

УДК 621.311

**ПРОИЗВОДСТВО И ВЫДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЕТРЯНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ
PRODUCTION AND ELECTRICITY GENERATION AND OUTPUT
FROM WIND FARMS**

К. Д. Денисенков, А. М. Малайчук

Научный руководитель – В. А. Булат, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

bulat@bntu.by

K. Denisenkov, A. Malaichuk

Supervisor – V. Bulat, Associate Professor
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: исследование производства и выдачи электроэнергии на ветряных электрических станциях, виды используемых генераторов.

Abstract: study of the production and output of electricity from wind farms, the types of generators used.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ветрогенератор, воздушные массы, ветропарк, ось вращения.

Keywords: wind power plant, wind turbine, wind generator, air masses, wind farm, axis of rotation.

Введение

В Республике Беларусь в настоящее время функционирует 109 ветроэнергетических установок (далее – ВЭУ), суммарная электрическая мощность которых достигает 114,9 МВт. Могилевская область занимает лидирующее положение в республике по количеству и установленной мощности ВЭУ, которые достигают 50%. Из 109 ветроэнергетических установок, расположенных в Беларуси, в Могилевской области находятся 57 установок мощностью 62,58 МВт. Также в Могилевском регионе ветроэнергетические установки преобладают и по количеству среди установок на возобновляемой энергии (далее – ВИЭ). Они занимают более 60% от общего числа установок ВИЭ.

В Дрибинском районе, деревне Пудовня располагается ветропарк из 9 ВЭУ. Общая установленная мощность которого достигает 9 МВт.

В Новогрудском районе возле деревни Большие Лезневичи находится второй по высоте ветряк в Республике Беларусь, построенный в 2017 году. Мощность ветряка достигает 3,3 МВт, а высота башни составляет 117 метров. Самый мощный ветряк расположен в Лиозненском районе. Он был построен в 2019, его мощность достигает 3,49 МВт, а высота башни – 100 метров.

В настоящее время в Могилевской области введена в эксплуатацию новая ветроэнергетическая установка (ВЭУ) вблизи деревни Асмоловичи в Мстиславском районе. Высота достигает 142 метра, мощность – 3,4 МВт, верхняя точка лопасти – 210 метров, а размах лопастей – 136 метров. Данная ветроэнергетиче-

ская установка является самой высокой не только в Беларуси, но и на всем пространстве СНГ. На расположение данной ветроэнергетической установки повлияли несколько факторов. Во-первых, в этом районе расположена зона активного движения воздушных масс. Большая часть всех ветряков в Республике Беларусь расположены именно в этой зоне. Во-вторых, выбрана холмистая местность для построения крупнейшей ветроэнергетической установки. При этом территория не пересекает пути миграции перелетных птиц.

В наши дни выработанная электроэнергия от новой ВЭУ поступает в единую энергетическую систему. Предприятия и жилые дома таких городов, как Кричев, Климовичи и Мстиславль, являются основными потребителями электроэнергии от новой ВЭУ.

Основная часть

Ветрогенераторы можно классифицировать на две группы: с вертикальной и горизонтальной осью вращения.

Современные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения могут иметь две или три лопасти, однако встречаются экземпляры и с большим количеством лопастей. Лопасти располагаются не в центре тяжести турбины, а сбоку, что позволяет значительно повысить устойчивость к нагрузкам. Также лопасти ветрогенератора с горизонтальной осью вращения оснащены молниезащитой. При попадании молнии, молниезащита преобразует ее энергию в ступицы. Угол лопасти можно изменять дистанционно, он, в свою очередь, изменяется при помощи поворотных подшипников, а устройство дистанционной регулировки встроено в турбину.

Не менее важной проблемой является устойчивость лопастей к нагрузкам. Лопасти в современных ветрогенераторах с горизонтальной осью вращения могут достигать размаха в 100 метров и более, а конструкция таких лопастей должна быть наиболее тонкая и гибкая. В связи с этим, большое влияние на них оказывает аэродинамическая нагрузка, что может привести к деформации лопастей. Однако еще в 1986 году Либстон предложил сместить оси лопастей в плоскости ротора, что позволило сместить аэродинамический центр поперечного сечения лопасти с центром двигателя. Также было установлено, что лопасти с обратной стреловидностью меньше изгибаются под воздействием боковой нагрузки.

