МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

**ЧИЧИЛЮК ДЕНИС СЕРГІЙОВИЧ**

УДК 621.311.11

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Удосконалення РП 110/10 кВ в системі електропостачання**

**м. Житомира**

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Сукманюк Олена Миколаївна

(прізвище, ім’я, по батькові)

к.і.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання

Житомир – 2023

**АНОТАЦІЯ**

Чичилюк Д.С. Удосконалення РП 110/10 кВ в системі електропостачання м. Житомира». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Робота присвячена проблемі модернізації РП 110/10 кВ в системі електропостачання м. Житомира.

Дано характеристику об’єкта модернізації – електропостачання групи населених пунктів від РП 110/10/10 кВ “Житомир”.

Запропонована модернізація РП110/10 кВ м. Житомира в системі електропостачання з цілю підвищення надійності системи електропостачання (СЕП) та унеможливити аварійне знеструмлення для споживачів і збільшити трансформаторну потужність до 40 МВА.

Розроблено рекомендації по експлуатації та обслуговуванню електрообладнання РП 110/10 кВ. За одержаними результатами зроблено висновки та пропозиції.

**Ключові слова:** електроенергія, напруга, потужність, мережа, повітряна лінія, трансформаторна підстанція, дільниця, мікропроцесорний захист.

**ABSTRACT**

D. S. Chychyliuk. “Improvement of Distribution Point 110/10 kW in Zhytomyr Electricity Supply System”. Qualification work for obtaining Master's Degree in specialty 141 - Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

Thesis is devoted to the problem of distribution point 110/10 kW modernization in in Zhytomyr electricity supply system.

The characteristics of modernization object - power supply of a group of settlements from distribution point 110/10/10 kW "Zhytomyr" are given.

Modernization of the 110/10 kW substation in Zhytomyr city in power supply system was suggested to increase the reliability of power supply and to prevent unregulated emergency blackouts of consumers and with an increase in the installed transformer capacity to 40 MVA.

Recommendations for the operation and maintenance of 110/10 kW substation electrical equipment have been developed. Conclusions and suggestions based on the obtained results were done.

**Key words**: electrical energetics, voltage, power, network, overhead wire, transformer substation, section, microprocessor protection.

**ЗМІСТ**

|  |  |
| --- | --- |
| ВСТУП | 4 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛЗ ДОСЛІДЖУВАЛЬНОЇ ТЕМИ | 7 |
| Вимоги до роботи сучасних систем електропостачання | 7 |
| * 1. Аналіз досліджень сучасного обладнання ТП 110/10кВ у розвинутих країнах | 12 |
| 1.3.Висновки по розділу 1 | 13 |
| РОЗДІЛ 2. НАПРЯМ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ РП 110/10 кВ | 14 |
| Основний напрям проведення досліджень | 14 |
| 2.2. Обґрунтування необхідності модернізації ТП110/10 кВ | 14 |
| 2.3.Висновки по розділу 2 | 16 |
| **РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ РП 110/10 кВ «ЖИТОМИР»** | 17 |
| Об’єкт модернізації | 17 |
| 3.2. Обґрунтування застосування устаткування, що встановлюється при реконструкції РП | 21 |
| 3.3.Вибір та обґрунтування трифазного трансформатора ТДТН-25000/110 У1 | 22 |
| 3.4.Вибір та обґрунтування обмежувачів перенапруги | 24 |
| 3.5. Вибір обмежувачів перенапруг за комутаційними перенапругами | 26 |
| 3.6. Перевірка ОПН до поглинання енергії комутаційних перенапруг | 27 |
| 3.7.Вибір ОПН за грозовими перенапругами | 27 |
| 3.8. Вибір та обґрунтування обмежувача перенапруг типу PEXLIM R072-YN123 | 29 |
| 3.9. Вибір обмежувачів перенапруг за грозовими перенапругами | 29 |
| 3.10. Вибір та обґрунтування обмежувача перенапруг типу MWK-41 | 29 |
| 3.11. Вибір обмежувачів перенапруг за комутаційними перенапругами зі сторони 110кВ | 30 |
| 3.12. Перевірка здатності ОПН до розсіювання енергії комутаційних перенапруг | 31 |
| 3.13. Загальні технічні характеристики заземлюючих установок серії ЗОН-110М-I | 36 |
| 3.14.Вентильні розрядники серії РВС | 37 |
| 3.15. Техніка безпеки при роботі з пристроями ТП 110/10 кВт в системі електропостачання м. Житомир | 39 |
| 3.16.Захист від грозових перенапруг. Розрахунок грозозахисту | 40 |
| 3.17.Висновки по розділу 3 | 41 |
| **ВИСНОВКИ** | 42 |
| **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** | 43 |

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** Надійність системи електропостачання визначається в цілому надійністю складових її електроустановок: електростанції, електромережі, трансформаторні РП, електроприймачі.

В наш час високі вимоги пред'являють до надійності електропостачання та якості електричної енергії так як відбувається зростання одиничних потужностей агрегатів підприємств та збільшення електричних навантажень. Але, великий обсяг дорогого енергетичного будівництва, тривалі терміни будівництва висувають вимоги економії капітальних вкладень та знаходження простих та сучасних рішень щодо розвитку та експлуатації систем електропостачання споживачів.

Питання оптимального співвідношення надійності електропостачання енергетичних об'єктів та якості електричної енергії є основним в комплексі вимог до систем електропостачання: безпека, надійність, економічність електропостачання, якість електроенергії та екологічність.

В окремих енергетичних системах кількість аварій щороку досягає кількох десятків, а річний недовідпуск електричної енергії в внаслідок аварій – кількох мільйонів кВт·год., при цьому нормальне електропостачання деяких споживачів стає неможливим через зниження якості електроенергії. При такій високої аварійності енергетичних систем оцінка надійності обладнання та установок та пошук можливих шляхів підвищення надійності та якості як у процесі експлуатації, так і при проектуванні нових установок стають головними завданнями.

Електроустановки в процесі експлуатації знаходяться під дією різноманітних факторів: підвищеної вологості, агресивного середовища, пилу, несприятливих атмосферних явищ, а також механічних та електричних навантажень. Змінюються основні властивості матеріалів електроустановок, це приводить до виникнення коротких замикань (КЗ), що сприяють відключенню електроустановок або електромереж, тобто відбувається перерва у подачі електроенергії.

Останні роки основним напрямком у стратегії розвитку та технічного переозброєння релейного захисту та автоматики (РЗА) об'єктів електроенергетики є використання та освоєння мікропроцесорних пристроїв. Даний захист попереджає недоліки і аварійні режими роботи, попередньо попереджуючи, про можливість їх виникнення та надає достатній час для проведення коригуючих дій, що призведе до зменшення витрат на ремонт та змінення обладнання, яке вийшло з ладу. Також знизиться небезпека несподіваного виходу з ладу частин енергосистеми і виникнення перебоїв в енергопостачанні.

Управління якістю електроенергії в електричних мережах сприятиме ефективній роботі енергосистеми, створення сприятливої електромагнітної обстановки для функціонування електротехнічних засобів як з боку споживачів, і з боку енергопостачальних організацій. Також дозволить продовжити термін використання існуючого обладнання і дасть можливість проводити обслуговування для досягнення максимального економічного ефекту.

Результатом є підвищення доходів енергетичних підприємств які експлуатують систему, та відсутність скарг з боку споживачів електроенергії. Використання мікропроцесорного захисту дозволяє знизити до мінімуму небезпеку забруднення навколишнього середовища.

Отже, основним питання підстанцій (РП) 110/10 кВ стає необхідність забезпечення балансу потужності враховуючи надійність електропостачання (відповідно до категорії). Також приймається відповідне рішення про необхідність подальшого будівництва чи реконструкції РП та повітряних ліній електропередач. При модернізації РП 110-/10 кВ ставиться задача визначення прогнозованого навантаження, значення якого буде використовуватись для подальшого розвитку мереж живлення та розподільчих мереж та вибір типу електростанцій, визначення загальної потреби системи в енергоресурсах.

***Об’єкт дослідження*** *–* підстанція 110/10 кВ “Житомир” в системі електропостачання.

***Предмет дослідження* –** заходи підвищення надійності розподільчих мереж 110/10 кВ з метою ефективного розподілу електроенергії.

***Мета і завдання дослідження.*** Метою кваліфікаційної роботи - підвищить надійність системи електропостачання. електропостачання трансформаторної РП 110/10 кВ.

Відповідно до вказаної мети кваліфікаційної роботи необхідно розв’язати наступні завдання:

* провести аналіз заходів щодо підвищення надійності системи електропостачання;
* здійснити аналіз електричної мережі 110 кВ та навантаження РП;
* обґрунтувати вибір кількості та потужності силових трансформаторів;
* запропонувати необхідні заходи щодо підвищення надійності системи електропостачання.

***Практичне значення одержаних результатів.*** Проведені дослідження дозволять зробити вибір раціональних та ефективних шляхів для модернізації ТП 110/10 кВ. Запропоновані рішення встановлення трансформаторної РП 110/10 кВ дозволять оптимізувати систему електропостачання м. Житомира, підвищити надійність системи електропостачання та знизити технологічні втрати пікового навантаження.

**Публікації**:

* + 1. Чичилюк Д.С. Принцип використання розрядників серії РВС. Матеріали науково-практичної конференції НПП, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «Студентські читання - 2023», 25 жовтня 2023 року Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 227-230.
    2. Чичилюк Д.С. Загальна характеристика та принцип використання вакуумних вимикачів серії ВР. Міжнародна науково-практична конференція «Інженерні процеси та системи» - 14-15 червня 2023 року Житомир: Поліський національний університет, 2023. С.138-142.
    3. Чичилюк Д.С. Аналіз досліджень сучасного обладнання ТП 110/10кв у розвинутих країнах. VІІ Міжнародна науково-практична конференція «Біоенергетичні системи - 15-17 листопада 2023 року Житомир: Поліський національний університет, 2023. С.129-132.

**Обсяг та структура роботи.** Робота складається із вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 45 сторінках машинописного тексту, містить 3 таблиці, 13 рисунків, списку використаних джерел з 33 найменування.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

# З ДОСЛІДЖУВАЛЬНОЇ ТЕМИ

Безпечна, безаварійна робота системи електропостачання, в тому числі і трансформаторних РП, висуває перед працівниками електрогосподарств різноманітні вимоги з охорони праці.

Трансформаторна підстанція – це важливий вузол системи енергопостачання, що здійснює приймання основного навантаження та забезпечення електроенергією об’єктів, які обслуговується, району або населеного пункту. Кожне з виконань обладнання цього виду дозволяє реалізувати певні завдання, відповідно, при виборі необхідно враховувати рід передбачуваних навантажень.

Відповідно до потреб споживачів може підвищення або зниження значення основних параметрів мережі. Основні вузли обладнання, яке використовується для енергопостачання: розподільний пристрій, один або декілька трансформаторів, автоматика, елементи захисту і різного роду допоміжні споруди.

