

УДК 338.24

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ НАКОПИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНТЕГРАЦИИ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ  
В ЭНЕРГОСИСТЕМУ**

Бурдук Д. В., Богданов Ю. И. – ассистенты  
кафедры «Электроснабжение» энергетического факультета,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация:** интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная и ветровая энергия, играет ключевую роль в переходе к низкоуглеродной экономике, предлагая экологически чистое производство электроэнергии. Однако непостоянство генерации ВИЭ вызывает проблемы с надежностью сети. Системы накопления энергии (СНЭ) решают эту задачу, поддерживая стабильность и снижая зависимость от ископаемого топлива. СНЭ обеспечивают регулирование частоты, сглаживают пики нагрузки и минимизируют потери энергии, эффективно накапливая избытки для последующего использования. Экономические выгоды включают уменьшение затрат на инфраструктуру, повышение прибыльности и общую эффективность энергосистемы.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергия, системы накопления энергии (СНЭ), стабильность сети, экономическая эффективность, низкоуглеродная экономика.

**USE OF ENERGY STORAGE SYSTEMS TO OPTIMIZE  
THE INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES  
INTO THE POWER SYSTEM**

**Abstract:** the integration of renewable energy sources (RES), such as solar and wind energy, plays a critical role in transitioning to a low-carbon economy by offering environmentally friendly electricity production. However, the variability of RES generation poses challenges to grid reliability. Energy storage systems (ESS) address this issue by maintaining stability and reducing dependence on fossil fuels. ESS provide frequency regulation, smooth peak loads, and minimize energy losses by efficiently storing surpluses for later use. Economic benefits include reduced infrastructure costs, increased profitability, and improved overall energy system efficiency.

**Keywords:** renewable energy, energy storage systems (ESS), grid stability, economic efficiency, low-carbon economy.

Широкое внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная и ветровая энергия, обусловлено переходом стран к экономике с низким уровнем выбросов углерода. Однако непостоянство и изменчивость ВИЭ создают значительные эксплуатационные проблемы для поддержания стабильности и надежности сети. Интеграция систем накопителей энергии (СНЭ) в энергосистему позволяет оптимизировать использование ВИЭ и снизить зависимость от генерации электроэнергии на основе ископаемого топлива.

Интеграция СНЭ с ВИЭ повышает стабильность электросети несколькими ключевыми способами. Например, она улучшает регулирование частоты, быстро компенсируя внезапные изменения в выходной мощности ВИЭ. Эта возможность крайне важна для поддержания надежности сети, поскольку колебания могут привести к проблемам с качеством электроэнергии и сбоям в работе системы. СНЭ также обеспечивает ограничение пиковой нагрузки, снижая потребность в дорогостоящих пиковых электростанциях, которые обычно работают на ископаемом топливе и активируются в периоды пикового спроса. Разряжая накопленную энергию в это время, СНЭ помогает сгладить пики спроса и снижает перегрузку сети, что приводит к более сбалансированной и эффективной энергосистеме.

Еще одним преимуществом СНЭ при интеграции с ВИЭ является накопление электроэнергии. Когда генерация ВИЭ превышает спрос или мощность сети, избыточная энергия остается неиспользованной и должна быть сокращена, что приводит к экономическим потерям и снижению эффективности ВИЭ. Сохраняя излишки энергии, СНЭ минимизирует избыток и обеспечивает более широкое использование возобновляемой энергии. Это особенно полезно в регионах с высоким уровнем проникновения солнечной и ветровой энергии, где это является существенной проблемой. СНЭ позволяет использовать собранную возобновляемую энергию по мере необходимости, эффективно расширяя доступность ВИЭ за пределами их естественных окон генерации и поддерживая более высокую долю возобновляемых источников энергии в энергобалансе.

Системы накопления электроэнергии (СНЭ) играют ключевую роль в поддержании стабильности и надежности электросетей, поддерживая напряжение сети в нормируемом диапазоне. Они также могут регулировать частоту сети в допустимых пределах на протяжении до 30 минут, обеспечивая подачу активной мощности для компенсации внезапных дисбалансов между нагрузкой и генерацией. В режиме поддержки прохождения провалов напряжения СНЭ позволяют подключенным устройствам оставаться в сети во время кратковременных нарушений.

Среди различных типов СНЭ наиболее часто используются аккумуляторные системы накопителей энергии (АСНЭ), в частности литий-ионные батареи. Они получили широкое применение благодаря своей высокой плотности энергии, масштабируемости и быстрому времени отклика. Такие СНЭ

особенно полезны для краткосрочного хранения и регулирования частоты, обеспечивая быструю реакцию на колебания выходной мощности ВИЭ.

Следует отметить значительные экономические преимущества использования СНЭ в энергосистемах с ВИЭ. Несмотря на то, что СНЭ, особенно АСНЭ, имеют высокие первоначальные затраты, их потенциал для эксплуатационной экономии, снижения зависимости от топлива и отложенных инвестиций в инфраструктуру энергетического комплекса обеспечивает долгосрочные экономические выгоды. Например, минимизируя потребность в пиковых электростанциях, СНЭ снижает эксплуатационные расходы и способствует снижению углеродного следа.

Финансовые преимущества систем накопления энергии также включают возможность покупать дешевую электроэнергию в периоды низкого спроса и использовать ее или продавать в пиковые часы, что позволяет значительно повысить прибыль. Также системы накопления энергии способствуют увеличению доходности генерации, так как помогают избежать расходов на установку нового оборудования и аренду мощностей на рынке электроэнергии. Накопители оказывают поддержку сети, обеспечивая ее резервом и стабилизацией нагрузки, что способствует снижению финансовых потерь, связанных с перебоями электроснабжения.

Системы накопления энергии способствуют отсрочке инвестиций в сети передачи и распределения, позволяя избежать перегрузок и увеличивая пропускную способность распределительных сетей. Это снижает необходимость дополнительных вложений в инфраструктуру. Накопители также минимизируют потери от скачков напряжения и других аномалий, которые могут повлиять на работу оборудования, особенно в коммерческом и промышленном секторах, где такие нарушения приводят к убыткам.

Таким образом, системы накопления энергии позволяют использовать возобновляемые источники максимально эффективно, что позволит снизить общие цены на электроэнергию в долгосрочной перспективе, принося пользу потребителям и способствуя более устойчивой энергетической экономике. Кроме того, технические функции делают их незаменимыми для современной энергосистемы.

#### Список литературы

1. Energy storage system in integration of renewable energy sources [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/374757652\\_Review\\_on\\_role\\_of\\_energy\\_storage\\_system\\_in\\_integration\\_of\\_renewable\\_eergy\\_sources\\_in\\_microgrid](https://www.researchgate.net/publication/374757652_Review_on_role_of_energy_storage_system_in_integration_of_renewable_eergy_sources_in_microgrid) – Дата доступа: 29.10.2024.

2. Молочко, А. Ф., Привалов А. С., Жученко Е. А.,Ивашко Е. В. и др. Отчет о научно-исследовательской работе «Концепция применения систем накопления энергии на базе литий ионных аккумуляторов в Белорусской энергосистеме» заключительный. Том 1,2,3. Минск 2022.