

А.В. МАХИЯНОВ, ассистент (УГНТУ)
К.А. ОВСЯНИКОВ, бакалавр гр. БАЭ-22-01 (УГНТУ)
г. Уфа

СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ МОРСКИХ ВОЛНОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Современный энергетический сектор испытывает значительный рост интереса к возобновляемым источникам энергии, среди которых волновая энергетика выделяется высоким энергетическим потенциалом морских волн. Одним из критически важных аспектов функционирования морских волновых электростанций являются системы стабилизации выходного напряжения и частоты. Нестабильность природных условий, выражающаяся в изменчивости параметров волн и внешней среды, создает значительные препятствия для обеспечения качественного и надежного энергоснабжения. При этом заслуживает внимания тот факт, что многие технологии стабилизации и управления, успешно применяемые в ветроэнергетике, обладают высокой степенью адаптивности и могут эффективно использоваться в волновой энергетике. Использование данных технологий позволяет повысить устойчивость и надежность работы волновых электростанций, облегчая интеграцию в существующие энергосистемы и обеспечивая стабильность электроснабжения.

Ключевые слова: волновая энергетика, ветроэнергетика, системы стабилизации, выходное напряжение, частота, морские волновые электростанции, надежность, управление, возобновляемые источники энергии, автоматизация.

Волновая энергетика, являясь перспективным направлением возобновляемой энергетике, испытывает воздействие переменных и сложных условий морской среды, что требует развития высокоэффективных систем стабилизации выходных параметров электроэнергии [1]. Важнейшие задачи систем стабилизации заключаются в сохранении стабильного напряжения и частоты на выходе электростанций, несмотря на природные возмущения и меняющиеся нагрузки. Эффективность данных систем напрямую влияет на качество и надежность электроснабжения, а также на долговечность оборудования [2].

Применение технологических решений из ветроэнергетики представляет собой перспективное направление развития волновой энергетике [3]. Системы управления, автоматизации и стабилизации, успешно апробированные в ветроэнергетике, обладают необходимой гибкостью и адаптив-

ностью для применения в условиях морских волновых электростанций [4]. Эти технологии включают в себя использование цифровых контроллеров, силовых преобразователей и алгоритмов адаптивного управления, которые обеспечивают быстрое реагирование на изменения параметров окружающей среды [5].

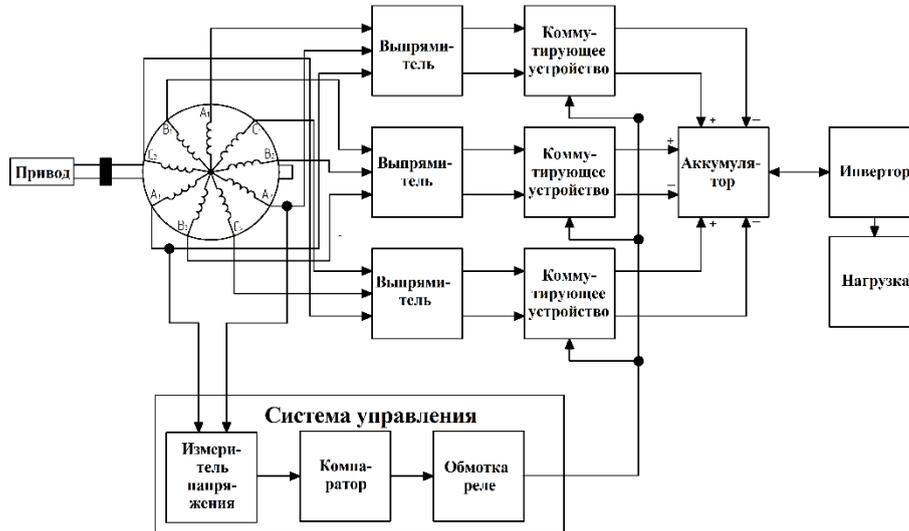


Рис.1. Структурная схема многофазной системы генерации электроэнергии [7]

Современные системы стабилизации основаны на многоуровневых преобразователях и импульсных стабилизаторах, которые способны эффективно сглаживать колебания электроэнергии и снижать гармонические искажения. Цифровые системы управления обеспечивают мониторинг и оперативное регулирование, что способствует увеличению надежности и снижению эксплуатационных рисков. В совокупности, интеграция этих технологий формирует основу для устойчивого функционирования морских волновых электростанций [6].