Трансформаторна підстанція здатна з однаковим ступенем ефективності забезпечувати електроенергією як дрібні, так і досить великі об’єкти.

Трансформаторна підстанція підрозділяється на дві основні групи:

1. Знижувальна.

2. Підвищувальна.

Перший з названих варіант передбачає зниження значення напруги первинного – у вторинну. При цьому трансформаторна підстанція є проміжною ланкою між ЛЕП і споживачем.

У другому випадку відбувається процес підвищення напруги, продукованого генераторами, з метою подальшої передачі електроенергії на ЛЕП.

# Вимоги до роботи сучасних систем електропостачання

На даний час проблема забезпечення якості електроенергії залишається актуальною. Незважаючи на зусилля, які спрямовуються на підвищення якості електричної енергії, щорічні втрати у Україні від низької якості електроенергії залишаються, як і раніше, високими. Збитки від погіршення якості електроенергії в основному впливають на споживачів і залежить від виду та причини погіршення якості електроенергії.

Майже 90% випадків від погано якості електричної енергії страждають промислові підприємства, і лише 10% йде на населення.

Відсоткове співвідношення збитків від виду погіршення якості електричної енергії наводиться на рис. 1.1.

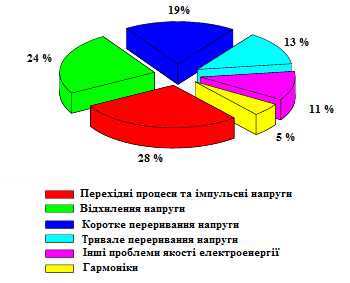


Рисунок 1.1 – Відсоткове співвідношення збитків при поганій якості електричної енергії і перериванні напруги

Здебільшого збитки пов'язані з втратами і перериваннями напруги - 56% випадків, перехідні процеси та імпульси напруги становлять 28%. Інші грошові витрати пов'язані з проблемами гармонік, флікером, монтажем заземлення та ЕМС пов'язаним з ними.

Використання сучасних та недорогих, потужних мікропроцесорних засобів дозволить збільшити швидкодію і закласти в реле розширив функції, електромеханічних і мікроелектронних пристроїв. Для змінення принципу роботи пристрою можливі в програмі реле, тобто, можливо змінити програму, не змінюючи апаратну частину пристрою. Дані зміни, зазвичай, пов’язані з набором функцій, які може виконати пристрій.

Надійність роботи електричної мережі у великому ступені залежить від:

* схеми, на якій визначається можливість резервування;
* комутаційних апаратів;
* засобів автоматики;
* збору, фіксації й передачі інформації про місце ушкодження [].

Забезпечення максимального ступеня резервування при мінімальній довжині ліній і кількості резервних зв’язків та устаткування – це основна вимога до схеми електричної мережі. Часто застосовують двоступінчасту систему розподілу 110/10/0,38, 110/20/0,38 і 110/35/0,38 кВ. При такій подачі на 30% знижується потреба в трансформаторній потужності та значною мірою зменшуються втрати енергії та покращується якість напруги для споживача [].

Більше половини загальних витрат на електропостачання міських та сільських споживачів складають витрати на розподільні лінії 6…10(20) і 0,38 кВ. Тому з економічних міркувань дані лінії, споруджували повітряними, в яких 70 – 80% вартості складала вартість будівельної частини [].

В даний час ефективним шляхом зниження витрат на електропостачання є зменшення довжини розподільної лінії, удосконалення методів механічного розрахунку проводів і опор, використання нових провідникових матеріалів.

Одним із основних напрямків розвитку електричних мереж повинна бути модернізація мереж напругою 35...110 кВ.

Автоматичне секціонування це найефективніший спосіб підвищення надійності роботи радіальних ліній напругою 6 та10 кВ, що складається з розподілу лінії на кілька ділянок за допомогою комутаційних автоматичних апаратів [].

Пункти секціонування розміщують безпосередньо на магістралі (послідовне секціонування), так на початку відгалужень (паралельне секціонування). Ефективність від автоматичного секціонування складається за рахунок того, що при короткому замиканні (к. з.) за пунктом секціонування зберігається живлення інших споживачів, які приєднані до секційного пункту[3, 5].

Особливий ефект отримується від секціонування з мережним резервуванням – це коли ділянка лінії, яка втратила основне живлення, одержує електрику від іншої неушкодженої лінії. При цьому більш в 2 рази скорочуються перерви в електропостачанні споживачів [4].

З метою забезпечити нормальні умови функціонування електричних мереж та попередити розвиток аварій необхідно швидко реагувати на зміну режиму роботи, для цього негайно відокремити пошкоджене обладнання від робочого та включити резервне джерело для живлення споживачів. Дані функції виконують пристрої (РЗА).

РЗА повинна проектуватися згідно до ПУЕ й діючих норм [5,6].

При впроваджені нового будівництва чи реконструкції, ТПВ і РК застосовують сучасні пристрої РЗА вітчизняного або іноземного виробництва[5].

Відключення будь-якого пошкодженого елемента мережі (ліній, шин, автотрансформаторів, реакторів, трансформаторів та ін.) повинно здійснюватися з мінімально можливим часом задля збереження безперебійної роботи неушкодженої частини системи.

Автоматично виконується відключення від пристроїв релейного захисту після введення елемента мережі, але не допускає автоматично повторного включення при підключенні ушкодженого обладнання.

Склад і будова РЗА кожного елемента мережі 10 кВ і вище повинне відповідати вимогам резервування та при виводі з роботи необхідно забезпечити:

* збереження функцій захисту даного елемента мережі від усіх видів пошкодження;
* вимкнення пошкоджених елементів, щоб запобігти наступного руйнування;
* збереження нормальної роботи інших елементів (автоматичне повторне вмикання, автоматичне введення резерву) [5, 9].

Вимога надійності є найважливіша, так як від надійності вимикачів, їх роботи в будь-яких режимах безпосередньо залежатиме надійність електроживлення, безперебійність електропостачання споживачів.

До основних параметрів схеми релейного захисту є:

* + 1. Струм спрацювання захисту Іспр.з і струм спрацювання реле Іспр.р – номінальні струми, при яких надійно спрацьовує захист.

*Іспр.з = Кн∙Ін.макс./Кп;* (1.1)

де *Кн* – коефіцієнт надійності, який враховує похибки реле та неточності у визначенні;

*Іспр.з,* ≥ 1,2, в залежності від призначення захисту.

*Кп = Іпов./Іспр.р.–* коефіцієнт повернення, *Кп =*0,8-0,85;

*Іпов.* – струм повернення реле в початкове положення, який менший струму спрацювання реле;

*Іспр.р* – струм спрацювання реле;

Ін.макс. – максимальний струм навантаження.

*Іспр.р =Ксх∙Іспр.з./Кт.стр,* (1.2)

де *Кт.стр.* – коефіцієнт трансформації трансформатора струму;

Ксх – коефіцієнт схеми, визначається:

*Ксх = Ір/Іт.стр.,* (1.3)

де *Ір* – струм в реле;

Іт.стр. – номінальний струм у вторинній обмотці трансформатора струму.

Коефіцієнт схеми Ксх при з’єднані трансформаторів струму та реле в зірку, складає Ксх =1; при з’єднані трансформаторів струму та реле в неповну зірку Ксх =1.

За коефіцієнтом чутливості перевіряється надійність дії захисту, величина якого визначається на наступною формулою [5]:

*Кч = Ік.з. /Кт.стр. ∙ Іспр.р.,* (1.3)

де *Ік.з* – мінімальний струм двофазного КЗ в кінці лінії і на шинах низької напруги трансформатора [5].

Пристроїв РЗА ставляться вимоги по надійності і швидкодії. Відмова мікропроцесорної системи при виконанні функції РЗА повинна бути практично виключена.

* 1. **Аналіз досліджень сучасного обладнання ТП 110/10кВ у розвинутих країнах**

Велика частина пристроїв РЗА виконані на електромеханічному та мікроелектронному принципах. Ці пристрої у порівнянні з мікропроцесорними численний ряд переваг:

* менша вартість;
* при багаторічному використанні накопичений значний досвід їх обслуговування та регулювання;
* велика наявність запасних частин для
* ремонту власними силами персоналу;

Ці пристрої, засновані на традиційній елементній базі, мають суттєві недоліки, які ускладнюють або перешкоджають комплексній автоматизації електричних мереж.:

* значні затрати на обслуговування та ремонт;
* неспроможність виконання багатократного АПВ;
* майже відсутній ефективний захист від КЗ на землю розподільних мереж;
* відсутність автоматичної заміни уставок пристрою РЗ.

Значна частина фірм-виробників обладнання РЗА, припинила випуск електромеханічних реле і пристроїв.

Основні характеристики мікропроцесорного захисту значно вища, ніж у мікроелектронного, і тим більше електромеханічного. Потужність, споживана від трансформаторів вимірювання струму і напруги, знаходиться на рівні 0,1…0,5 ВА, апаратна похибка – в межах 2…5%, коефіцієнт повернення вимірювальних органів становить 0,95-0,96 [12, 13].

На даний час основними світовими лідерами з виробництва пристроїв РЗА є фірми: GE, AREVA (ALSTOM), ABB, SIEMENS. В Україні компанія Енергомашвін (ЕМВ) розробила і випускає цілий комплекс мікропроцесорних пристроїв, що повністю задовольняє потреби розподільних мереж 6-110кВ [16, 17].

Сучасні мікропроцесорні пристрої РЗА об’єднали функції релейного захисту, автоматики, вимірювання, регулювання та управління електроустановками. У структурі автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) енергетичного об'єкта вони є пристроями збору інформації.

Отже, шляхом удосконалення технічних рішень можливо, не підвищуючи вартості самого виробу, реконструювати трансформаторні РП, які існують та збільшити кількість відвідних ліній. При даному удосконаленні необхідно здійснити комерційний облік електроенергії та підвищити технічні й експлуатаційні характеристики.

На даний час для захисту електричних кіл все більш частіше використовують запобіжники з плавкими вставками в рубильниках РПС, які розташовують в панелях типу ЩО. Захист ліній електропередач за допомогою рубильників РПС необхідний від КЗ та перевантажень, але при роботі даного рубильника виникають деякі незручності, серед яких виникає необхідність значного запасу плавких вставок, а також недостатня безпека обслуговуючого персоналу при регламентних чи ремонтних роботах [9].

Контакт губки рубильника і ножа запобіжника слабкий і виникає нагрівання в місці з’єднання та зростають великі втрати потужності. Також в процесі експлуатації панелей ЩО в РП-0,4 кВ із рубильниками типу РПС можливо здійснити заземлення, що згідно до ПУЕ не допускається при виведенні кабельної лінії на ремонт [9, 11].

