двома лопатями є наступною за ефективністю конструкцією, але вони схильні до коливань, схожих на гіроскопічну прецесію.

Оскільки вітрогенератор завжди повинен бути спрямований проти вітру, лопаті повинні змінювати свій напрямок у вертикальній площині при зміні напрямку вітру. Це явище називається рисканням. У дволопатевій системі, коли лопаті знаходяться у вертикальному положенні (тобто на одній лінії з вежею та віссю обертання), опір рисканню дуже малий. Але коли два лопаті знаходяться в горизонтальному положенні, вони простягаються на більшу відстань від осі обертання і тому відчувають максимальний опір рисканню. В результаті рух рискання починається і зупиняється двічі за оберт, що призводить до навантаження на турбіну через вібрацію лопатей.

З іншого боку, турбіна з трьома лопатями має дуже мало вібрацій. Це відбувається тому, що коли одна лопать знаходиться в горизонтальному положенні, її опір силі рискання врівноважується двома іншими лопатями. Таким чином, трилопатева турбіна представляє найкраще поєднання високої швидкості обертання і мінімального навантаження.

УДК 621.311

Д.М. Білик, М.Л. Матвієшин, С.М. Бабюк, к.т.н.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

НАДІЙНІСТЬ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

D. Bilyk, M. Matviieshyn, S. Babiuk, Ph.D.

RELIABILITY OF DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS

Надійність розподільчих електричних мереж є ключовим фактором у Більшість електропередавальних мереж України припадає на розподільчі лінії з класами напруги 0,38-110 кВ. Основну частину цих мереж складають сільські системи, споживачами яких є аграрні підприємства, малі населені пункти, котеджні та садівничі господарства, розташовані за межами урбаністичних зон. Дані мережі формують основну частину інфраструктури електромережевого комплексу, є найбільш затратними в експлуатації та обслуговуванні, і мають найвищу концентрацію персоналу та проблемних зон [1].

Розвиток розподільчих мереж відбувався в період масштабної електрифікації господарства у 1950-60-х роках минулого століття [1]. Наразі більшість таких систем вичерпала свій експлуатаційний ресурс через фізичне зношення та моральне старіння, оскільки споруджувалися вони одночасно і нині синхронно потребують оновлення. Термін амортизації (25 років) вже давно минув [1]. Згідно з джерелами [2], хронічна нестача капітальних інвестицій упродовж останніх двох десятиліть зумовила значне фізичне (до 70%) та технологічне (до 50%) старіння магістральних і розподільчих мереж відповідно. Це негативно позначається на аварійності мереж та експлуатаційних параметрах [2].

Надійність функціонування розподільчих мереж є визначальною в поточних умовах, адже це здатність електроенергетичної системи (ЕЕС) виконувати свої функції за специфічних режимів експлуатації. Основні індикатори надійності включають:

Інтенсивність аварійних відмов електропостачання (річна кількість незапланованих інцидентів);

Середню тривалість порушень у постачанні;

Допустимі обмеження електропостачання за аварійними та технологічними сценаріями [3].

Повітряні розподільчі лінії (ПЛ), включаючи провідникові елементи, ізоляцію та опори, є найбільш уразливими компонентами розподільчої інфраструктури. Вихід з ладу будь-якого компонента може спричинити системні порушення [1]. Аналіз аварійності ПЛ 10-110 кВ свідчить, що до 70% відмов припадає на мережі 10 кВ [4].

Причини відмов класифікуються так:

Природні – вітрові та кліматичні навантаження, атмосферні опади та перенапруги.

Експлуатаційні – перевантаження, короткі замикання, технічний знос.

Зовнішні незалежні фактори – пошкодження обладнання сторонніми об'єктами чи тваринами.

Інші – маловивчені або невстановлені причини [4].

Шляхи підвищення надійності розподільчих мереж включають:

- зменшення довжини ліній;
- оптимізацію проектування механічних елементів;
- впровадження автоматизованого секціонування;
- застосування сучасних матеріалів (наприклад, СІП);
- розширення цифрових технологій моніторингу;
- інтелектуалізацію мереж;
- використання показників SAIDI, SAIFI для оцінки клієнтоорієнтованості;
- перехід до схем 20 кВ із резистивним заземленням.

Удосконалення оперативної логістики та застосування мобільних трансформаторних підстанцій для аварійного резервування.

В умовах зростаючої електрифікації та інтеграції відновлюваних джерел енергії, надійність розподільчих електричних мереж набуває критичного значення для забезпечення сталого функціонування суспільства та економіки. Цифровізація є ключовим інструментом для модернізації цих мереж та підвищення їхньої надійності [5].