Интеграция девятифазных генераторов в структуру волновых энергетических систем, таких как изображенная на рисунке 1, в сочетании с системой стабилизации напряжения, позволяет значительно улучшить качество генерируемой электроэнергии [7]. Применение многофазных систем способствует оптимизации процессов преобразования и стабилизации выходного электросигнала, что особенно важно при переменном характере возмущений, обусловленных динамикой морских волн [8]. Использование девятифазных генераторов снижает амплитуду колебаний мощности, обеспечивая более стабильное и надежное энергоснабжение объектов [9]. Помимо этого, данный подход способствует повышению общей эффективности установки за счёт сбалансированного распределения нагрузки между фазами, что уменьшает электромагнитные и механические потери. В ре-

зультате достигается значительное улучшение параметров электроэнергии, что улучшает эксплуатационные характеристики волновых энергетических комплексов и повышает их конкурентоспособность на рынке возобновляемых источников энергии [10].

Таким образом, адаптация и применение технологий ветроэнергетики в области стабилизации выходных параметров волновых электростанций способствует развитию надежных и эффективных систем возобновляемой энергетики. Это открывает новые перспективы для расширения использования волновой энергии и повышения стабильности энергоснабжения в условиях высокоизменчивой природной среды [11].

Список литературы:

1. Махиянов, А. В. Волновая энергетическая установка на основе магнитоэлектрического генератора / А. В. Махиянов // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Кемерово, 07–09 декабря 2022 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 421-1-421-3.
2. Махиянов, А. В. Волновая энергетическая установка на основе электрогенератора / А. В. Махиянов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов, Тюмень, 21–23 декабря 2020 года. Том II. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 205-207.
3. Беляев, Ю. М. Стратегия альтернативной энергетики / Ю. М. Беляев ; Ю.М. Беляев; Сев.-Кавк. науч. центр высш. шк.. – Ростов н/Д : СКНЦВШ, 2003. – 206 с. – ISBN 5-87872-245-3.
4. Двинин, Д. Ю. Эколого-экономические характеристики традиционной и альтернативной энергетики в регионах Российской Федерации / Д. Ю. Двинин. – Челябинск : Челябинский государственный университет, 2020. – 127 с. – (Классический университет). – ISBN 978-5-7271-1661-6.
5. Возобновляемые источники энергии: термины и определения / Т. И. Андреев, В. Ф. Горнов, Р. М. Городничев [и др.] ; Под общей редакцией Рустамова Н.А.. – Издание второе, дополненное. – Москва : Франтера, 2019. – 114 с. – ISBN 978-5-94009-170-7.
6. Саттаров, Р. Р. Моделирование ветроустановки на базе двух пятифазных магнитоэлектрических генераторов со стабилизацией напряжения при изменяющейся скорости ветра / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2025. – Т. 21, № 1. – С. 16-25. – DOI 10.17122/1999-5458-2025-21-1-16-25.

7. Патент на полезную модель № 217709 U1 Российская Федерация, МПК F03D 7/00. Ветроэнергетическая установка с девятифазным генератором : № 2023102807 : заявл. 07.02.2023 : опубл. 13.04.2023 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов, И. И. Балгазин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

8. Патент на полезную модель № 228169 U1 Российская Федерация, МПК F03D 9/25, F03D 7/06, F03D 3/06. Горизонтально-турбинный девятифазный ветрогенератор : № 2024107865 : заявл. 26.03.2024 : опубл. 16.08.2024 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов, Д. Н. Крылов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

9. Патент на полезную модель № 230315 U1 Российская Федерация, МПК F03D 9/30, F03D 3/00, F03D 7/06. Аэростатное ветроэнергетическое устройство с девятифазным генератором : № 2024109988 : заявл. 11.04.2024 : опубл. 26.11.2024 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». – EDN FYMKWM.

10. Патент на полезную модель № 227868 U1 Российская Федерация, МПК H02P 9/10, F03D 9/30. Аэростатно-ветроэнергетическое устройство : № 2024104806 : заявл. 26.02.2024 : опубл. 07.08.2024 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов, И. И. Балгазин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

11. Бабаев, Б. Д. Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулированием тепла : специальность 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Бабаев Баба Джабраилович. – Москва, 2016. – 22 с.

Информация об авторах:

Махиянов Артур Валерьевич, ассистент кафедры ЭЭП, УГНТУ, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, artur.makhiyanov.sems510@mail.ru

Овсяников Константин Андреевич, бакалавр гр. БАЭ-22-01, УГНТУ, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, kostiaovsan0301@gmail.com