### Комплектна трансформаторна підстанція - 110/10 кВ

До складу устаткування будь-якої РП входять (рис. 1.2):

* силовий трансформатор, який безпосередньо здійснює перетворення електроенергії для її подальшого розподілу;
* шини, що забезпечують підведення напруги, що приходить, і відведення навантажень;



Рис.1.2. Комплектна трансформаторна підстанція на 110/10 кВ: 1 - апаратура високочастотного зв’язку; 2 - роз’єднувач; 3 - портал; 4 - вихлопний запобіжник; 5 - розрядники; 6 - шинування КТП; 7 - силовий трансформатор; 8 - введення КРУНА; 9 - КРУН на напругу 10 кВ; 10 - обгороджування

* силові комутаційні апарати, що дозволяють перерозподіляти електроенергію;
* системи захисту, автоматики, управління, сигналізації, виміри;
* ввідні і допоміжні пристрої.

Силовий трансформатор – основний перетворюючий елемент електроенергії і виконується трифазним виконанням. У його конструкцію входять:

* корпус, виконаний у формі герметичного бака, заповненого олією;
* шихтований магнітопровід;
* обмотки сторони низької напруги (НН);
* обмотки введень високої напруги (ВН);

-масляна система; перемикач регулювальних відведень у обмоток;

-допоміжні пристрої і системи [10, 12, 14].



Рис.1.3. Спрощена електрична схема КТПН на 110/10 кВ:W1 - введення 110 кВ; W2; W3; W4; W5 - лінії 10 кВ; QS1 - роз’єднувач введення 110 кВ; QS2 - заземлюючий роз’єднувач; FV1; FV2; FV3 - розрядники; FU1 - вихлопний запобіжник; Т1 - знижувальний трансформатор; Т2 - трансформатор власних потреб; ТА1 - вбудований трансформатор струму; Q1 - вимикач введення 10 кВ; Q2; Q3; Q4; Q5 - вимикачі ліній; TV - трансформатор напруги; FU2, FU3 - запобіжники Т2 і TV

### 1.3. Висновки по розділу 1

Трансформаторна підстанція, як зауважувалося – важливий вузол системи енергопостачання, вона бере на себе основне навантаження із забезпечення електроенергією об’єктів, які обслуговується – це райони або населені пункти, що дозволяють реалізувати певні завдання. Відповідно, при виборі трансформаторної РП необхідно враховувати ряд передбачуваних навантажень.

Тому слід з великою відповідальністю віднестися до модернізації ТП 110/10 кВ в системі електропостачання м. Житомир.

# РОЗДІЛ 2. НАПРЯМ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ РП 110/10 кВ

# Основний напрям проведення досліджень

Основним напрям проведеного досліджень був оснований на детальному обстеженні об’єктів, що експлуатуються, модернізуються або тільки проєктуються чи споруджуються, з метою завчасного виявлення прихованих чи потенційно застарілих методів забезпечення електропостачання.

Також цей метод базується на вивченні напрацювання вчених, які займались зазначеними проблемами. Ця становили основне джерело матеріалів. Аналіз проведених наукових досліджень, а також порівняльного аналізу дало змогу належним чином опрацювати й проаналізувати фактичну інформацію, яка стосується досліджуваної теми

Достатньо повно використано також результати спостережень та обстежень окремих проектів з модернізації РП 110/10 кВ в системі електропостачання м. Житомир Житомирської області».

Завданням цієї роботи є узагальнення існуючих поглядів щодо роботи трансформаторних РП та їх доцільності вдосконалення враховуючи особливості України та рекомендації щодо створення необхідних їх модернізації.

Для подальшої дослідної роботи, над удосконаленням експлуатаційних характеристик РП 110/10 кВ в системі електропостачання необхідно проаналізувати важливе питання, від чого це залежить, а також обґрунтувати необхідність удосконалення даного об’єкта.

# Обґрунтування необхідності модернізації ТП 110/10 кВ

Житомир – це місто обласного підпорядкування в Житомирській області України, розташоване на річці Тетерів. Дане місто має залізничну станцію. Населення – понад 1800 тисяч мешканців (2023).

Необхідність [удосконалення](http://ua-referat.com/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%BC) РП 110/10 кВ “Житомир” викликана в основному механічним, електричним та моральним зношуванням обладнання на РП, нарощування потужності та збільшення населення.

За рік на місто випадає 500– 600 мм опадів, головним чином влітку. Ці дані необхідні для вибору кліматичних умов обладнання трансформаторної РП.

В процесі експлуатації електричне обладнання зношується і умовно можна виділити три види зношування за характером фізичних процесів, що лежать у його основі: механічний, електричний та моральний. Слід зазначити, що ступінь механічного та електричного зношування визначає і ступінь морального зносу, оскільки визначає енергетичні характеристики електричного обладнання. Тому необхідно провести аналіз та узагальнити інформацію про причини відмов електрообладнання, викликаних особливостями їх експлуатації за умов даного регіону. Вищевказана класифікація зношування електрообладнання є умовним, оскільки всі три типи зношування не можна розглядати ізольовано один від одного.

Причини відмов електрообладнання необхідно розглядати як комплексну величину, що враховує природно-кліматичні умови, кваліфікацію персоналу, наявність вібрацій та пилу і т.д. Тим не менш, роздільний аналіз видів зношування дозволяє чіткіше виявити фізичні фактори, що лежать в основі даних явищ, з метою вироблення заходів, направлених на зниження їх впливу.

Вплив температури повітря на роботу силового електрообладнання.

Причини кліматичного характеру викликають простої обладнання у періоди впливу найнижчих негативних температур, які обумовлюються інструкціями.

У зимовий період величина відмов зростає в порівнянні з літнім в 1,5…2 рази. Для даного періоду характерні різкі перепади температур, внаслідок чого на вузлах механізмів конденсується волога, що тягне за собою порушення ізоляції, зменшення надійності експлуатації електроустаткування. Крім того, значна кількість опадів у вигляді дощу та мокрого снігу зволожує обладнання, що тягне за собою збільшення моменту навантаження силового обладнання. . Процес старіння ізоляції прискорюється внаслідок її зволоження. Волога в ізоляцію обмоток обладнання проникає в основному при охолодженні машин, коли тиск у порах і капілярах ізоляції трохи нижчий за атмосферного. Проникнення вологи викликає гідролітичне руйнування ізоляційних матеріалів, що особливо мають волокнисту структуру.

Значна частина відмов обумовлена дефектами комплектуючих вузлів, що виникали переважно в період приробітку на місці встановлення. Очевидно, що будь-яка причина відмов трансформатора призводить до незрівнянно великих втрат, зв’язаних із відключенням блоку. Досвід показує, що найімовірнішими дефектами в активній частині конструкції можуть бути місцеві нагрівання в електромагнітній системі; перегріви контактних з'єднань особливо на стороні НН, дефекти, що викликають значне зниження електричної міцності, а також місцеві деформації обмоток.

При експлуатації систем електропостачання велике значення мають також вирівнювання навантажень у часі з використанням для цього цілеспрямованого керування електрообладнанням (вирівнювання графіків навантаження, зниження та зміщення пікових потужностей тощо).

Модернізація електроустаткування це частина сучасного електропостачання, оскільки існуючі мережі є проектами минулого століття. З того часу структура виробництва і споживання кардинально змінилася, але ці зміни, за великим рахунком, не торкнулися енергосистеми. Високий знос енергетичного обладнання, низький рівень впровадження енергозберігаючих технологій та автоматизації. Витрати, від ремонтів та простоїв – справжня проблема, яка потребує величезної уваги.

Ще одним із основним аргументом на користь необхідності модернізації слугує той факт, що МВ декілька років не виробляються і тому є дефіцит запасних частин для ремонту. Часткова заміна масляних вмикачів на вакуумні дозволить використати демонтовані МВ в якості запасних частин для ремонту тих, які залишаються. Модернізація РП буде відбуватися як і частковому і повному обсязі.

При частковій заміні передбачена заміна тільки основних елементів осередків (релейного захисту, комутаційних апаратів). Найбільш відповідальним елементом РП є високовольтний вмикач [], тому всю необхідну увагу експлуатуючої служби націлено на підтримання вмикача в роботоздатному стані.

При повній заміні здійснюють роботу із заміни осередків на більш сучаснішої конструкції із використанням вакуумних вимикачів, які за габаритними розмірами повинні підходити до своїх попередників, з метою збереження будівельної частини і розміщення кабельних ліній.

Часткову заміну електротехнічної частини низьковольтної РП ведуть, також за технологією ретрофіту. Під час основної заміни, якщо заміні підлягають вимикачі типу AВM (AВM10, AВM15, AВM20) виробництва АТ "Контактор", виробництво якого було припинено в 1986 році, більшість КТП 10/0,4 кВ будуть замінені. [14].

### 2.3.Висновок розділу 2

### Модернізація електрообладнання має велике економічне значення. Експлуатація морально зношеного електрообладнання може стати технічно і економічно недоцільною, тоді в ході масштабного ремонту буде проведена модернізація, при якій його техніко-економічні параметри можуть бути максимально наближені до параметрів аналогічного, більш досконалого електрообладнання.

### РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ РП 110/10 кВ «ЖИТОМИР»

# Об’єкт модернізації

### Силова частина

У зв’язку з інтенсивним розвитком промисловості та житлового будівництва в м. Житомирі та територій, що прилеглих до нього, значно зросло споживання електричної енергії і як наслідок перевантаження трансформаторів в період максимальних режимів електроспоживання.

В табл. 3.1. наведені данні про силовий склад ТП 110/10 кВ м. Житомир.

Таблиця 3.1

Силовий склад ТП 110/10

|  |  |
| --- | --- |
| **Найменування обладнання** | **На теперішній час** |
| Трансформатор | 1Т - ТРДН-25000/110 – 2 шт |
| Розрядник вентильний | РВС 35+15 – 1 однофазний комплект |
| Заземлювач однополюсний | ЗОН-110 – 1 комплект |
| Обмежувач перенапруг | ОПН 10 кВ – 2 трифазних комплекти |
| Масляний вимикач | ВМП-10- 6 комплектів |

Електричні підключення існуючого розподільного пристрою наступні:

* на напрузі 110 кВ – нетипова «два блоки лінія – трансформатор з відокремлювачами і неавтоматичною перемичкою з боку трансформаторів» [23];
* на напрузі 10 кВ – «дві одиночні, секціоновані вимикачами, системи шин». Наявні комірки 10 кВ розташовані в закритому розподільчому пристрої [23].

Живлення власних потреб РП здійснюється від щита змінного струму 0,23 кВ, підключений до трансформаторів власних потреб ТСН- 63/10 кВ.

Всі кабелі по вдовж ПС прокладені в кабельних каналах.