Конструкция ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения имеет несколько характерных физических особенностей. Ротор ветряка с горизонтальной осью вращения, состоящий из двух или трех длинных лопастей, соединены с горизонтальным валом. Лопасти не имеют плоскую форму, а наоборот имеют аэродинамическую форму для лучшего восприятия подъемной силы ветра. Подъемная сила образует вращающий момент, вызывающий вращение.

Еще одним компонентом генератора является мотогондола, соединенная с ротором. Она содержит в себе рабочие компоненты, обеспечивающие работу электрогенератора ветряной турбины. К таким компонентам относят: редуктор, генератор, тормоз и контроллер. Ротор ветрогенератора, как правило, вращается с меньшей скоростью. Редуктор, расположенный между ротором и генератором,

преобразует не высокочастотное вращение лопастей во вращение с более высокой частотой, которое более эффективно для привода электрогенератора (в среднем, если ротор вращается со скоростью 20 оборотов в минуту, то генератору для выработки электроэнергии требуется 1000 оборотов в минуту).

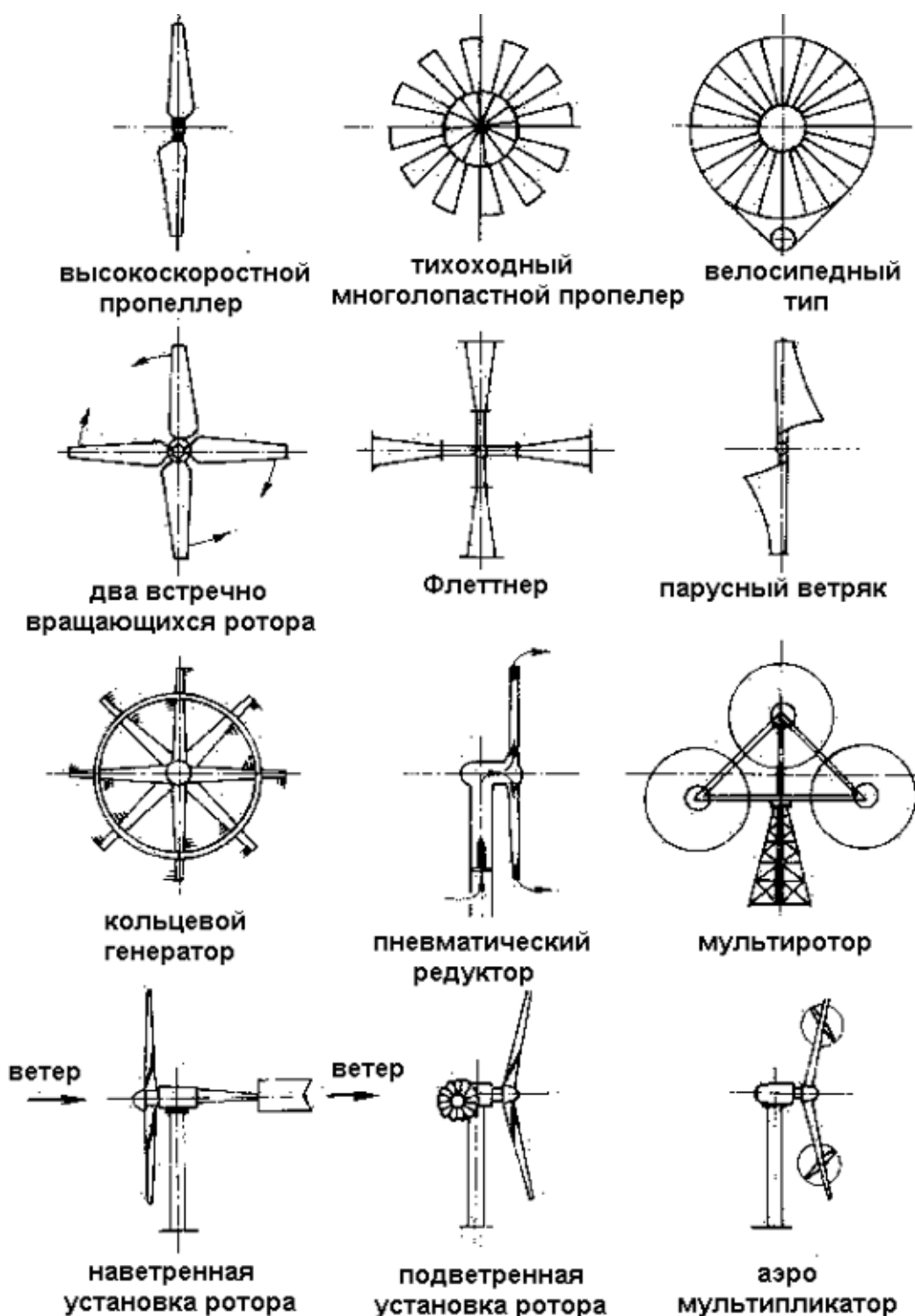


Рисунок 1 – Конструктивно-кинематическая схема лопастной системы ветрогенератора с горизонтальной осью вращения

У ветрогенераторов с вертикальной осью вращения конструкция несколько проще, чем у генераторов с горизонтальной осью вращения благодаря тому, что

у первых нет узлов ориентации на потоки ветра. В ветрогенераторах с вертикальной осью вращения могут применяться специальные устройства для поднятия рабочих лопастей и создания сопротивления. Это, в свою очередь, образует вращающий момент. В установках для данных устройств могут применяться турбинные элементы. Роторы Савониуса также могут использоваться, однако предпочтение отдается ротору Дарье, который способен достигать значительно большую быстроходность и большую мощность, нежели ротор Савониуса. Ротор Дарье имеет один значительный недостаток: малый начальный момент. Для устранения этого недостатка применяются различные соединения ротора Дарье со статорами различных типов.

