

ты электричества, частые аварийные отключения и другие технические сбои) подключения к традиционным энергетическим сетям.

Таблица 1. Коммерческие и промышленные микрогриды в мировой практике

Микрогрид	Конфигурация	Эффекты
Longmedow park Место: Йоханнесбург, ЮАР Потребители: промышленное предприятие Год ввода в эксплуатацию: 2016 Интегратор: ABB	Питание от сети Солнечные панели: 750 кВт СНЭ: 1 МВт – 380 кВт·ч Дизельные генераторы: 3 МВт	Снижение стоимости энергоснабжения: 25 % Снижение эмиссии CO ₂ : 1000 тонн в год Повышение надежности электроснабжения
Inland empire utilities agency Место: Сан-Бернардино, США Потребители: система городского водоснабжения и канализации Год ввода в эксплуатацию: 2008–2017 Интеграторы и вендоры: AMS, SunPower, Tesla, Fuel Cell Energy	Питание от сети Солнечные панели: 3,5 МВт Ветрогенераторы: 1 МВт Топливные элементы: 2,8 МВт СНЭ: 3,65 МВт – 380 кВт·ч Дизельные генераторы: 2,5 МВт	Снижение стоимости энергоснабжения, в т. Ч. за счет участия на рынке управления спросом: 10 %
Establishment labs Место: Коста-Рика Потребители: промышленное предприятие Год ввода в эксплуатацию: 2016 Интегратор: ENEL	Питание от сети Солнечные панели: 276 кВт СНЭ: 500 кВт – 1 МВт·ч	Снижение стоимости энергоснабжения: 5 % Повышение надежности электроснабжения
Boston one campus Место: Бостон, США Потребители: коммерческая недвижимость Год ввода в эксплуатацию: 2017 Интегратор: Schneider Electric Источник: [5]	Питание от сети Солнечные панели: 448 кВт СНЭ: 500 кВт – 1 МВт·ч Резервный газопоршневой генератор	Снижение стоимости энергоснабжения: 5% Снижение эмиссии CO ₂ : 5800 т в год

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Md Alamgir Hossaina,b, Hemanshu Roy Pota, Md Jahangir Hossainc, Frede Blaabjerg. Evolution of microgrids with converter-interfaced generations: Challenges and opportunities.
2. Gupta N. Stochastic analysis of islanded microgrid // IEEE International Conference on Power Electronics. – 2021.
3. Димитриев А.А., Димитриев Р.А., Никифоров И.К. Проблемы выделения работы микрогрида в изолированный режим функционирования. – 2021.
4. Чаусов И., Бокарев Б., Сидорович В. Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России. – Инфраструктурный центр Энерджинет. – 2021.
5. Microgrids for Commercial and Industrial Companies. – World Business Council for Sustainable Development. – 2021.

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 4 ТИПА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОССИИ И МИРА

Х.М. Шарифов

Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5АМ31

Научный руководитель: В.Е. Рудник, к.т.н., ассистент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

1. Актуальность

Четвертый тип ветряных электростанций (ВЭС) отличается адаптивностью к изменчивым ветровым условиям благодаря способности регулировать угол наклона лопастей и их скорость вращения, что увеличивает генерацию электроэнергии в регионах с неравномерными

ветровыми ресурсами [1]. Конструкции этих ВЭС обладают повышенной стойкостью, способностью выдерживать экстремальные погодные условия и системами мониторинга для предотвращения сбоев. В России с её широкими территориальными ресурсами развитие ветроэнергетики поддерживается государством, и установки появляются в регионах с высоким ветровым потенциалом [1–3]. На международной арене лидерами ветроэнергетики являются Китай, США и Германия, активно развивающие инфраструктуру и технологии для интеграции ВЭС в национальные энергетические сети.

2. Виды ВЭС

Существует множество основных разновидностей этих систем, каждая из которых характеризуется уникальными техническими параметрами, конструкционными особенностями и областью применения.

- Наземные ветроэлектростанции (Onshore Wind Farms) устанавливаются на суше и являются самым распространенным типом. Они занимают большие территории, где турбины расположены на значительном расстоянии друг от друга для предотвращения затенения. Их основные достоинства включают легкость установки, удобство технического обслуживания и сниженные транспортные расходы [4].

- Шельфовые ветроэлектростанции, размещенные в морских акваториях, используют мощные и постоянные ветра, демонстрируя высокую эффективность. Строительство и эксплуатация таких станций сложны и затратны, однако они не ограничены в размещении и минимально влияют на ландшафт. Подключение шельфовых ВЭС к энергосистеме происходит через подводные кабели, которые проводят энергию на сушу. В зависимости от удаленности и мощности используют кабели высокого напряжения, переменного (HVAC) и постоянного тока (HVDC) [5].