### Пропозиції модернізації:

* необхідно замінити силовий трансформатор 1Т типу ТРДН-25000/110 на новий трансформатор типу ТРДН-25000/110-У1 виробництво «Запоріжтрансформатор»:
* необхідно замінити ЗОН-1Т;
* необхідно замінити розрядник нейтралі 1Т;
* необхідно замінити силовий трансформатор 2Т типу ТРДН-25000/110 на новий заміна ЗОН-2Т;
* необхідно замінити розрядник нейтралі;
* необхідно провести реконструкцію ВРУ-110 кВ (наявна схема ВРУ-110 кВ замінюється на типову схему «два блоки лінія»:

Силовий трифазний трансформатор типу ТРНДЦН-40000/25000-110з примусовою циркуляцією оливи та з розщепленою обмоткою НН призначений для тривалої роботи в умовах зовнішньої i внутршньої установки при коливаннях температури навколишнього середовища від -45ºС до +40ºС.

Трансформатор розміщений у приміщенні камери трансформатора ПС 110/10/10 кВ №258 Л-25. Коли в приміщенні камери трансформатора підвищується температура повітря, яка вища встановлених величин ,автоматично включається в роботу вентилятор N1 або N2 залежно від режиму роботи, подається повітря для охолодження трансформатора в приміщенні камери трансформатора. Регулювання напруги трансформатора виконується під навантаженням зі сторони 110 кВ за допомогою перемикального пристрою типу РС-9 в діапазоні ± 9х 1,75% від номінальної напруги.

Нуль трансформатора виведений на кришку бака через ізолятор 35 кВ, який глухо заземлюється через вентильний розрядник. Температура трансформаторної оливи в робочому стані не повинна перевищувати +85°С. Усі три обмотки трансформатора захищені від хвиль грозових перенапруг встановленими вентильними розрядниками.

Трансформатор укомплектовується наступним обладнанням та приладами:

* розширювач оливи бака трансформатора i регулятора напруги розділено на дві частини;
* двома термометричними сигналізаторами типу ТС-100;
* газовим та струмним реле;
* реле рівня оливи;
* вентиляторами, електричними помпами;
* шафою автоматичного управління системою охолодження /ШАОТ/;
* повітроочисними фільтрами;

Повітроочисні фільтри служать для очищення повітря від вологи та промислових забруднень, що поступають в розширювач трансформатора.

Відповідно до ПУЕ, для трансформатора вибирають такий захист:

− диференційний захист трансформатора (ДЗТ), оскільки даний захист є основним захистом;

− як резервний захист від внутрішніх пошкоджень у силових трансформаторах встановимо захист «струмовий відсік» (ТО)», даний захист встановлюється на кожний трансформатор окремо;

− максимальний струмовий захист (МТЗ) виступає як резервний захисту зовнішніх струмів КЗ;

− захист від перевантаження силових трансформаторів. Даний захист необхідний для виключення роботи трансформатора з перевантаженням вище допустимих меж. Зазначимо, що силові трансформатори вибрані з врахуванням перевантажувальної здатності на 40%, проте даний захист необхідний для виключення «набросів» потужності на трансформатори у випадки аварійних ситуацій в зовнішній мережі системи електропостачання.

Вимоги до релейного захисту:

До РЗА пред'являються основні вимоги, до них відносяться: селективність, швидкодія, чутливість і надійність.

Селективність, або вибірковість, - це здатність РЗ виявляти місце ушкодження і відключати його лише найближчими вимикачами. В якості основного захисту в роботі передбачено мікропроцесорний пристрій РЗА виробництва «АВВ». В якості резервного захисту трансформаторів вибираємо мікропроцесорний пристрій РЗА виробництва «АВВ». Для захисту трансформаторних вводів та секційних вимикачів 10 кВ запропоновано встановити термінали типу МРЗС-05 – виробництва ВО «Київприлад» [4].

В якості пристроїв РЗА лінійних вимикачів 10 кВ запропоновано застосувати УЗА- 10М.А» [6-9].

Передбачити проєктом реконструкцію існуючої системи АСУ ТП:

* телекерування вимикачами;
* телесигналізація положення вимикачів і роз’єднувачів;
* телесигналізація «землі» в мережі та інших несправностей.

На даний час живлення РП виконано двома одноколовими ПЛ-110 кВ (рис.3.1). Струм КЗ на стороні 110 кВ ПС становить:

**–** Імак = 5929 А.

**–** Імін = 5390 А.



Рис. 3.1. Живлення РП

Релейний захист, автоматика, управління, сигналізація

#### В частині струмових кіл

1. Зв’язок вбудованих у силовий трансформатор трансформаторів струму 110 кВ з існуючими струмовими колами силового трансформатора існуючим схемам. Додається лише струмове реле блокування РПН по перевантаженню трансформатора.
2. Підключення до існуючих струмових кіл вводу 10 кВ авторегулятора РПН силового трансформатора .

#### Технологічні захисти силового трансформатора

З метою реалізації захисту було передбачено встановлення нової апаратури та проведення монтажу вторинної комутації на існуючій панелі захистів трансформатора. Систему управління та систему автоматики охолодження силового трансформатора змонтувати у шафі управління трансформатора. Для її реалізації передбачити кабелі до панелей ЗПК 14.

#### Система управління і автоматики РПН

1. Для її реалізації передбачається на існуючій панелі РПН встановлення нової апаратури в частині управління і автоматики РПН трансформатора. Для схеми РПН використовується автоматичний регулятор типу ЕРНТ-1М та покажчик положення РПН, які поставляються комплектно з трансформатором.
2. Сигналізація нових пристроїв виконується від існуючого пристрою центральної сигналізації. Нова центральна сигналізація (ЦС) на базі пристроїв типу SACO-64 виробництва АВВ.
3. Система оперативного постійного струму (ШОС) на базі комплекту шаф типу ШОТ-1М виробництва РЗА-Систем.
4. Пристрої управління вимикачами і вимірів 110 і 10 кВ силових трансформаторів та СВ-10 кВ.

#### Пристрої захистів і автоматики трансформаторів 110/10/ кВ

1. Основні захисти кожного трансформатора на базі мікропроцесорного пристрою типу RET- 670 виробництва АВВ.
2. Резервні захисти 110 кВ та автоматики В-110 кВ кожного трансформатора на базі мікропроцесорного пристрою типу REС-650 виробництва АВВ.
3. Переведення дії технологічних захистів кожного трансформатора на RET-670 та на вихідні реле вимкнення трансформатора на новій панелі РЗА
4. Автоматика і управління РПН кожного трансформатора на базі пристроїв РС83-В.4 виробництва «РЗА-Системз». Показник положення РПН залишається тим самим.
5. Резервні захисти і автоматика вимикачів вводів 10 кВ на базі мікропроцесорних пристроїв типу МРЗС-05-01 виробництва «Київприлад».

Для реконструкції РП 110/10 кВ «Житомир» передбачно встановлення для телемеханізації РП обладнання комплексу технічних та програмних засобів фірми АВВ RTU560 в окремій шафі №2 в КРУ 10 кВ.

#### Телеуправління:

1. Передбачається телеуправління положенням вимикача вводу 110 кВ трансформатора 1Т, вимикача вводу 110 кВ трансформатора 2Т, вимикача вводу 10 кВ трансформатора 1Т І с.ш., вимикача вводу 10 кВ трансформатора 1Т ІІ с.ш., вимикача вводу 10 кВ трансформатора 2Т ІІІ с.ш., вимикача вводу10 кВ трансформатора 2Т ІV с.ш. Телеуправління іншими приєднаннями залишається існуючим.
2. Для виводу сигналів управління 110 кВ запропоновано використовувати багатофункціональний вимірювальний пристрій DIRIS A40, виробництво SOCOMEC, для 10 кВ – вимірювальний перетворювач Satec РM130 ЕН, виробництва SATEC Power Solutions.

***Телесигналізація:***

Передбачається телесигналізація положення вимикача вводу 110 кВ трансформатора 1Т, вимикача вводу 110 кВ трансформатора 2Т, вимикача вводу 10 кВ трансформатора 1Т І с.ш., вимикача вводу10 кВ трансформатора 1Т ІІ с.ш., вимикача вводу 10 кВ трансформатора 2Т ІІІ с.ш., вимикача вводу 10 кВ трансформатора 2Т ІV с.ш., секційного вимикача №1 10 кВ, секційного вимикача №2 10 кВ. Датчиками сигналів положення комутаційних апаратів запропоновано використати сухі контакти силових вимикачів [18, 20].

* 1. **Обґрунтування застосування устаткування, що встановлюється при реконструкції РП**

Пропозиції реконструкції – збільшення встановленої потужності РП шляхом заміни існуючих трансформаторів на трансформатори потужністю по 63 МВА. Однак, після проведеного техніко-економічного аналізу варіантів реконструкції, найбільш ефективним визнано варіант збільшення трансформаторної потужності РП шляхом встановлення третього трансформатора Т-3 потужністю 40 МВА. Перелік основного устаткування для реконструкції РП 110/10 кВ наведений в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Перелік основного устаткування для реконструкції РП

|  |  |
| --- | --- |
| **До реконструкції** | **Після реконструкції** |
| 1Т - ТРДН-25000/110 – 1 штук | 2Т -ТРДН-25000/110 – 1 штук |

Продовження таблиці 3.2

|  |  |
| --- | --- |
| **До реконструкції** | **Після реконструкції** |
| 1Т - ТРДН-25000/110-У1 –1шттук | 2Т -ТРДН-25000/110-У1– 1штук |
| Розрядник вентильний РВС 35+15 – 1 однофазний комплект | Обмежувач перенапруги типу  PEXLIM R072-YN123–1однофазний комплект |
| Заземлювач однополюсний типу ЗОН- 110 – 1 комплект | Заземлювач однополюсний типу ЗОН-110М- 1УХЛ1 – 1 комплект |
| Розрядник вентильний РВС-110 – 2  трифазних к-ти | Обмежувач перенапруги PEXLIM-0108  —XH145 – 2 трифазних комплекти |
| Роз’єднувачі трифазні типу  РНДЗ-110кВ - 2 трифазних комплекти | Роз’єднувачі трифазні типу  1,2 -110/1000 – 6 трифазних комплектів |
| Обмежувач перенапруг  ОПН 10 кВ – 2 трифазних комплекти | Обмежувач перенапруг типу  MWK-12 – 2 трифазних комплекти |
| Обмежувач перенапруг ОПН  10 кВ – 2 трифазних комплекти | Обмежувач перенапруг типу MWK-12  – 2 трифазних комплекти |
| Шинний міст 10 кВ – 1 комплект | Шинний міст 10 кВ – 1 комплект |
| МаслянийвимикачВМП-10-6 комплектів | Вакуумний вимикач ВР-2-10-31,5/2000 У2 – 6 к- тів. |

**3.3.Вибір та обґрунтування трифазного трансформатора ТДТН-25000/110 У1**

Трансформатор силовий трифазний, масляний, триобмотковий ТДТН- 25000/110 У1 призначений для перетворення електричної енергії напруги 110 кВ в електричну енергію класу напруги 35 кВ середньої напруги і класу напруги 6 або 10 кВ нижчої напруги [20].

