**Денис Спичак, Олександр Мейта**

**(Київ, Україна)**

**ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕСУВНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ**

У сучасному світі електроенергетика відіграє надзвичайно важливу роль у задоволенні потреб населення, промисловості та інших галузей економіки. Постійний розвиток суспільства та зростання енергопотреби ставлять перед енергетичними системами нові виклики, зокрема в гнучкості, мобільності та швидкості реагування на зміни.

У контексті цих викликів пересувні трансформаторні підстанції (ПТП) виявляються важливим інженерним рішенням. ПТП є портативними трансформаторними підстанціями, які забезпечують постачання електроенергії в тимчасових або віддалених місцях, а також в екстремальних умовах. Вони можуть бути використані під час ремонтних робіт, тимчасових будівництв, аварійних ситуацій та інших ситуацій, коли швидке та ефективне електропостачання є критичним.

Однак, розглядаючи проблематику пересувних трансформаторних підстанцій, важливо звернути увагу на ряд факторів. Серед них - оптимізація конструкції, вибір потужності та технічних характеристик, управління і контроль, надійність та безпека, енергоефективність та екологічні аспекти. Крім того, розвиток новітніх технологій та інноваційних рішень в галузі електроенергетики відкриває широкі можливості для покращення функціональності та продуктивності ПТП [1].

**Мета роботи.** Дослідити перспективи використання пересувних трансформаторних підстанцій та виявити основні напрямки удосконалень даного типу підстанцій.

**Аналіз останніх досліджень.** Перед пересувними трансформаторними підстанціями (ПТП) стоїть широкий спектр задач. Найбільш затребуваними вони є в таких галузях:

* Будівництво та ремонт: ПТП використовуються під час будівництва нових об'єктів або під час ремонтних робіт, де потрібне тимчасове електропостачання. Вони забезпечують надійне та стабільне електроживлення на будівельних майданчиках, допомагаючи забезпечити безперебійну роботу різних електроустаткувань та інструментів.
* Події та заходи на відкритому повітрі: ПТП можуть бути використані для забезпечення електропостачання на відкритих заходах, таких як фестивалі, концерти, спортивні змагання тощо. Вони забезпечують необхідну електроенергію для освітлення, звукового обладнання, роздаткових пунктів тощо.
* Надзвичайні ситуації та аварії: ПТП використовуються в разі надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи, повені, землетруси, стихійні лиха тощо. Вони допомагають відновити електропостачання у зруйнованих або пошкоджених районах, де стало неможливо використовувати постійні стаціонарні підстанції.
* Тимчасові споруди та переселення: У випадку будівництва тимчасових споруд, таких як будівельні контейнери, польові лікарні, виставкові стенди, ПТП можуть забезпечувати необхідне електроживлення. Вони також використовуються для тимчасового електропостачання під час переселення або евакуації людей [2].

Останні дослідження в сфері пересувних трансформаторних підстанцій орієнтовані на вдосконалення їх функціональності, надійності, енергоефективності та використання новітніх технологій. Деякі ключові напрями досліджень включають оптимізацію конструкції. Дослідження спрямовані на розробку більш компактних, легших та маневрених пересувних трансформаторних підстанцій. Це включає використання нових матеріалів, передових методів дизайну та виробництва для поліпшення мобільності та транспортабельності. Також дослідження включають розвиток пересувних трансформаторних підстанцій, які можуть бути живлені від сонячних батарей, вітрових турбін або інших відновлюваних джерел енергії. Це дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє сталому розвитку. Не менш важливим напрямком досліджень є автоматизація та управління. Дослідження спрямовані на використання автоматизованих систем керування та моніторингу, що дозволяють ефективно контролювати роботу пересувних трансформаторних підстанцій, виявляти несправності та забезпечувати швидку реакцію на аварійні ситуації [3].

Пересувні трансформаторні підстанції можуть стикатися з такими проблемами:

* Енергетична ефективність: Пересувні підстанції можуть мати меншу енергетичну ефективність порівняно зі стаціонарними підстанціями. Це може бути пов'язано зі збільшеною втратою енергії через трансформацію та перетворення електричної енергії, а також з необхідністю забезпечення мобільності та компактності системи.
* Безпека: Пересувні підстанції повинні відповідати вимогам безпеки та нормам електробезпеки. Це охоплює заходи для запобігання аваріям, ефективну систему заземлення, захист від короткого замикання та інші міри безпеки.
* Системи керування та моніторингу: У пересувних підстанціях важливо мати надійні системи керування та моніторингу для ефективного управління енергетичними процесами, виявлення несправностей, діагностики стану обладнання та його ремонту [4].

Для вирішення проблеми енергоефективності пересувних трансформаторних підстанцій варто використовувати високоефективні трансформатори, інвертори. Використання передових технологій, які мають кращі показники енергоефективності, може значно покращити продуктивність пересувної підстанції. Також важливим є використання ефективної ізоляції та заходів для зменшення втрат енергії. Покращена ізоляція устаткування та оптимізовані процеси передачі та розподілу електроенергії допоможуть знизити втрати та підвищити коефіцієнт корисної дії системи. Впровадження системи моніторингу та управління енергетичними процесами дозволяє оптимізувати використання енергії та забезпечити ефективне функціонування пересувної підстанції. Інтелектуальні системи керування, які аналізують дані та виконують оптимальні регулюючі дії, можуть сприяти зниженню витрат енергії та підвищенню продуктивності.

