

У міру прогресу енергетичної трансформації розвиваються різні технології зберігання енергії. Їх можна розділити на три основні групи: механічні, електрохімічні та хімічні системи зберігання.

Серед механічних систем зберігання найпоширенішими є гідроакumuлюючі електростанції (PHS). Ці «гігантські батареї» використовують силу тяжіння для зберігання енергії, перекачуючи воду на більшу висоту, коли енергія дешева, і випускаючи її через турбіни, коли попит на енергію зростає. Системи PHS характеризуються високою ефективністю та низьким рівнем відмов, що робить їх стратегічними активами для стабільності національних енергетичних систем. Інші механічні рішення, такі як системи зберігання енергії стисненого повітря (CAES) або системи зберігання енергії рідкого повітря (LAES), також пропонують можливості для зберігання енергії у великих обсягах.

У категорії електрохімічних систем зберігання енергії домінують літій-іонні акумулятори, відомі своїм використанням у побутовій електроніці та електромобілях. Технології на основі водню є перспективною альтернативою для довгострокового зберігання енергії. Водень, отриманий шляхом електролізу води з використанням надлишкової енергії від ВДЕ, може зберігатися і згодом використовуватися для виробництва електроенергії в паливних елементах.

Системи зберігання енергії відіграють вирішальну роль в інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергосистему. Вони підтримують стабільність мережі, пом'якшуючи наслідки коливань у виробництві ВДЕ та допомагаючи підтримувати параметри якості електричної енергії. На практиці це означає, що навіть коли не світить сонце або не дме вітер, енергосистема може покладатися на раніше накопичену енергію для забезпечення безперебійного постачання.

Системи зберігання енергії сприяють оптимізації використання енергетичної інфраструктури. Вони зменшують потребу в інвестиціях у додаткові потужності, які в іншому випадку використовувалися б лише в періоди пікового навантаження. Натомість існуючі ресурси можна використовувати більш ефективно, що призводить до зниження витрат для всієї енергетичної системи.

УДК 621.311

С. Ю. Гордієвич, О.О. Ільїн, С.М. Бабюк, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТА КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ

S. Hordiievych, O. Ilin S. Babiuk, Ph.D.

RELIABILITY OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS IN INDUSTRIAL PLANTS: FACTOR ANALYSIS, EVALUATION TECHNIQUES, AND A HOLISTIC APPROACH TO ENHANCEMENT

В умовах сучасного промислового виробництва, де технологічні процеси стають дедалі складнішими та автоматизованішими, забезпечення надійності систем електропостачання набуває критичного значення. Перебої в електропостачанні, навіть короточасні, здатні спричинити значні економічні втрати, включаючи пошкодження дороговартісного обладнання, псування сировини та готової продукції, простої виробництва, що призводить до невиконання виробничих планів, та порушення технологічних процесів, що може вплинути на якість кінцевої продукції. Отже, забезпечення високого рівня надійності систем електропостачання є ключовим завданням для промислових підприємств, спрямованим на мінімізацію ризиків та забезпечення стабільної роботи виробничих потужностей. В даній

роботі проведено дослідження факторів, що впливають на надійність систем електропостачання, детальному аналізу методів її оцінки, а також розробці комплексного підходу до підвищення надійності на промислових підприємствах, враховуючи специфіку їхньої діяльності та вимоги до безперебійності виробничих процесів.

Надійність систем електропостачання визначається як здатність електричної системи функціонувати ефективно та безперебійно, забезпечуючи споживачів електроенергією з необхідними параметрами якості в заданих умовах експлуатації. Фактори, що впливають на надійність, є різноманітними та можуть бути класифіковані на декілька основних груп.

Перш за все, важливу роль відіграють відмови електрообладнання. Кабельні лінії, наприклад, часто зазнають пошкоджень внаслідок механічних впливів під час земляних робіт, старіння ізоляції, перевантажень, а також ушкоджень, спричинених гризунами. Силові трансформатори, хоча й виходять з ладу рідше, ніж лінії електропередачі, їхні відмови можуть мати серйозніші наслідки, пов'язані з пошкодженням ізоляції обмоток, перемикачів або введів. Комутаційні електричні апарати, такі як автоматичні вимикачі, роз'єднувачі та короткозамикачі, можуть відмовляти через механічні пошкодження, дефекти контактних з'єднань, несправності приводів, помилкові дії персоналу, а також перекриття ізоляції. Пристрої релейного захисту та автоматики також схильні до відмов, що можуть призводити до неселективних або хибних спрацювань, або ж до відмови у спрацюванні при необхідності. Причинами таких відмов є пошкодження елементів схеми, таких як резистори, діоди, транзистори, конденсатори та реле.

Крім того, значний вплив мають експлуатаційні фактори. Помилки, допущені на етапах проектування, виготовлення, монтажу та ремонту електрообладнання, можуть стати причиною зниження надійності системи. Людський фактор також відіграє важливу роль; недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу, помилки при експлуатації та обслуговуванні, а також недотримання інструкцій можуть призводити до аварійних ситуацій.