Трансформатор стержневий з листів холоднокатаної електротехнічної стали. Обмотки циліндричні розміщені на стержнях. Обмотки СН і НН розташовані в одному концентрі. Обмотки ВН з’єднані в зірку, обмотки СН – в зірку, обмотки НН – в трикутник.

Трансформатор забезпечений на лінійних вводах ВН двома трансформаторами

Рис. 3.2. Загальний вигляд трансформатора ТДТН-25000/110 У1

струму ТВТ-110-Ш на струм 600/5 А, на вводі нейтралі ВН трансформатором струму ТВТ-35-У на струм 600/5 А, на лінійних вводах СН трансформатором струму ТВТ-35-У на струм 600/5 А.

Трансформатор охолоджується радіаторами, кожен з яких обдувається двома вентиляторами. Регулювання напруги під навантаженням здійснюється на стороні обмотки ВН в межах + 9 x 1,78 % номінальної напруги. Склад трансформатора зображений на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Трансформатор силовий ТРДН-25000/110: 1 – розширювач; 2 – ввод нейтралі ВН; 3 – ввод ВН; 4 – ввод НН; 5 – труба для відведення газу від установок трансформаторів струму; 7 – скобка для строплення при підніманні трансформатора; 8 – кришка бака; 9 –трансформаторна табличка; 10 –манометричний термометр (сигналізуючий); 12. – бак трансформатора; 13 – поворотний затвор дисковий DN 80 для зливу оливи з бака; 14 - Пробка для зливу залишків оливи з бака; 18 – клапан запобіжний; 19 – кран для взяття проби оливи; 21 – люк для огляду пристрою РПН; 22 – оливопровід; 23 – реле газового трансформатора; 25 – пристрій РПН; 26. – скоба для скроплення при підніманні кришки. 30 –заземлення трансформатора; 34 – Вентиль DN 25 для додавання оливи в розширювач пристрою РПН.

### Технічні характеристики

Кліматичне виконання У1

Номінальна потужність, кВА обмотка ВН 25000

обмотка НН 25000

Номінальна частота, Гц 50

Схема і група з’єднання обмоток ……………….….Yn / Δ-Δ-11-11

Номінальне значення напруги, кВ

ВН 115

НН 11

Напруга КЗ (ВН-НН),% 10,5

Ступінь регулювання РПН в нейтралі ВН ± 9 × 1.78%

Випробувальна напруга повних грозових імпульсів лінійного затиску, кВ 480.

затиску нейтралі, кВ 200.

Випробувальна напруга однохвилинна 50 Гц лінійного затиску, кВ 200.

затиску нейтралі, кВ 100.

Вид системи охолодження ………………………………………….Д.

Коефіцієнт трансформації ТТ……………………..600-400-300-200/5А.

Високовольтні введення 110 кВ з RIP ізоляцією.

Зовнішня ізоляція категорії II.

Масса, кг 49200.

Габаритні розміри:

довжина (L) х ширина (B) х висота (H), мм…….5960 x 4300 x 5380

Повний термін служби, років 25.

Фундаменти для трансформатора прийняті із збірних залізобетонних плит НСП-35.15, встановлених на дорожні з/б плити 1П30.18-30, щебеневу та піщану основу. Бортові огородження оливоприймальної ями виконані збірні з/б плити ПН2-1. Для засипки МП-1, в частині оливоприймальної чаші, використовувати щебінь фракцією 40-70мм, товщиною шару не менше 250мм, відповідно до ПУЕ пункт 4.2.67.

Щоб запобігти занурення підстави поверхневими водами, навколо фундаменту і з боків котловану була нанесена грунтова вимощення з жирної подрібненої глини шириною 1 м. Для металоконструкцій, як антикорозійний захист, застосоване гаряче цинкування з товщиною шару до 100 мкм.

Для решітки МР-1, як антикорозійний захист, застосоване лакофарбове покриття БТ-177 по ґрунту ГФ-021.

# 3.4.Вибір та обґрунтування обмежувачів перенапруги

Для того щоб створити умови для безаварійної і тривалої експлуатації величезної кількості електрообладнання, використовуваного як в промисловій, так і в повсякденній діяльності, необхідно, перш за все, забезпечити безпечні способи доставки і стабільність електричних параметрів. Особливу небезпеку для споживачів електроенергії представляє короткочасне перевищення значення номінальної напруги в електричній мережі. В електротехніці це явище відоме як перенапруження. Як правило, причиною його симптомів є вплив гроз на лінії електропередачі або процес перемикання в електроустановках. Отриманий імпульс високої напруги може надовго вивести з ладу дороге обладнання та спричинити пожежу або вибух. Для захисту від виникаючих пікових значень напруги використовується спеціальний високовольтний пристрій - Обмежувач перенапруги, принцип дії і призначення якого будуть вивчені далі.

Тому встановлення розрядниківта обмежувачів перенапруг є дуже важливим засобом захисту електромережі та електрообладнання. Від імпульсних перенапруг захист об'єктів споруджують за традиційними правилами селективності прийнятими в електротехніці. На вводі розміщують найбільш потужний прилад, потім встановлюють обмежувач з меншою пропускною здатністю. Тому поділяють обмежувачі перенапруги на такі категорії [5]:

* група А (використовуються як захист об’єктів від надструмів, що викликані прямим потраплянням розряду блискавки в електромережу або попаданням в об’єкт, що розташовується біля ЛЕП);
* група В ( використовуються для захисту від імпульсних високих сплесків в межах 4 кВ);
* група С ( використовуються для направлення в заземлення струмів, що пройшли захист В, але не більше 2,5 кВ);
* група D (використовуються для захисту споживачів). Оберігають вони обладнання, стійкість ізоляції яких, не перевищує 1,5 кВ [5].

Збільшене покращення захисних характеристик розрядників можливо досягнути при відмовленні від використовування іскрових проміжків. Це обумовлене в обмежувачах перенапруг (ОПН) при застосуванні резисторів з різко нелінійної вольт-амперної характеристикою. Виконані на основі окису цинку варистори відповідають цим вимогам і застосовуються в обмежниках перенапруг.

Високонелінейние оксидно-цинкові варистори в даний час випускаються у вигляді дисків діаметрів 28 мм і висотою 8 мм. Розроблено також варистори збільшеного діаметру (45,60 і 85 мм) і, відповідно, більшою пропускною струмового здатності. ОПН комплектуються з великого числа послідовно і паралельно з'єднаних оксидно-цинкових варисторів.

Пропускна здатність обмежувачів перенапруг (ОПН) і перелік їх пошкодження залежатимуть від амплітуди і тривалості, через яких протікає струм. При імпульсах струму великої тривалості, характерних для комутаційних перенапруженні, спостерігається істотних нагрів ОПН, в результаті так впливів може відбуватися проплавлення в варисторах наскрізних отворів і їх руйнування при токах з амплітудою 80...120А. При короткочасних імпульсах струму, характерних для перенапруг, що відбулися через блискавку, варистори не руйнуються і навіть при впливі збільшених імпульсів з амплітудою 1000...1500А. Подальше збільшення струму може призводити до їх перекриттю по боковій поверхні, однак, струм перекриття може бути значно підвищений, якщо пофарбувати бічну поверхню варисторів спеціальним ізоляційним лаком або залити колонку варисторів полімерним компаундом.

Найбільша тривало допустима робоча напруга має дорівнювати або більшою виразу:

, (3.1)

де k – коефіцієнт тривало допустимої робочої напруги ОПН; Uнднм – найбільш тривала допустима робоча напруга в електричній мережі.

Обираємо ОПН згідно каталогу АВВ типу PEXLIM R108-YH145.

### 3.5. Вибір обмежувачів перенапруг за комутаційними перенапругами

Комутаційне електричне перенапруження виникає при підключенні до лінії без навантаження (спеціальної), в результаті чого через вплив електричної ємності на наявні в лінії котушки індуктивності і ємність накладаються демпфуючі коливання, а її робоча частота залежить від довжини самого проводу.

У цьому процесі, завдяки вибірковості присутньої електричного захисту, відключаються тільки певні ділянки лінії електропередачі, а інші є проводами, різниця потенціалів яких відновлюється після відключення безконтактного контакту при виниклому короткому замиканні, тому електричне відключення і різні короткі замикання також призводять до виникнення перемикає перенапруження.

Пристрій поздовжньої компенсації, що стоїть на лінії, призводить до підвищення перенапруг, що можуть досягати трикратної величини амплітуди електричної напруги самого живить цю лінію джерела.

* Вибраний ОПН перевіряють за даними фірми-виробника на залишкову напругу комутаційного імпульсу, має бути менша за допустиму залишкову напругу на ОПН за комутаційного імпульсу Uзалк (значення з каталогу) [5];

, (3.2)

де Uвипк – випробувальна напруга комутаційного імпульсу.

, (3.3)

де U1х – однохвилинна змінна випробувальна напруга (згідно ДСТУ IEC 60071-1:2009).

, (3.4)

(3.5)

Uзалк ОПН = 223 (значення з каталогу).

### 3.6.Перевірка здатності ОПН до поглинання (розсіювання) енергії комутаційних перенапруг

### Перевірити здатність ОПН до поглинання електричної енергії комутаційних перенапруг можна за формулою:

, (3.6)

де Uзалк ОПН – залишкова напруга на вибраному, кВ;

Uпн – амплітуда перенапруги, кВ;

Тпн – тривалість проходження хвилі перенапруги по ПЛ;

Z – хвильовий опір лінії електропередачі, Ом.

, (3.7)

де Lпл – довжина лінії електропередачі ПЛ; с – швидкість електромагнітної хвилі (швидкість світла) [5].

, (3.8)

де – kn коефіцієнт перенапруги.

,

,

.

Тоді повна енергоємність ОПН типу PEXLIM Р- 5,1кДж/кВ (номінальна напруга обмежувача перенапруги) буде складати:

,

.

### 3.7. Вибір ОПН за грозовими перенапругами

Блискавки мають величезну нищівну силу. Вони являють собою серйозну загрозу для життя та здоров'я людини та матеріальних цінностей. Середовище, що оточує людину, в міру наповнення електронними пристроями, стала надміру чутливою до впливу атмосферних розрядів.

Струм блискавки є електричним струмом високої частоти. Крім значних перенапруг, він має такий самий вплив на провідник, як і будь-який інший струм низької частоти.

– тепловий ефект: відбувається розплавлення в точках впливу та теплова дія струму призводять до пожежі;

– електродинамічний ефект: при циркуляції струмів у паралельних провідниках викликають сили тяжіння чи відштовхування між проводами, призводячи до розривів чи механічних деформацій (роздавлювання чи сплющування проводів).

