**Владислав Босенко, Олександр Мейта**

**(Київ, Україна)**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ**

Сучасні трансформаторні підстанції є невід'ємною складовою електроенергетичної інфраструктури, що забезпечує ефективну передачу та розподіл електроенергії для споживачів. Проте, зростання вимог до стійкості, ефективності та екологічності систем електропостачання ставить перед нами завдання по пошуку нових технологій та стратегій модернізації.

**Мета роботи.** Аналіз шляхів удосконалення трансформаторної підстанції та оцінка ефективності модернізації.

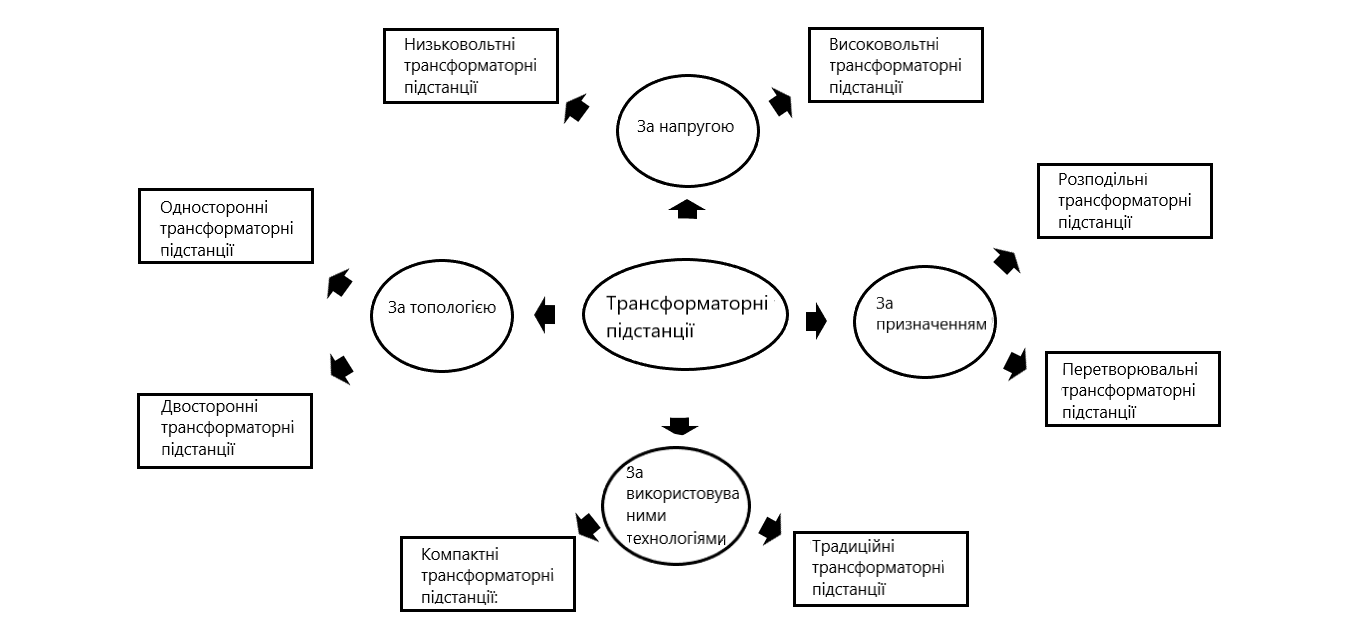
**Аналіз останніх досліджень.**

В сучасних енергетичних комплексах трансформаторні підстанції відіграють важливу роль у забезпеченні безперебійного та надійного електропостачання. За своїм призначенням та конструктивними особливостями ТП можуть бути класифіковані наступним чином (Рис. 1) [1]

Незалежно від типу та призначення для старих моделей ТП необхідно проводити модернізацію з метою підвищення продуктивність, безпеку і ефективність. Останні розробки дають можливість оптимізувати процеси трансформації та передачі енергії, що дає змогу зменшити енерговитрати і загалом підвищує всю ефективність системи. Серед можливих шляхів модернізації варто виділити заміну окремих елементів та вузлів, заміну трансформаторного мастила, впровадження систем моніторингу та інтелектуального керування.

Трансформатори які знаходяться в експлуатації протягом тривалого часу втрачають свою надійність і часто можуть стати причиною аварій. Таким чином, за допомогою модернізації, в старих трансформаторах заміняють старі компоненти на більш нові, які є надійніше та безпечніші, впроваджують системи моніторингу і діагностики стану всю обладнання. Ці зміни дають змогу зменшити ризик аварійних ситуацій на 15-20%.[2]

Рисунок 1 – Класифікація трансформаторних підстанцій



Також з часом змінюються екологічні вимоги стосовно викидів та ефективності використання енергії і обладнання потребує модернізації, щоб відповідати високим стандартам. Для прикладу можна використати заміну звичайної трансформаторної оливи на біорозкладну, що зменшить ризик забруднення ґрунту та води, використання вторинних та відновлювальних матеріалів, рециклінгтрансформаторів.[3]

Ще однією з модернізацій може бути застосування інтелектуальних систем керування, що дозволяє прогнозувати навантаження і керувати енергоефективністю. Це сприяє підвищенню загальної продуктивності енергосистеми і зниженню витрат на утримання.

Наприклад, інтелектуальні системи можуть аналізувати дані про споживання енергії в реальному часі та використовувати їх для прогнозування майбутніх навантажень. Це дозволяє енергетичним компаніям адаптувати виробництво енергії до попиту, уникнути перевантажень та забезпечити стабільну роботу системи.