Не слід забувати і про зовнішні фактори. Вплив навколишнього середовища, включаючи погодні умови, стихійні лиха, а також діяльність тварин, може викликати пошкодження обладнання та перерви в електропостачанні.

Оцінка надійності систем електропостачання є складним процесом, що потребує застосування різноманітних методів та показників. Показники надійності поділяються на кількісні та якісні. Кількісні показники включають такі параметри, як середній час відновлення, ймовірність безвідмовної роботи, частота відмов, інтенсивність відмов, напрацювання на відмову, коефіцієнт готовності та коефіцієнт вимушеного простою. Якісні показники, з іншого боку, характеризують такі властивості системи, як ремонтпридатність, безпека та живучість. Методи оцінки надійності включають аналітичні методи, що ґрунтуються на математичних моделях, та методи моделювання, такі як імітаційне моделювання, що дозволяють врахувати більш складні взаємозв'язки та випадкові події.

Підвищення надійності систем електропостачання є комплексною задачею, що потребує системного підходу та охоплює всі етапи життєвого циклу системи. Це включає підвищення надійності обладнання шляхом використання надійних компонентів та матеріалів, вдосконалення конструкції обладнання та забезпечення високої якості виготовлення. Оптимізація структури системи електропостачання, включаючи вибір оптимальних схем розподілу електроенергії (радіальні, магістральні або змішані), резервування живлення та застосування автоматичного введення резерву, також є важливим елементом. Покращення експлуатації та обслуговування передбачає регулярне технічне обслуговування, діагностику стану обладнання, навчання та підвищення кваліфікації персоналу, а також розробку та впровадження ефективних систем управління надійністю. Необхідно також враховувати економічні аспекти, включаючи оцінку економічних збитків від перерв в електропостачанні, аналіз витрат та вигод від заходів щодо підвищення надійності та оптимізацію інвестицій у надійність.

Надійність систем електропостачання промислових підприємств є багатогранною проблемою, що вимагає системного та інтегрованого підходу. Підвищення надійності передбачає не лише використання надійного обладнання, але й оптимізацію структури системи, вдосконалення експлуатації та обслуговування, а також ретельний аналіз економічних факторів. Подальші дослідження будуть зосереджені на розробці та впровадженні інтелектуальних систем управління надійністю, які використовуватимуть методи штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування відмов, оптимізації режимів роботи та автоматизації процесів відновлення електропостачання, що сприятиме підвищенню ефективності та зниженню ризиків для промислових підприємств.

Література

1. Бабюк, С. М., Гнилиця, М. Б., & Козак, І. Р. (2024). Аналіз проблем надійності електропостачання промислових підприємств. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 46-47.
2. Долішній, Т. І., Стасів, А. З., & Бабюк, С. М. (2024). Шляхи підвищення надійності розподільчих електричних мереж. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 263-264.

УДК 621.31

М.Я. Грицюк; В.П. Коваль, к.т.н. доц

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПЕРЕВАГИ КОНЦЕНТРУЮЧИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

M.Ia. Hrytsiuk; V.P. Koval, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

ADVANTAGES OF CONCENTRATING PHOTOELECTRIC POWER PLANTS

Концентруючі електростанції (CPV) є безперечно провідною технологією та оптимальним рішенням для регіонів з високим рівнем прямого сонячного випромінювання. Вона забезпечує виняткову ефективність на всіх рівнях та найвищий вихід енергії порівняно з іншими сонячними технологіями. Це також найкраща технологія для сонячних систем, що працюють при високих температурах із стабільним виробництвом енергії. CPV також має переконливу перевагу в ціні завдяки найнижчій вартості енергії на ринку. Вона також є екологічно вигідною і не потребує споживання води для виробництва електроенергії. Більше того, CPV є перевіреною, сертифікованою, передбачуваною технологією з швидким розгортанням, масштабованістю та сильним прогнозом на ринку сонячної енергії.

Сонячні електростанції, побудовані з 2018 року, інтегрують системи зберігання теплової енергії для виробництва електроенергії в похмурі періоди або в години після заходу сонця чи до його сходу. Ця здатність зберігати сонячну енергію робить концентровану сонячну енергію гнучким і диспетчеризованим джерелом відновлюваної електроенергії, як і інші теплові електростанції, але без використання викопного палива, оскільки концентруюча електростанція використовує тепло висококонцентрованого сонячного світла.

Концентруючі електростанції також можуть бути гібридизовані з електростанціями комбінованого циклу, в результаті чого утворюються гібридні електростанції, що забезпечують високоякісну електроенергію, яку можна розподіляти. Вони також можуть бути інтегровані в існуючі теплові електростанції, що використовують енергоблок, подібний до концентруючої електростанції, такі як геотермальні, природного газу або біопалива. Концентруючі електростанції також можуть використовувати викопне паливо для доповнення