Температура блискавки складає понад 20000°С, при ударі утворюється іскріння та нагрівання середовища навколо об’єкта до температури спалахування. При даному процесі пошкоджується і руйнується будівля.

Половина періоду стандартної мережевої частоти в 50 Гц складає 0,01 с, імпульс перенапруги блискавки виглядає голкоподібною на півхвилі, але при цьому струм імпульсу може досягати майже 200 кА (випадок S1 та S3) [24].

На рис. 3.4. зображено приклади імпульсів перенапруг.

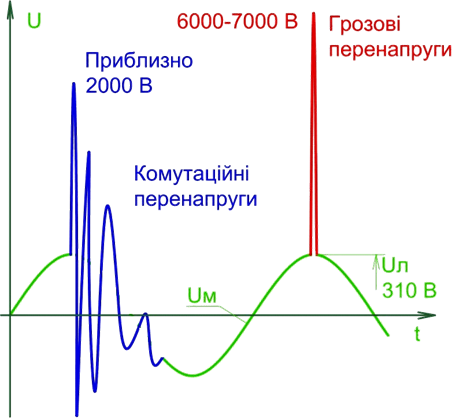


Рисунок 3.4. Приклади імпульсів перенапруг

Комутаційні перенапруги досягають амплітуди майже 2 тис. вольт, протяжністю до двох періодів промислової частоти й мають вигляд високочастотного сигналу [24].

Вибраний за даними фірми-виробника ОПН відповідної амплітуди струму за імпульсу струму 8…20 мкс повинен бути менше чи дорівнювати Uзагл, де Uзагл – допустима залишкова напруга на ОПН за грозового імпульсу; Uзагл ОПН – залишкова напруга на ОПН за грозового імпульсу (каталог фірми-виробника) [24].

, (3.9)

.

Розрахунки були проведені згідно вимог [25].

### 3.8. Вибір та обґрунтування обмежувача перенапруг типу PEXLIM R072-YN123

Призначений для захисту електротехнічного устаткування, повітряних і кабельних ліній від грозових і комутаційних перенапружень.

Максимальна тривалість режиму неповно фазного ввімкнення трансформатора становить десь 0,2 с, що за типовою вольт-часовою характеристикою ОПН відповідно з МЕК 600099-5 відповідає Т(t)=1,45 [5] .

Тоді для ОПН, який встановлюють у розщемлену нейтраль, тривало допустима напруга становитиме:

, (3.10)

Найбільша тривало допустима робоча напруга ОПН має бути більшою або дорівнювати виразу:

, (3.11)

.

### 3.9. Вибір обмежувачів перенапруг за грозовими перенапругами

Вибір ОПН за грозовими перенапругами базується на перевірці залишкової напруги на обмежувачах перенапруг у випадку виникнення грозової перенапруги. Залишкова напруга на ОПН Uзагл при розрахунковому за грозового імпульсу не має бути більше 90% від допустимої розрахункової залишкової напруги на РВ за грозового імпульсу [5]:

, (3.12)

.

Допустиму залишкову напругу на РВ за грозового імпульсу, визначають з нормованих згідно з ДСТУ IEC 60071-1:2009 випробувальних напруг грозового імпульсу для ізоляції нейтралі силового трансформатора виходячи із співвідношення:

, (3.13)

.

### 3.10. Вибір та обґрунтування обмежувача перенапруг типу MWK-41

MWK – обмежувач перенапруження (рис. 3.5) на базі метало оксидних варисторів без іскрових проміжків, залитих в полімерному корпусі [5, 14], розроблених і таких, що проходять випробування відповідно до вимог стандарту МЕК 60099-4. Відповідає ANSI/IEEE C62.11. Цей ОПН застосовується для захисту мереж середньої напруги від перенапружень, що виникають в результаті грозової активності і комутацій в мережі.



Рис. 3.5. Загальний вигляд MWK-41

Найбільша тривало-допустима робоча напруга ОПН має бути більшою або дорівнювати виразу:

, (3.14)

де k – коефіцієнт тривало допустимої робочої напруги ОПН (1,25);

Uнрм – тривало допустима найбільша робоча напруга в електричній мережі (41 кВт).

.

Знаходимо ОПН згідно каталогу АВВ типу MWK-41.

### 3.11. Вибір обмежувачів перенапруг за комутаційними перенапругами зі сторони 110кВ

Вибраний ОПН перевіряють залишкову напругу комутаційного імпульсу за даними виробника [24].

Залишкова напруга ОПН Uзалк ОПН повинна бути меншою допустимої залишкової напруги на ОПН за комутаційного імпульсу Uзалк (значення з каталогу) [24]:

, (3.15)

.

де Uвипк **–** випробувальна напруга комутаційного імпульсу.

.

де U 1хв – однохвилинна змінна випробувальна напруга (ДСТУ IEC 60071-1:2009).

.

Uзалк ОПН = 106,6 кВ (значення з каталогу).

### 3.12. Перевірка здатності ОПН до поглинання (розсіювання) енергії комутаційних перенапруг

, (3.16)

де Uзалк ОПН – залишкова напруга, кВ; Uпн – амплітуда перенапруги, кВ; Тпн – тривалість проходження хвилі перенапруги по ПЛ; Z – хвильовий опір ПЛ, Ом [24].

, (3.17)

де Lпл– довжина повітряної лінії; с – швидкість електромагнітної хвилі (с=300000км/с) [5, 24].

, (3.18)

де – kn коефіцієнт перенапруги.

, (3.19)

.

;

;

;

.

Отже, розрахунок повної енергоємності ОПН типу MWK-41 – 3,4 кДж/кВ ( номінальна напруга обмежувача перенапруги) буде складати:

,

.

### *Вибір ОПН за грозовими перенапругами*

Вибраний за даними виробника ОПН для відповідного струму за імпульсу струму 8…20 мкс повинен бути менше чи дорівнювати Uзалг, де Uзалг – допустима залишкова напруга на ОПН за грозового імпульсу; UзалгОПН – залишкова напруга на ОПН за грозового імпульсу (каталог фірми-виробника) [5, 24].

, (3.20)

.

Залишкова напруга на ОПН менше ніж розрахункове значення.

### *Вибір та обґрунтування обмежувача перенапруг типу MWK-12*

Визначення найбільшої тривало-допустимої робочої напруги Uнро обмежувачів перенапруг полягає в тому, що найбільша тривало-допустима робоча напруга ОПН має бути більшою або дорівнювати виразу:

, (3.21)

,

.

ОПН відповідно до каталогу АВВ типу MWK-12.

### *Вибір обмежувачів перенапруги за комутаційними напругами зі сторони 10кВ*

Залишкова напруга ОПН Uзалк ОПН має бути меншою за залишкову напругу на ОПН для комутаційного імпульсу Uзалк (значення з каталогу) [5, 24]:

, (3.22)

, (3.23)

де Uвипк **–** випробувальна напруга комутаційного імпульсу.

, (3.24)

де U1хв– однохвилинна змінна випробувальна напруга (згідно  ДСТУ IEC 60071-1:2009).

.

Uзалк ОПН = 31,2 кВ [19].

***Загальна технічна характеристика вакуумних вимикачів серії ВР***

Вакуумні вимикачі серії ВР працюють в нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частоти 50 Гц з оптимальною напругою 10 кВ в систем з ізольованою і частково заземленою нейтраллю [5, 24, 25].

Осердя 17 втягується котушкою ввімкнення електромагніту і вмикає вставку 12. Вставка 12 в свою чергу, здійснює поворот проміжного валу 11, який через тягу 10 повертає основний вал 8 вимикача.

Водночас з основним валом 8 змінює свій рух вверх ізоляційна тяга 6 і контакти ВДК замикаються. Осердя 17 та ізоляційна тяга 6 продовжують рухатись вверх і пружинами підтискання 5 затискають контакти ВДК. При досягненні свого положення осердя 17 замикаєконтур ввімкнення постійного магніту 14 (“магнітна защіпка”), при цьому забезпечуючи утримання контактів ВДК у ввімкненому положенні. Котушка ввімкнення 13 знеструмлюється та відбувається вимкнення вимикача [26].



Рис. 3.6. Конструкція вимикача серії ВР- 10Принцип роботи.

При надходженні команди “Вимк” електричний струм від блоку управління проходить по котушці вимкнення 15, створює електромагнітне поле в контурі вимкнення електромагніта більше, ніж поле, що створюється в контурі постійними магнітами 14. Завдяки електромагнітному полю осердя 17 рухається в напрямку вставки вимкнення і приводить в рух вал 8 з допомогою валу 11 і тягу 10 [26].

Ручне вимкнення вимикача.

Конструкцією вимикача передбачено можливість ручного вимкнення. Ручне вимкнення здійснюється спеціальною ручкою, на якій розміщена пружина ручного вимкнення. Після переведення в інше положення ручки вимкнення з валом ручного вимкнення 16 необхідно повернути ручку проти годинникової стрілки до вимкнення вимикача (не більше 180°). При даному розміщенні відбудеться встановлення на валу ручного вимкнення 16 кулачків, які діють на шайбу штока вимкнення 18, а це в свою чергу приведе в рух осердя 17 електромагніту із ввімкненого положення у вимкнене [20, 26].

В основу проєктування нової серії вимикачів ВР було закладено такі принципи: проста кінематична схема; висока надійність; високі норми якості; надзвичайно високий ресурс; відсутність необхідності обслуговування; нова технологія вузлового складання, де кожен вузол (полюс, електромагніт, плати управління, рама, вал) перед складання вимикача проходить свою максимально комп'ютеризовану серію тестів. Всього кожен апарат проходить приблизно біля 40 різних тестів під час виготовлення; цілісність виробу (всі робочі елементи управління повинні бути вбудовані у раму вимикача).

Ці апарати повністю відповідають головним вимогам експлуатації – надійність та мінімальні експлуатаційні витрати. Основні параметри вимикачів:

• механічний ресурс до 100 000 циклів ВО (олійних 2000-3000 циклів ВО, елегазових - 5000 -10 000 циклів ВО);

• комутаційний ресурс – до 100 відключень струму КЗ (масляних – 7 відключень, елегазових – 15-25 відключень);

• гарантійний термін експлуатації 4 роки (олійних, елегазових – 1 рік);

• відсутність потреби в обслуговуванні (мастил, регулювань і т.д.).

Конструктивне виконання вимикача базується на використанні електромагнітного привода з “магнітною защіпкою”. Даний привід механічно пов’язаний з полюсами вимикача через тягу і основний вал. Через “магнітну защіпку” привід надійно зафіксовує вимикач в крайніх положеннях “Ввімкнено” і “Вимкнено” [26].

Характеризуючи конструктивні особливості вимикачів серії ВР, слід докладніше зупинитися на особливостях основних вузлів – полюса, електромагніту та плат управління (рис. 3.6).

Полюс. Вакуумні дугогасні камери, що не обслуговуються, вкладені в епоксидний корпус за спеціально освоєною на ВАТ РЗВА технології. Це дозволило захистити комутаційний елемент від небажаних зовнішніх впливів.

