

Е.А. ИССАРЬ, студент гр. 10604222 (БНТУ)  
А.А. ТАРКАЙЛО, студент гр. 10604222 (БНТУ)  
Научный руководитель С.А. КАЧАН, к.т.н., доцент (БНТУ)  
г. Минск

## **«ГИБРИДИЗАЦИЯ» СЕТЕЙ: ИНТЕГРАЦИЯ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ И НАКОПИТЕЛЕЙ В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ**

Современная энергетика переживает переходный период. В мире всё активнее обсуждается идея объединения традиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в единую гибкую систему, где каждая технология дополняет другую. На фоне роста доли ВИЭ – солнечных, ветровых, биогазовых установок – возникает необходимость научиться соединять их с мощностями тепловых и атомных электростанций, сохраняя стабильность и надёжность энергоснабжения. Этот процесс получил название «гибридизация сетей» и стал одним из самых обсуждаемых направлений в энергетике последних лет.

Если раньше энергосистема работала по простой схеме: крупные электростанции производят энергию, сети ее передают, потребитель расходует, – то сейчас эта модель перестаёт быть эффективной. Возобновляемые источники, проникновение которых в энергосистемы с каждым годом увеличивается, вырабатывают электроэнергию неравномерно в зависимости от времени суток, сезона, погодных условий. В результате возникают колебания выработки энергии, которые требуют гибкого управления.

В условиях ввода Белорусской АЭС, установленная «базовая» мощность которой составляет около четверти всех генерирующих мощностей энергосистемы Беларуси, в стране остро встал вопрос прохождения переменной части суточного графика нагрузок.

Тепловые электростанции не всегда могут моментально реагировать на изменения генерации и потребления, поэтому в систему вводятся накопители энергии: аккумуляторы, гидроаккумулирующие станции, маховики, а в перспективе – и водородные хранилища. Всё это вместе образует гибридную сеть, где разные энергоисточники компенсируют слабые стороны друг друга (рисунок 1) [1].

В последние годы всё чаще появляются локальные гибридные решения: солнечные и ветряные станции с накопителями, биогазовые установки, которые работают параллельно с энергосистемой. Такие комплексы позволяют уменьшить пиковые нагрузки, стабилизировать напряжение и повысить устойчивость энергоснабжения на уровне отдельных районов.

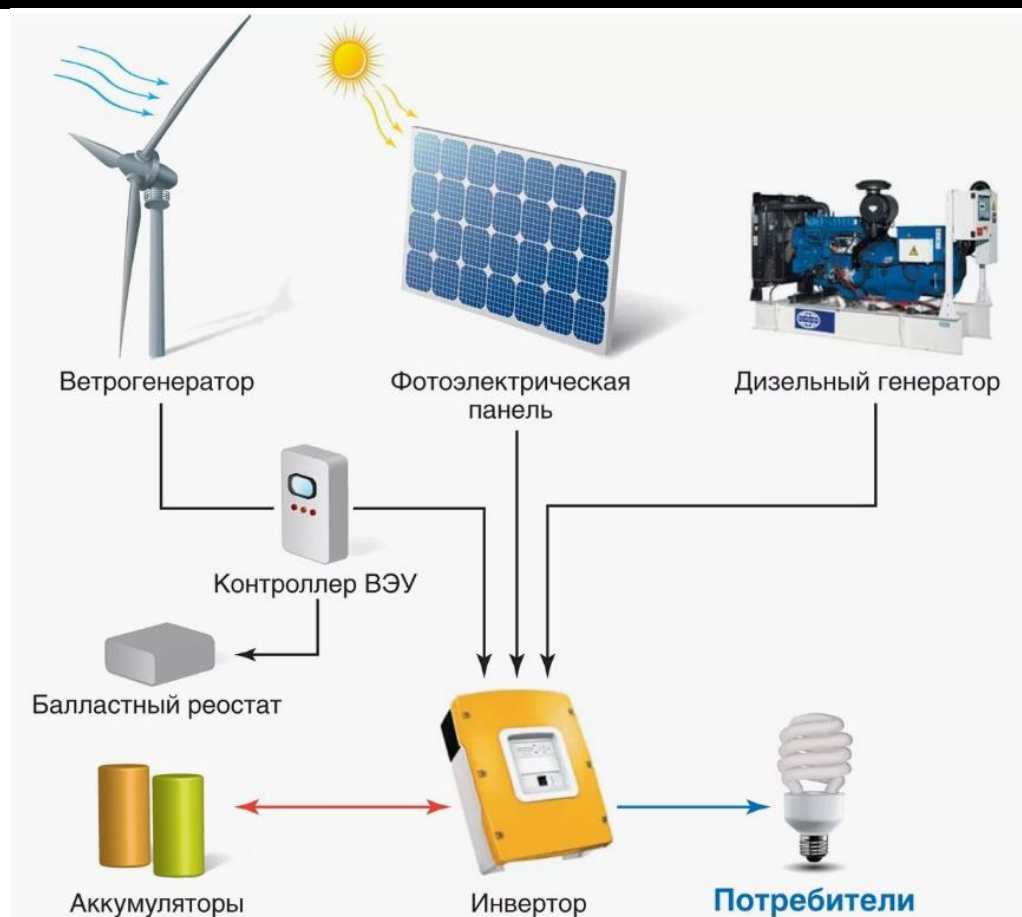


Рис. 1. Развитие гибридной энергетики [1]

В России гибридизация развивается в довольно широком масштабе. Разнообразие климатических зон и огромная территория создают условия для применения разных комбинаций технологий. В южных регионах строятся солнечно-аккумуляторные станции, в северных – ветродизельные комплексы. Особенно заметен прогресс в изолированных районах, где раньше электроэнергию получали только от дизельных генераторов. На Чукотке, Камчатке и в Якутии уже работают гибридные установки, которые сочетают солнечные панели, ветрогенераторы и накопители. Это позволило снизить расход топлива на 20–30 % и сделать энергоснабжение более устойчивым к погодным условиям.