Крім того, інтелектуальні системи керування можуть автоматично регулювати роботу обладнання та мережі для оптимізації їхньої енергоефективності. Наприклад, вони можуть визначати оптимальний час для запуску та вимкнення обладнання з урахуванням тарифів на електроенергію або прогнозувати енергоефективність різних режимів роботи.

Одним із ефективних способів модернізації ТП є використання регулятора напруги.[4] Регулятори напруги широко використовуються на підстанціях для підтримки стабільної вихідної напруги трансформатора. Це дозволяє покращити роботу техніки, продовжити термін служби обладнання та заощадити електроенергію гарантувати стабільну роботу електроприладу і відсутність перевантаження. Покращена продуктивність приладу - прилади, підключені до регулятора напруги, працюватимуть ефективніше, заощаджуючи енергію. Також збільшується термін служби обладнання - перепади напруги можуть негативно впливати на термін служби електроприладів та обладнання підстанції, а регулятори напруги допомагають запобігти цьому. Разом з цим відбувається зниження ризику аварій, адже перепади напруги можуть призвести до аварій на підстанції.

**Результати роботи.** Переваги використання стабілізаторів напруги на підстанціях це збереження стабільної напруги (навіть якщо вхідна напруга змінюється, регулятор напруги автоматично регулює вихідну напругу трансформатора відповідно до заданих параметрів) та економія електроенергії.

Регулятор напруги на трьохфазному трансформаторі змінного струму використовується для забезпечення стабільної вихідної напруги незалежно від змін вхідної напруги та навантаження. Основний принцип його роботи полягає в управлінні потоком енергії, що подається на обмотки трансформатора, з метою досягнення потрібної вихідної напруги.

Система регулятора складається з декількох ключових компонентів. Датчики напруги вимірюють вихідну напругу на трансформаторі. Ці дані порівнюються із напругою, яка може бути задана заздалегідь або змінюватися відповідно до потреб системи.

Якщо виміряна напруга не відповідає заданій, то система управління генерує сигнал керування. Цей сигнал, в свою чергу, використовується для керування силовими елементами, такими як тиристори або транзистори, які контролюють час, протягом якого енергія подається на обмотки трансформатора.

Зміна часу подачі енергії впливає на величину вихідної напруги, що досягається на виході трансформатора. Це дає змогу регулювати вихідну напругу для забезпечення стабільної роботи системи навіть при зміні вхідних параметрів, таких як напруга живлення та навантаження.

Процес регулювання постійно повторюється, забезпечуючи постійну контрольовану напругу на виході трансформатора відповідно до заданих параметрів. Такий підхід забезпечує надійну та ефективну роботу трьохфазного трансформатора в різних умовах експлуатації.

Як приклад, проведемо розрахунок економії енергії при використанні регулятора напруги.[5]

Трансформатор потужністю 10 МВА з номінальною напругою 10 кВ та номінальною частотою 50 Гц.

Напруга на вході трансформатора коливається від 220 В до 240 В.

Трансформатор працює 8760 годин на рік.

Розрахунок:

1. Середнє значення напруги на вході:

Vср = (Vmin + Vmax) / 2 = (220 + 240 ) / 2 = 230 В

де Vmax - Максимальне значення напруги на вході трансформатора[В];

Vср - Середнє значення напруги на вході трансформатора[В];

Vmin - Мінімальне значення напруги на вході трансформатора[В].

2. Різниця в напрузі:

де ΔV -Різниця в напрузі

3. Втрати енергії:



де I - номінальний струм трансформатора, [А];

T - час роботи трансформатора за рік, [год/рік].

Припустимо, що номінальний струм трансформатора I = 435 А.



4. Економія енергії:

ΔE = (ΔP T) / = (165761кВт·год/рік 8760 год/рік) / = 1452 кВт·год/рік



Отже використання регулятора напруги на цьому трансформаторі дозволить економити 1452кВт·год електроенергії на рік.

**Висновки.** Для підвищення продуктивності та надійності трансформаторних підстанцій доцільно проведення заходів модернізації, які полягають у заміні окремих елементів та вузлів, заміну трансформаторного мастила, впровадження систем моніторингу та інтелектуального керування.

Приведені в роботі розрахунки вказують на доцільність використання регуляторів напруги для модернізації трансформаторних підстанцій, оскільки їх застосування для трансформаторів потужністю 10 МВА може забезпечити до 1452кВт·год економії електроенергії на рік.

**Перелік посилань**

1.Василега, Петро Олександрович. "Електропостачання." (2019).

2. Виноградов, Владислав Алексеевич, and Александра Евгеньевна Фридрих. "Модернизация силових трансформаторов. "*Научные достижения и открытия современной молодёжи*. 2019.

3.Стулов, А. В., И. А. Трофимович, А. И. Тихонов. "Современные тенденции в проектировании силових трансформаторов. " *Состояние и перспективы развития электро-и теплотехнологии (XIX Бенардосовские чтения)*. 2017.

4.Рубаненко, Олександр Євгенійович, Олена Олександрівна Рубаненко. "Прогнозування ресурсу трансформаторів напруги." Техніка, енергетика, транспорт АПК2 (2016): 99-103.

5. "Електротехніка" / За ред. В.В. Петрова. - М.: Вища школа, 2018. - С. 456.