Оригінальна конструкція ізоляції полюсів забезпечує оптимальне розподілення електричного поля, при якій відстань між полюсами і до заземлених частин конструкції вимикачів та розподільчих пристроїв може бути оптімальною. Епоксидний корпус полюсів перешкоджає накопиченню пилу на його ізоляційній поверхні. У полюсах встановлені вакуумні дугогасильні камери останнього покоління з максимальним комутаційним ресурсом та мінімальним струмом зрізу близько 3,5 А. Тарілчасті пружини піджатті та вбудовані в ізоляційну тягу.

Новий функціональний електромагніт. Наслідуючи всі необхідні характеристики вакуумних дугогасних камер оптимальним рішенням в частині приводу був обраний двопозиційний електромагніт, тобто, електромагніт з двома так званими "магнітними засувками" в обох крайніх положення вимикача.

В електромагніті застосовані постійні магніти на основі рідкісноземельних металів високої питомої енергоємності та коерцитивної сили, дозволили забезпечити необхідні тимчасові та силові характеристики для вакуумних комутаційних апаратів. Крім того, в електромагніті вдалося забезпечити всі необхідні операційні механічні функції:

• забезпечити надійне та стабільне включення з нормованими параметрами;

• забезпечити надійне та стабільне відключення з необхідними параметрами, це дозволило вперше скасувати елемент для всіх вимикачів - пружину, що відключає, і тим самим значно знизити енергоємність приводу та підвищити його надійність;

• надійно фіксувати вимикач за допомогою "магнітної клямки" у крайніх положеннях "Відключено" та "Включено";

• забезпечити ручне нормоване вимкнення.

Багатофункціональність електромагнітного приводу та простота його конструкції дозволила різко збільшити ресурс та надійність вимикачів. Крім того, це дало такі переваги:

• мінімальне споживання електроенергії при включенні та відключенні;

• управління як по ланцюгах оперативного постійного, так і оперативного змінного струму;

• оптимальні габарити та вага ;

• відсутність буферів та регулювань;

• відсутність необхідності проведення ремонтів протягом усього терміну служби [26].

У двопозиційному електромагніті якір, що переміщається, утримується магнітними ланцюгами двох магнітів у крайніх положеннях. Переміщення якоря здійснюється двома котушками і починається, коли тягове зусилля котушки, що збуджується, перевершить зусилля магнітної клямки.

Плати керування. Усі плати управління вакуумних вимикачів серії ВР розміщені у корпусі вимикача. У цьому управління здійснюється, як змінним, випрямленим, і постійним оперативним струмом. Застосування нових електронних елементів гарантує надійність роботи схеми. Вимикачі можуть бути виготовлені по 8-ми важливим електричним схемам залежно від застосування вимикача.

**3.13. Загальні технічні характеристики заземлюючих установок серії ЗОН-110М-I**

Заземлювачі зовнішньої установки ЗОН-110М-I УХЛ1, ЗОН-110М-II УХЛ1, ЗОН-110Б-I УXЛ1, ЗОН-110Б-II УХЛ1, ЗОН- 110 - I T1, ЗОН- 110 – II Т1 призначені для заземлення нейтралей силових трансформаторів що не мають захисту від замикань на землю.

По конструкції заземлювачі ЗОН- 110 рубаючого типу. Заземлювач ЗОН- 110 складається з основи, ізоляційної колонки, нерухомого контакту і ножа заземлення. Основа є куточком і призначена для установки заземлювача. Ізоляційна колонка кріпиться на верхній частині якої встановлюється нерухомий контакт. Заземлюючий ніж виконаний з алюмінієвої труби, сполученої через пластину з валом.



Рис. 3.7. Зовнішній вигляд установки ЗОН-110М-I

***Будова заземлювачів ЗОН- 110 та правила використання***

При оперуванні ніж, на кінці якого є роз’ємний контакт, урубується в нерухомий контакт. Контактний тиск в роз’ємному контакті забезпечується пружиною.

Приводи заземлювачів ЗОН-110 кВ. Заземлювачі ЗОН-110 кВ приводяться в дію ручними приводами: ПР-01-2 УХЛ1або ПРГ-00-2-УЧЛ1-П

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики заземлювачів ЗОН- 110

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ПАРАМЕТРИ | Одиниця виміру | ЗОН-110М- I УХЛ1 ЗОН-110М- II УХЛ1 | ЗОН-110Б-I УХЛ1  ЗОН-110Б-II УХЛ1 |
| Оптимальна напруга | кВ | 110 | 110 |
| Максимальна робоча напруга | кВ | 126 | 126 |
| Оптимальний струм струм | А | 400 | 400 |
| Струм електродинамічної стійкості | кА | 16 | 16 |

Продовження таблиці 3.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ПАРАМЕТРИ | Одиниця виміру | ЗОН-110М- I УХЛ1 ЗОН-110М- II УХЛ1 | ЗОН-110Б-I УХЛ1  ЗОН-110Б-II УХЛ1 |
| Струм термічної стійкості | кА | 6,3 | 6,3 |
| Маса | кг | 85  56 | 94  64 |
| довжина | мм | 475  445 | 475  445 |
| ширина | мм | 220 | 220 |
| Висота | мм | 1415  1106 | 1415  1106 |

# 3.14.Вентильні розрядники серії РВС

Вентильні розрядники серії РВС на напругу 15-220 кВ випускаються з 1947 р. Вони містять іскрові проміжки з послідовних нелінійних резисторів, але паралельно іскровим проміжкам під’єднуються шунтуючі резистори.

Це пов’язано з тим, що зі збільшенням номінальної напруги у розрядників збільшується кількість одиничних іскрових проміжків.

Електродами кожного одиничного іскрового проміжку є конденсатор невеликої ємності , а отже, увесь іскровий проміжок розрядника складається з послідовно включених ємностей які утворюються між кожним електродом одиничного проміжку і землею.



Рис. 3.8 . Вентильний розрядники типу РВС- 15

Розміщення внутрішніх деталей вентильного розрядника типу РВС- 15 у фарфоровій покришці 3 зображено на рис. 4.8. Блоки іскрових проміжків 5 розташовані як у верхній, так і в нижній частинах розрядника, а вилитові диски 4 розміщені в середині між блоками іскрових проміжків.

Таке розміщення іскрових проміжків знижує коефіцієнт імпульсу розрядника. Для отримання надійного контакту між блоками іскрових проміжків і вилитовими дисками вони стискаються пружинами 6. Стискаючі пружини шунтуються мідними стрічками, що знижує їх індуктивний опір.

Іскровий проміжок розрядника, таким чином, в електричному відношенні є ємнісною схемою (рис. 3.9).

Напруга, прикладена до такої схеми, розподіляється нерівномірно (приблизно так само, як по гірлянді ізоляторів). На перших іскрових проміжках, вважаючи від дроту, що приєднує розрядник, буде більша напруга, ніж на проміжках, віддалених від дроту. Такий характер розподілу напруги має місце у усіх багатократних іскрових проміжків, але при малому їх числі нерівномірністю розподілу напруги можна нехтувати. Для рівномірного розподілу напруги промислової частоти по іскрових проміжках розрядники серії РВС забезпечуються шунтуючими резисторами Rm, кожен з яких приєднується паралельно чотирьом одиничним проміжкам, що утворюють блок іскрових проміжків.

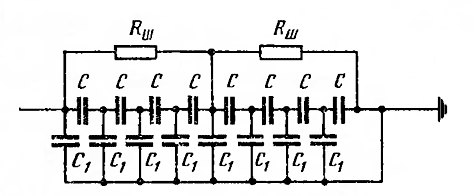


Рисунок 3.9. Електрична схема багатократного іскрового проміжку вентильного розрядника.

Rш – шунтуючі резистори іскрових проміжків. Величина опорів шунтуючих резисторів вибирається такій, щоб струм промислової частоти, що проходить через них, був у декілька разів більше струму, що проходить через місткості схеми. В цьому випадку розподіл напруги по одиничних іскрових проміжках визначатиметься величиною активних опорів шунтуючих резисторів.

При додатку до розрядника імпульсної напруги ємнісні опори сильно знижуються і струм, що проходить через місткості, виявляється більше струму, що проходить через активні шунтуючі опори. Розподіл напруги по іскрових проміжках (місткостям) стає нерівномірним, що призводить до їх каскадного пробою: спочатку пробивається проміжок, розташований ближче до дроту, потім другий від дроту, третій і т. д.

Оскільки для каскадного пробою потрібно меншу напругу, ніж для одночасного пробою усіх проміжків, то коефіцієнт імпульсу іскрових проміжків знижується і вольт-секундна характеристика стає більш пологою (коефіцієнт імпульсу дорівнює відношенню пробивної напруги при імпульсі і 50 Гц).

Для вирівнювання розподілу імпульсної напруги по іскрових проміжках вентильні розрядники напругою 110 кВ і вище забезпечуються екрануючими металевими кільцями, що прикріплюються до голівки розрядника. Дія екрануючих кілець на розрядниках аналогічно дії захисної арматури на гірляндах ізоляторів [18].

# 3.15. Техніка безпеки при роботі з пристроями ТП 110/10 кВт в системі електропостачання м. Житомир

Забороняється розривати кола ввімкненні до вторинної обмотки трансформаторів струму. Вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою встановленою до передбачуваного місця розриву. При встановлення перемикачів слід застосовувати інструмент з ізоляційними ручками [27].

Вході роботи на трансформаторах струму або в колах, приєднаних до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки [27]:

* + - затискачі вторинних обмоток повинні бути замкненні на коротко до закінчення моменту вторинних кіл.
    - після приєднання змонтованих кіл до трансформаторів струму, закоротку слід перенести на найближчу збірку затискачів і знімати лише після повного закінчення монтажу та перевірки обладнання, правильності приєднання змонтованих кіл.
    - під час перевірки полярності до подання струму в первинну обмотку прилади і реле слід приєднати до вторинної обмотки.
    - шини первинних обмоток забороняються використовувати як струмопровідні частини під час зварювальних робіт і монтажних робіт. Робота з пристроями РЗА проводиться за монтажними схемами слюсарно-монтажним інструментом з ізольованими ручками.

Під час перевірки кіл керування сигналізації і захисту за необхідності в приміщеннях електроустановок напругою понад 1 кВ дозволяється залишатись члену бригади з групою ІІІ для проведення робіт.

Під час робіт в колах трансформаторів напруги під напругою від шншого джерела необхідно відключити запобіжники з високої і низької напруги, а також від’єднати автоматичні вимикачі від вторинної обмотки.

У разі необхідності проведення будь-яких робіт в колах або на апаратурі РЗА при ввімкненому основному обладнанні слід вжити додаткових заходів для запобігання його випадковому виникненню.

