8	42
ИОР-35-3,75 УХЛ2	35	195	3,75	–
ИОР-35-7,5 УХЛ2	6	–	3,75	–
ИОР-6-1,0 УЗ	6	–	1	–
ИОР-6-2,5 УЗ	6	–	2,5	–
ИОР-6-3,75 УЗ	20	125	5	–
ОФР-10-7,5 II УХЛ2	10	80	7,5	–
ОФР-10-750м	10	80	7,5	–
ОФР-20-500 УХЛ2	20	125	5	–
ОФР-20-7,5 II УХЛ2	20	125	7,5	–
ОФР-35-3,75 II УХЛ2	35	190	3,75	–

Таблиця В.3 – Штирьові фарфорові ізолятори

Тип ізолятора	Мінімальне механічне навантаження, кН	Пробивна напруга в ізоляційному середовищі, кВ	Довжина шляху витоку, мм	Імпульсна напруга 1,2/50+/-, кВ
ТФ-20	–	8	–	–
ШФ-20Г	13	180	400	135
ШФ-10Г	12,5	–	256	–
ШФ-20Г1	13	180	400	125

Таблиця В.4 – Опорно-стержневі фарфорові ізолятори

Тип ізолятора	Номінальна напруга, кВ	Мінімальна руйнівна сила на вигин, кН	Випробувальна напруга повного грозового імпульсу, кВ	Довжина шляху витоку, см
ИОС-10-500	10	5	80	20
ИОС-10-600	10	6	80	30
ИОС-10-2000-01	10	20	80	20
ИОС-10-2000	10	20	80	20
ИОС-10-2000	10	20	80	20
ИОС-10-800	10	8	80	30
ИОС-20-2000	20	20	125	40
ИОС-20-2000-01	20	20	125	40
ИОС-35-500-01	35	5	195	75
ИОС-35-500-03	35	5	195	105
ИОС-35-1000	35	10	195	95
ИОС-35-2000	35	20	195	70
ИОС-110-400	110	4	–	190
ИОС-110-400	110	4	–	205
ИОС-110-600	110	6	–	223
ИОС-110-600	110	6	–	223
ИОС-110-600-I М	110	6	450	223
ИОС-110-600-II М	110	6	450	290
ИОС-110-300	110	3	–	200
ИОС-110-1250	110	12,5	–	210
ИОС-110-1250 М	110	12,5	–	210
ИОС-110-2000	110	20	–	190
ИОС-110-2000 М	110	20	–	190
ИОС-110-2000-01 М	110	20	–	200
ИОС-110-2000-01	110	20	–	200

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	4
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИРОБНИЦТВО, ПЕРЕДАЧУ І РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	6
1.1 Принципи організації та технічна реалізація систем електропостачання	6
1.2 Електричні апарати. Класифікація та загальні вимоги до них.....	14
1.2.1 Захисні оболонки електричних апаратів.....	15
1.2.2 Кліматичне виконання та категорії розташування електричних апаратів.....	16
<i>Контрольні питання для самоперевірки.....</i>	19
Розділ 2. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА РОЗПОДІЛЬЧІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	20
2.1 Загальні відомості та класифікація підстанцій.....	20
2.1.1 Класифікація за призначенням.....	21
2.1.2 Класифікація за значенням в системі електропостачання.....	21
2.1.3 Класифікація за способом приєднання до мереж вищої напруги.....	22
2.1.4 Класифікація за конструктивним виконанням.....	23
2.1.5 Класифікація за кількістю встановлених трансформаторів..	26
2.2 Загальні відомості про розподільні установки та пристрої.....	27
2.3 Власні потреби електричних станцій і підстанцій.....	35
<i>Контрольні питання для самоперевірки.....</i>	39
Розділ 3. СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ І АВТОТРАНС- ФОРМАТОРИ ПІДСТАНЦІЙ.....	40
3.1 Типи трансформаторів, автотрансформаторів та їх параметри.....	40
3.2 Конструктивні елементи силових трансформаторів.....	53
3.2.1 Магнітопровід силових трансформаторів.....	54
3.2.2 Системи охолодження трансформаторів.....	55
3.2.3 Газовий захист силових трансформаторів.....	57
3.2.4 Захист від аварійного підвищення тиску всередині бака.....	61
3.2.5 Обмотки трансформатора.....	61
3.2.6 Вводи-виводи трансформатора.....	63
3.3 Регулювання напруги в силових трансформаторах.....	64
3.4 Експлуатаційні вимоги до силових трансформаторів.....	70
<i>Контрольні питання для самоперевірки.....</i>	72
Розділ 4. КОМУТАЦІЙНІ АПАРАТИ.....	73
4.1 Високовольтні вимикачі.....	75
4.1.1 Класифікація вимикачів за способом гасіння дуги.....	77
4.1.2 Класифікація вимикачів за призначенням	79
4.1.3 Класифікація вимикачів за видом установки.....	80
4.1.4 Класифікація вимикачів за категоріям розміщення та кліматичному виконанню.....	80
4.1.5 Масляні вимикачі.....	80
4.1.6 Елегазові вимикачі.....	88