Сооружение ветроэнергетических установок требуют не только большого денежного вклада, но и больших усилий на этапе строительства. Одним из самых сложных этапов является установка лопастей на ветрогенератор. Из-за сложности их установки был создан целый последовательный алгоритм. Сперва готовят опорный столб и проверяют его на надежность и антикоррозионные свойства, предусматривают особое боковое крепление для безопасной и долговременной фиксации лопастей. Следующим шагом устанавливают опорную трубу турбины. Турбину вставляют в эту трубу и крепят несколькими болтами через отверстия. Опору ветрогенератора защищают от коррозии с помощью холодного цинка, что позволяет намного увеличить срок службы опоры. Следующим этапом является подвод силового кабеля через крышку, и запуск электромагнитного тормоза. Он важен для безопасности и общего обслуживания ветрогенераторной установки на открытом воздухе. После этих этапов собирают лопасти под углом 90 градусов по отношению к плоскости вращения генератора, устанавливают турбины на опорный столб, и установка вводится в эксплуатацию.

Заключение

В данной работе показано, что в данное время в Беларуси идет активный рост количества ветроэнергетических установок. Лидирующее место занимает Могилевский регион, именно в нем располагается порядка 50% ветроэнергетических установок всей страны. Место строительства ветроэнергетических установок было выбрано не случайным образом. В представленных окрестностях должна быть расположена зона активного движения воздушных масс. Лучше всего для возведения крупной ветроэнергетической установки выбрать холмистую местность, для еще более активного движения воздушных масс.

Литература

1. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации РБ: [сайт]. - URL: <https://energoeffect.gov.by> (дата обращения: 28.04.2025).
2. Бокарева А. Н. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРНЫХ СТАНЦИЙ // Вестник науки. – 2019. – Т. 4. – №. 9 (18). – С. 93-99.
3. Experimental analysis of a horizontal-axis wind turbine with swept blades using PIV data: [сайт]. - URL: <https://wes.copernicus.org/articles/9/1617/2024/wes-9-1617-2024.pdf> (дата обращения: 14.05.2025).
4. Horizontal Axis Wind Turbines: [сайт]. - URL: <https://www.windustry.com/horizontal-axis-vs-vertical-axis> (дата обращения: 14.05.2025).