Забороняється проводити роботи на панелях або на місцях близьких до релейної апаратури, якщо при цьому може виникнути сильний струм релейної апаратури, що може спричинити помилкову дію реле. Будь-які роботи в колах РЗА проводять лише оперативні працівники.

Технічні рішення конструкцій та обладнання прийняті і розроблені згідно до діючих правил та норм, включаючи правила пожежної, вибухобезпечної, інструкцій та ДСТУ [28-34].

# 3.16.Захист від грозових перенапруг. Розрахунок грозозахисту

Атмосферні перенапруги – одна із основних причин пошкоджень і аварійних відключень електричних установок. Це пояснюється значною протяжністю і малим екрануванням повітряних ліній, а також використанням РП відкритого типу.

Для захисту від прямих ударів блискавки слугують блискавковідводи.

Блискавкоприймач здебільшого являє собою стальний стержень, трубу або кутникову сталь переріз якої складає 100мм2. Стержень повинен вбудований не менш як 15 см і не більш як на 2м вище стояка. Струмопровід виконують стальною стрічкою перерізом 25-30мм2 або дротом діаметром не менше 6мм. Заземлення роблять з кутникової сталлі, труби, дротів, стрічкою або листом заліза на відстані не менше 0,5-0,8м від фундаменту будівель, а біля тваринницьких приміщень – не менше 4,5м від стін [30, 31].

Радіус захисту rx, одинарного стержневого блискавковідводу висотою менше 30 м. визначають по формулі:

*rx* = 1,6h∙*((h – hx)/(h + hx);*  (3.25)

де *h* – повна висота блискавковідводу; *hx* – висота затісного об’єкта.

Щоб вибрати стержневий блискавковідвід для захисту від прямих ударів блискавки трансформаторної РП напругою 110/10 кВ із трансформаторами потужністю по 40000 кВА.

Блискавкозахист встановлюємо на кінцевій опорі ВЛ 35 кВ. На відстані 9 м від кінцевої опори розміщений портал із електрообладнанням висотою 5м, на відстані 17м – РУ 10 кВ висотою 4м.

Визначаємо висоту h блискавкопроводу при гх = 17м, hx = 4м.

17 – l,6*h*{(*h* – 4)/(*h* + 4)}, (3.26)

звідки:

17*h* + 68 = 1,6 *h2* – 6,4 h; (3.27)

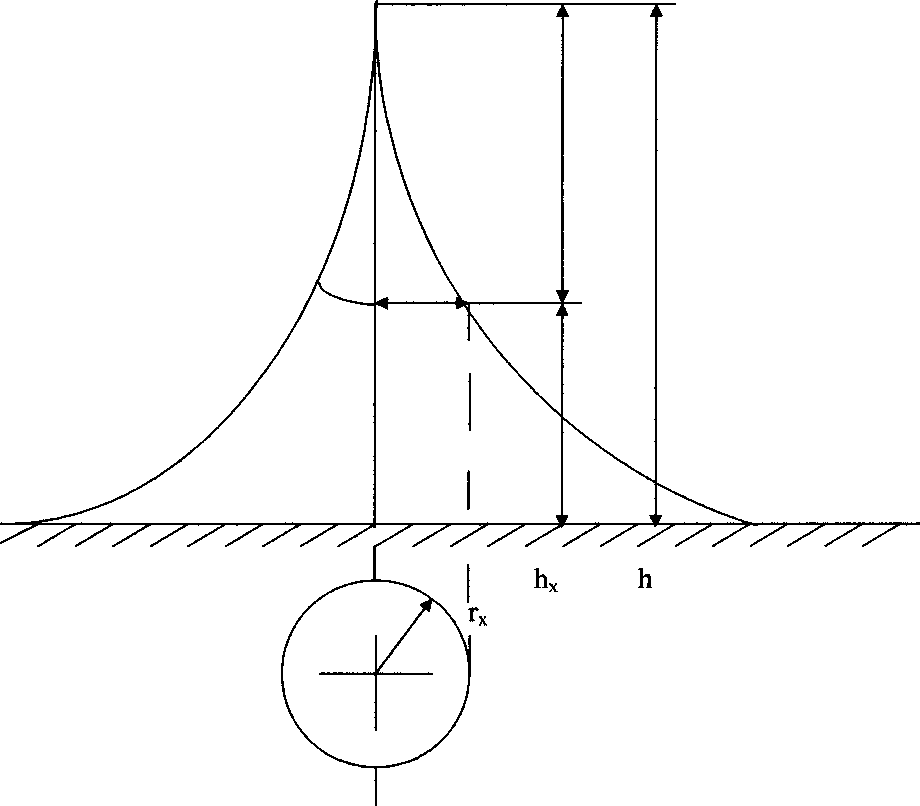
1,6 *h2* – 32,4 h – 68 = 0;

*h* = {23,4 ± √(23,42+432)} /3,2 = (23,4 ± 31,4)/3,2 = 17,2 м.

Радіус захисту при висоті об’єкта (*hx* = 5м) дорівнює:

*rх*= 1,6·17,2· {( 17,2-5)7(17,2+5)}= 15 м.

Звідси слідує, що портал їх електрообладнанням, який знаходиться на відстані 9 м. від блискавкозахисту висотою 17,2 м., також входитиме в зону його захисту [30, 31].



3.10. Захисна зона одинарного стержневого блискавковідводу

### 3.17.Висновки до розділу 3

Вибрано та математично доведено правильність проведеної роботи з реконструкції РП 110/10 кВ м. Житомир. Приведено стислі технічні характеристики деякого обладнання до модернізації та після – для їх порівняння з подальшим обґрунтуванням до використання.

З метою захисту населення від впливу електричного поля ВЛ, необхідно встановити санітарно-захисні зони, де напруженість електричного поля перевищує 1 кВ/м. Також необхідно вжити заходи щоб знизити радіоперешкоди до потрібного рівня. Якщо напруженість електричного поля перевищує граничнодопустимі рівні, тоді необхідно вжити заходи щоб їх знизити.

# ВИСНОВКИ

В роботі подано характеристику об’єкта модернізації – електропостачання групи населених пунктів від РП 110/10/10 кВ “Житомир”.

Нове обладнання по реконструкції РП 110/10 кВт м. Житомир в повній мірі відповідає сучасним вимогам в області енергозбереження. В роботі передбачена заміна морально застарілого і фізично зношеного високовольтного устаткування 110/10 кВ.

Запропонована модернізація РП110/10 кВ м. Житомира в системі електропостачання з цілю підвищення надійності системи електропостачання (СЕП) та унеможливити аварійне знеструмлення для споживачів і збільшити трансформаторну потужність до 40 МВА.

Розроблено рекомендації по обслуговуванню та експлуатації електрообладнання РП 110/10 кВ. Було запропоновано замінити силовий трансформатор 1Т типу ТРДН-25000/110 на новий трансформатор типу ТРДН-25000/110-У1 виробництво «Запоріжтрансформатор» та провести реконструкцію ВРУ-110 кВ (наявна схема ВРУ-110 кВ замінюється на типову схему «два блоки лінія», а також розрядник нейтралі 1Т.

Для підвищення техніко-економічних характеристик, в тому числі збільшення технічного ресурсу РП 110/10, яка знаходяться в експлуатації двадцять і більше років один вірний шлях – це модернізація існуючих та закупка аналогів складових станції.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 415 с.
2. Василець С. В., та інші. Техніка високих напруг: навчальний посібник [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2018. 187 с.
3. Воронкова Т. Б. Електротехніка у будівництві: Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2009. 363 с.
4. [Довідник електрика](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%81%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0) / За редакцією кандидата технічних наук В. С. Олійника. – 3-тє видання, перероблене і доповнене. Київ, Вид-во «Урожай», 1989. 264 с.
5. [Правила улаштування електроустановок](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%83%D0%BB%D0%B0%D1%88%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BA). Четверте видання, перероблене й доповнене. Харків: Вид-во «Форт», 2011. 736 с.
6. Войцицький А.П., та інші. Технічні засоби обліку витрат енергоносіїв: навч. посібник / А.П. Войциький, Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 160 с.
7. Нездвецька І.В., Цивенкова Н.М., Коваленко О.П., Голубенко А.А. Якість енергоресурсів та енергоносіїв: навч. посібник / А.П. Войцицький та ін. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. 219 с.
8. Кулаков О. В., Росоха В. О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках: підручник. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2012.
9. М. О. Шульга, І. Л. Деркач, О. О. Алексахін. Інженерне обладнання населених місць: Підручник. Харків: ХНАМГ, 2007. 259 с.
10. Ачкасов А. Є., Лушкін В. А., Охріменко В. М., Кузнецов А. І., Чернявська ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 1995. 65 с.
11. Посібник з вивчення Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж. К.: АсЕл Енерго, 2004.
12. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила улаштування електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001.
13. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 1995. — 65 с.
14. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила улаштування електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001.
15. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд.
16. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IEС 62305:2006, NEQ).
17. Електричне обладнання станцій та РП : навчальний посібник / Лесько В. О., Нетребський В. В., Малогулко Ю. В. Вінниця : ВНТУ, 2018. 121 с.
18. Техніка і електрофізика високих напруг : навч. посібник / Бржезицький В. О. та ін. ; за ред. В. О. Бржезицького та В. М. Михайлова. Харків : НТУ «ХПІ». Торнадо, 2005. 930 с.
19. Єрмілова Н.В. Навчальний посібник з дисципліни "Електротехніка та електропостачання" для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». Полтава: ПолтНТУ, 2019. 177 с.
20. Електрична частина станцій і РП: Навч. посібник / А.О.Омельчук. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. 479 с.
21. Сірий О.М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств .Навч. посіб. для студ. електр. спец./ О.М.Сірий, В.Є. Шестеренко. К.: ІСДО України, 1993. 589 с.
22. Омельчук А.О. Енергозберігаючі режими в системах електропостачання: навч. посібник /А.О.Омельчук. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 257 с.
23. <https://www.ztoek.com.ua/>
24. Іванова, В.О. Модернізація електричної частини РП 110/10 кВ [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.О. Іванова; наук. керівник В.В. Волохін. – Суми: СумДУ, 2021. - 78 с.
25. СОУ-НЕЕ 40.12- 00100227-47:2011 «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 110- 750кВ. Інструкція щодо вибору та застосування».
26. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/143663/26-Melnick.pdf?sequence=1>
27. <http://nmcpz.ho.ua/document/biblio/pbeep.pdf>
28. ГКД 341.004.001-94 «Норми технологічного проектування РП змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ».
29. СОУ-НЕЕ 20.178:2008 «схеми принципові електричні розподільчих установок напругою 6 кВ до 750 кВ електричних РП».
30. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».
31. ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».
32. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги;
33. (ГОСТ 12.1.013-78, MOD)» https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\_doc=25040 ДСТУ Б В.2.6-154:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірномонолітні конструкції. Правила проектування».