Цифровізація як вирішення проблеми:

Впровадження сучасних цифрових технологій, таких як SCADA, DMS, OMS, інтелектуальні пристрої, IoT, Big Data та штучний інтелект, дозволяє створити інтелектуальні енергетичні системи (Smart Grids). Ці технології забезпечують:

- підвищення оперативності реагування на аварійні ситуації;
- покращення моніторингу та діагностики стану обладнання;
- оптимізацію режимів роботи мережі та зниження втрат електроенергії;
- ефективну інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

Результати та перспективи:

Цифровізація розподільчих мереж вже демонструє значні позитивні результати у вигляді зменшення тривалості та частоти перерв в електропостачанні, покращення якості електроенергії та зниження експлуатаційних витрат. Подальші дослідження будуть зосереджені на розробці нових методів інтелектуального управління мережами, включаючи застосування машинного навчання та штучного інтелекту.

Цифровізація є неминучим та необхідним процесом для забезпечення надійної та ефективної роботи розподільчих електричних мереж. Її впровадження сприятиме сталому розвитку енергетичної галузі та забезпечить споживачів якісною та безперебійною електроенергією.

Література

1. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації: монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ "ХПІ", ТОВ "Планета-Прінт", 2020. - 132 с.

2. Фролов, І. В. "Аналіз поточного стану енергосистеми та стратегії розвитку розосередженої генерації в україні." Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України 67 (2024).

3. Фактори, що впливають на надійність електропостачання / С. М. Бабюк, О. В. Красножоний, В. П. Барило, Б. В. Брич // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій", 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 84–85. — (Електротехніка та енергозбереження).

4. Гаврилюк, Б. В., and Ю. В. Лобода. Аналіз засобів підвищення показників надійності розподільних електричних мереж. Diss. ВНТУ, 2023.

5.Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, сталий розвиток".

УДК 621.311

С.А. Боденчук, М.В. Федик, С.М. Бабюк, к.т.н.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

S. Bodenchuk, M. Fedyk, S. Babiuk, Ph.D.

ELECTRIC POWER SUPPLY FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES: MODERN TRENDS

Електропостачання промислових підприємств є критично важливою складовою їхньої інфраструктури, що забезпечує безперебійну роботу виробничих процесів. Сучасні тенденції розвитку промисловості, такі як автоматизація, цифровізація та енергоефективність, вимагають нових підходів до організації систем електропостачання.

Традиційні системи електропостачання промислових підприємств стикаються з рядом проблем, включаючи [1]:

- Зростання енергоспоживання: Підвищення рівня автоматизації та впровадження нових енергоємних технологій призводить до збільшення потреби в електроенергії.
- Підвищення вимог до надійності та якості електропостачання: Перерви в електропостачанні можуть призвести до значних економічних збитків, пошкодження обладнання та порушення технологічних процесів.
- Необхідність інтеграції з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ): Зростаюча частка ВДЕ в енергетичному балансі вимагає розробки нових підходів до управління системами електропостачання промислових підприємств для забезпечення їхньої стабільної роботи.
- Забезпечення енергоефективності: Підвищення цін на енергоносії та посилення екологічних вимог стимулюють підприємства до впровадження енергоефективних технологій та обладнання.

Для вирішення зазначених проблем та забезпечення надійного та ефективного електропостачання промислових підприємств пропонуються наступні шляхи:

Впровадження інтелектуальних енергетичних систем (Smart Grids): Використання сучасних цифрових технологій, таких як SCADA, DMS, EMS, інтелектуальні пристрої, IoT та Big Data, дозволяє підвищити рівень автоматизації управління системами електропостачання, забезпечити моніторинг в режимі реального часу та оптимізувати режими роботи обладнання [1].

Використання відновлюваних джерел енергії та систем накопичення енергії: Інтеграція ВДЕ, таких як сонячні та вітрові електростанції, дозволяє знизити залежність від традиційних джерел енергії та зменшити викиди парникових газів. Системи накопичення енергії забезпечують згладжування коливань потужності ВДЕ та підвищують надійність електропостачання [2].

Підвищення енергоефективності: Впровадження енергоефективних технологій, таких як частотно-регульовані приводи, енергозберігаюче освітлення та оптимізація технологічних процесів, дозволяє знизити енергоспоживання та зменшити витрати на електроенергію [1].

Забезпечення якості електроенергії: Використання сучасних пристроїв для компенсації реактивної потужності, фільтрації гармонік та регулювання напруги дозволяє забезпечити відповідність параметрів електроенергії вимогам чутливого обладнання.