**Результати роботи.** Для покращення керування пересувною трансформаторною підстанцією напругою10/0,4 кВ та потужністю до 1000 кВА доцільно використання систем моніторингу та управління енергетичними процесами. Основними складовими такої системи є:

* Датчики та вимірювальні пристрої: Встановлення датчиків для збору даних про напругу, струм, температуру, вологість та інші параметри системи. Вимірювальні пристрої використовуються для точного вимірювання енергії, стану електричного устаткування та інших параметрів.
* Засоби збору та передачі даних: Використання систем збору даних, які можуть бути підключені до датчиків та інших пристроїв для отримання інформації про стан системи. Ці дані передаються на централізовану систему моніторингу та управління.
* Централізована система моніторингу та управління: Ця система отримує дані з датчиків та вимірювальних пристроїв і забезпечує їх аналіз, візуалізацію та інтерпретацію. Вона може включати програмне забезпечення та інтерфейси, які дозволяють операторам відстежувати режим роботи, виявляти аномалії та приймати рішення щодо управління системою.
* Віддалений доступ та керування: Деякі системи моніторингу та управління дозволяють здійснювати віддалений доступ та керування пересувною трансформаторною підстанцією. Це може бути корисним для діагностики, ремонту та управління системою без прямого присутності на місці.
* Алгоритми оптимізації та керування: Ці алгоритми використовують отримані дані для оптимального керування енергетичними процесами. Вони можуть включати стратегії енергозбереження, балансування навантаження, розподілу резерву та інші оптимізаційні методики.

До таких систем належать:

* SCADA-системи (Системи нагляду, контролю та збору даних): Ці системи дозволяють операторам моніторити та керувати енергетичними процесами з використанням графічного інтерфейсу. Вони надають доступ до даних з датчиків, аналізують ці дані та надають звіти та візуалізацію. SCADA-системи можуть мати можливість віддаленого доступу через мережу Інтернет.
* DMS (Системи управління дистрибуцією): Ці системи використовуються для керування електричними мережами, включаючи пересувні трансформаторні підстанції. Вони дозволяють моніторити стан електричної мережі, виявляти несправності та автоматично керувати режимами роботи. З використанням DMS може бути реалізований віддалений доступ та керування підстанцією через мережу.
* EMS (Системи управління енергетичними процесами): Ці системи використовуються для керування енергетичними процесами на рівні системи в цілому. Вони забезпечують моніторинг, прогнозування, оптимізацію та управління енергосистемою. EMS можуть мати можливість віддаленого доступу та керування до пересувних підстанцій.
* IoT (Інтернет речей) та хмарні платформи: Використання IoT-технологій та хмарних платформ може дозволити реалізувати віддалений доступ до керування пересувною підстанцією. Шляхом підключення пристроїв та датчиків до мережі Інтернет, дані можуть передаватися на хмарний сервер, де оператори можуть отримувати доступ та керувати підстанцією через веб-інтерфейс або спеціальне програмне забезпечення[3].

**Висновок.** Пересувні трансформаторні підстанції є важливою складовою сучасної енергетичної інфраструктури. Вони забезпечують переносну та гнучку дистрибуцію електроенергії в різних ситуаціях, включаючи ремонтні роботи, тимчасові встановлення та надзвичайні ситуації. Аналізуючи проблематику пересувних трансформаторних підстанцій, можна виділити кілька ключових шляхів удосконалення:

1. Розробка та використання більш компактних, легких та мобільних пересувних підстанцій дозволяє забезпечити швидку розгортку та перенесення підстанцій до необхідних місць. Використання новітніх технологій, таких як компактні трансформатори та інтегровані системи, допомагає знизити вагу та розміри підстанцій.

2. Використання високоякісного устаткування, ефективних систем охолодження та ізоляції допомагає забезпечити надійну роботу пересувних підстанцій. Додатково, регулярне технічне обслуговування, діагностика та моніторинг стану устаткування можуть допомогти виявити потенційні проблеми та запобігти аварійним ситуаціям.

3. Впровадження енергоефективних технологій та систем у пересувні трансформаторні підстанції може значно зменшити витрати енергії та покращити їх продуктивність. Використання високоефективних трансформаторів, систем регулювання напруги та оптимізаційних методик може сприяти зниженню енергетичних витрат та екологічному впливу.

Майбутнє використання пересувних трансформаторних підстанцій передбачає подальший розвиток технологій, що дозволить їх ефективніше використовувати. Застосування інноваційних матеріалів, автоматизованих систем управління та розвиток зеленої енергетики сприятимуть покращенню продуктивності, ефективності та сталому розвитку пересувних трансформаторних підстанцій.

**Перелік посилань:**

1. Електропостачання промислових об’єктів. Практикум: навчальний посібник / Людмила Валеріївна Давиденко, Наталія Володимирівна Коменда, Володимир Анатолійович Давиденко, Микола Миколайович Євсюк − Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022.− 244с.
2. «ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ» (частина 1). – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ваім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.
3. Маляренко В.А. Монтаж та експлуатація електротехнічного обладнання. Загальний курс: навчальний посібник – Харків: ХНАМГ, 2007. – 287с.
4. Kitcher Chris Practical Guideto Inspection, Testingand Certificationof Electrical Installations. – Routledge, 2008. –210 p.

**Науковийкерівник:**

кандидат технічних наук, МейтаОлександр Вячеславович.