- Гибридные ветроэлектростанции объединяют ветровую энергию с другими видами генерации, такими как солнечная энергетика и системы хранения энергии, для повышения стабильности энергоснабжения. Эти системы эффективно работают в изменчивых природных условиях, увеличивают эффективность производства электроэнергии и снижают зависимость от углеводородов. В условиях дефицита энергоресурсов и интереса к устойчивому развитию их применение становится особенно актуальным [6].

- Вертикальные ветроустановки (ВЭУ) с вертикальной осью вращения являются идеальными для городской среды и районов с ограниченным пространством благодаря своей гибкости в размещении и эксплуатации. Процесс интеграции ВЭУ в энергосистему начинается с выбора места с стабильным ветром и требует учета климатических, экологических и экономических факторов региона [1].

3. Проблемы внедрения ВЭС в России

Развитие ветроэнергетических станций в России осложняется неравномерным распределением ветра и трудностями транспортной доступности в регионах с высоким ветровым потенциалом, таких как Сибирь, Дальний Восток и северные территории, что влечет за собой высокие логистические затраты.

Для эффективного развития ветроэнергетики в России необходимы четкое правовое регулирование и стимулирование инвестиций, что затрудняется недостатком законодательной базы. Проблемы также возникают из-за ограниченности отечественных технологий и недостатка квалифицированных специалистов при переходе от теории к практике. Финансовый аспект является ключевым фактором: строительство ветряных электростанций требует значительных инвестиций, что создает сложности для инвесторов из-за нестабильной экономической ситуации и отсутствия субсидий [1]. Экологические последствия также вызывают

беспокойство, так как строительство ВЭС может приводить к нарушению экосистемы. Для преодоления этих проблем требуется разработка долгосрочной стратегии, включающей оптимизацию законодательства, стимулирование инвесторов и развитие научно-технической базы [4].

Выводы

1. Был выполнен анализ литературы, касающийся обзора ветроэнергетических станций 4 типа.
2. Подробно рассмотрены основные виды ВЭС. Было выявлено, что наземные ветроэлектростанции инверторного включения используются намного чаще других видов.
3. Благодаря значительному прогрессу в технологиях производства ветроэлектростанций и снижению себестоимости энергии, ВЭС 4 типа становятся конкурентоспособными с традиционными источниками энергии.
4. Новые бизнес-модели и инвестиционные стратегии ускоряют внедрение ветроэнергетических проектов, способствуя их дальнейшему распространению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный бюллетень рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. [Электронный ресурс]. – URL: <https://reda.ru/bulletin> (дата обращения: 20.10.2024)
2. Разживин И.А., Рубан Н.Ю., Аскарлов А.Б., Уфа Р.А. Разработка программно-технических средств моделирования ветроэнергетической установки 4 типа // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24, № 1 (150). – С. 183–194.
3. Денисов Р.С., Елистратов В.В., Гзенгер Ш. Ветроэнергетика в России: возможности, барьеры и перспективы развития // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 17–27.
4. Щеглетов К.А. Экологическая безопасность и перспективы развития технологий использования энергии ветра // в сб.: Наука молодых. Сборник научных статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 276–284.
5. Generic Models and Model Validation for Wind and Solar PV Generation: Technical Update. EPRI, Palo Alto, CA: 2011, 1021763 [Online].
6. EPRI, «Proposed Changes to the WECC WT4 Generic Model for Type 4 Wind Turbine Generators», Prepared under Subcontract No. NFT-1-11342-01 with NREL, Issued to WECC REMTF and IEC TC88 WG27 12/16/11; (last revised 1/23/13) [Online].

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛА МЭК 61850 SAMPLED VALUES НА МИКРОКОНТРОЛЕРЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ В СОСТАВЕ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

К.А. Ахтырский¹, В.А. Кабиров²

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
каф. ПрЭ, группа 242-2023*

*Томский политехнический университет,
Старший лаборант Организационного отдела ИШЭ¹;
ООО «Вип Электроника», главный инженер²*

Научный руководитель: В.Д. Семенов, к.т.н., профессор, с.н.с. кафедры ПрЭ ТУСУРа

Введение

Одним из главных недостатков схемы подключения устройств РЗА к измерительным трансформаторам тока и напряжения в составе электрической подстанции является необходимость прокладывания большого количества проводов от измерительных устройств до тер-