4.1.7 Вакуумні вимикачі.....	93
4.1.8 Повітряні вимикачі.....	100
4.1.9 Вимикачі навантаження.....	106
4.1.10 Вибір високовольтних вимикачів.....	108
4.2 Роз'єднувачі, відокремлювачі, короткозамикачі.....	111
4.2.1 Роз'єднувачі і відокремлювачі.....	111
4.2.2 Короткозамикачі.....	111
4.2.3 Умови вибору роз'єднувачів, відокремлювачів та короткозамикачів.....	122
4.2.4 Блокування роз'єднувачів та вимикачів.....	124
4.3 Захисні та струмообмежувальні апарати.....	125
4.3.1 Розрядники та нелінійні обмежувачі перенапруг (ОПН)....	125
4.3.2 Струмообмежуючі реактори.....	129
4.3.3 Вибір розрядників і ОПН	131
4.4 Комутаційні апарати до 1000 В	133
4.4.1 Контактори	133
4.4.2 Магнітні пускачі	143
4.4.3 Автоматичні повітряні вимикачі.....	145
4.4.4 Електричні реле	159
4.4.5 Запобіжники	182
<i>Контрольні питання для самоперевірки.....</i>	194
Розділ 5. ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ	195
5.1 Призначення, основні параметри трансформаторів струму (ТС) ...	195
5.1.1 Основні параметри трансформаторів струму	202
5.2 Схеми вмикання трансформаторів струму	204
5.3 Вибір і перевірка трансформаторів струму	207
<i>Контрольні питання для самоперевірки</i>	208
Розділ 6. ТРАНСФОРМАТОРИ НАПРУГИ	209
6.1 Призначення, основні параметри трансформаторів напруги (ТН)	209
6.1.1 Основні параметри ТН	210
6.1.2 Конструкція ТН	211
6.2 Схеми вмикання в трифазну мережу однофазних, трифазних ТН	212
6.3 Типи трансформаторів напруги і їх маркування	214
6.4 Вибір та перевірка трансформаторів напруги	215
<i>Контрольні питання для самоперевірки</i>	216
Розділ 7. ІЗОЛЯТОРИ	217
7.1 Загальні відомості та технічні характеристики ізоляторів	217
7.2 Класифікація ізоляторів	220
7.3 Гірлянди ізоляторів	235
7.4 Вибір ізоляторів для шинних конструкцій	235
<i>Контрольні питання для самоперевірки</i>	237
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	238
ДОДАТКИ	240

Навчальне видання

**Інна Володимирівна Нездвецька
Анатолій Павлович Войцицький
Веніамін Володимирович Мельничук**

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ СТАНЦІЙ І ПІДСТАНЦІЙ

Підручник

Оригінал-макет – Нездвецька І. В.
Дизайн обкладинки – Войцицький А. П.
Верстання – Мельничук В.В.

Роздруковано з оригіналу-макета авторів

Підписано до друку 16.01. 2023
Формат 60х84/16. Гарнітура Times New Roman.
Зам. №62 Ум. друк. арк. 14,64
Наклад 300

Свідоцтво суб'єкта про державну реєстрацію
ДК №7381 від 13.07.2021 р.
Поліський національний університет
1008, м. Житомир, вул. Старий Бульвар, 7