Главный элемент гибридной сети – накопитель энергии. В простом виде это литий-ионный аккумулятор (Li – ion), который накапливает избыточную электроэнергию и возвращает её в сеть, когда возникает дефицит.

В современной энергетике накопители выполняют куда больше функций. Они участвуют в регулировании частоты, стабилизации напряжения, управлении пиковыми нагрузками и даже в защите оборудования. Такие технологии уже начали внедрять и в Беларуси. Например, в системе РУП «Минскэнерго» тестируются аккумуляторные модули, которые сгла-

живают скачки мощности и выравнивают график потребления (рисунок 2) [2]. В России накопительные комплексы используют энергетические компании для поддержки работы сетей в зонах с активным развитием возобновляемой генерации.



Рис. 2. Тепловая электрогенерация – опора гибридной энергосистемы, обеспечивающая баланс при колебаниях выработки ВИЭ [2]

Важная основа гибридизации – это цифровизация. Без современных систем управления невозможно координировать десятки разных источников и направлять потоки энергии туда, где они нужны в конкретный момент.

В этой сфере обе страны делают серьёзные шаги. Беларусь внедряет элементы «умных сетей» – Smart Grid – на уровне распределительных предприятий. Это системы, которые анализируют состояние сети в реальном времени и автоматически корректируют режим работы.

В России активно внедряются цифровые подстанции, интеллектуальные счётчики и системы прогнозирования, которые учитывают погоду, суточный график потребления и даже состояние оборудования. Всё это делает сеть более предсказуемой и управляемой.

Экономический эффект гибридизации очевиден. Совмещение традиционной и возобновляемой генерации снижает потребление топлива, уменьшает расходы на ремонт и продлевает срок службы оборудования. В результате падает себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Экологический эффект не менее важен – сокращаются выбросы парниковых газов и зависимость от ископаемого топлива.

Для Беларуси это ещё и вопрос энергетической независимости. Когда часть энергии вырабатывается локально, а система умеет гибко управлять

её распределением, меньше рисков, связанных с импортом топлива и внешними колебаниями цен.

Тем не менее, гибридизация – процесс не быстрый и не простой. Самые заметные препятствия – высокая стоимость накопителей, нехватка специалистов, готовых работать с цифровыми системами, и отсутствие единой нормативной базы. Сложность также в том, что старая инфраструктура не рассчитана на работу с большим количеством малых источников. Но эти проблемы постепенно решаются. Стоимость аккумуляторов ежегодно снижается, появляется больше компаний, готовых инвестировать в «умные» энергетические решения. Союзные программы России и Беларуси в области энергетики и цифровизации создают возможности для совместных пилотных проектов и обмена опытом. Если смотреть шире, гибридизация – это не только технологический тренд, а смена самой философии энергетики. Вместо огромных централизованных станций, от которых зависит всё, появляются распределённые, взаимосвязанные узлы, способные работать автономно и поддерживать друг друга. В будущем такие сети смогут функционировать даже при отключении от основной системы – так называемые «энергоострова». Это особенно важно для отдалённых территорий, где стабильность электроснабжения напрямую влияет на качество жизни.

Для России и Беларуси гибридизация может стать ключом к энергетике нового типа – более устойчивой, чистой и управляемой. Она объединяет в себе традиционную надёжность тепловых и атомных станций с экологичностью ВИЭ и гибкостью накопительных систем. Это направление не только технологически оправдано, но и стратегически необходимо. Мир движется к децентрализации, к энергетике, где границы между производителем и потребителем сглаживаются. В этой модели любой объект, будь то завод, дом или ферма, может одновременно вырабатывать, хранить и использовать энергию, участвуя в общем балансе.

Таким образом, эффект гибридизации сетей заключается не просто в объединении разных технологий, а в формировании новой энергетической логики. Она делает систему живой, адаптивной и устойчивой. Для России и Беларуси это возможность сформировать собственную модель гибридной энергетики, основанную на реальных ресурсах, инженерной школе и накопленном опыте. Именно гибридизация способна стать основой энергосистемы XXI века – такой, которая не только снабжает, но и учится, адаптируется и развивается вместе с обществом.

Список литературы:

---

1. Альтернативные источники энергии : [сайт]. – URL: <https://proreiling.ru/alternativnye-istocniki-energii-netradicionnaa-energetika-dla-castnogo-doma-vidy-energii-svoimi-rukami/> (дата обращения: 27.10.2025).

2. Минская ТЭЦ-4 : [сайт]. – URL: [https://photocentra.ru/work.php?id\\_photo=686174&id\\_auth\\_photo=11775](https://photocentra.ru/work.php?id_photo=686174&id_auth_photo=11775) (дата обращения: 28.10.2025).

Информация об авторах:

Иссарь Егор Александрович, студент гр. 10604222, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, e4628629@gmail.com

Таркайло Артём Александрович, студент гр. 10604222, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, artyom-tarkaylo@gmail.com

Качан Светлана Аркадьевна, к.т.н., доцент, БНТУ, БНТУ, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, kachan\_sa@bntu.by