

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

МАКСИМОВ АНДРЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
КОТТЕДЖА**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Кортун
Елена Борисовна

Проверено

15.03.2019 Зачтено Библиотека

Комсомольск – на – Амуре

2019

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (КНАГУ).

Научный руководитель кандидат тех. наук, доцент
Янченко Андрей Вячеславович

Рецензент директор учебно-производственного
центра КГА ПОУ «Губернаторский
авиастроительный колледж
г. Комсомольска-на-Амуре
(Межрегиональный центр компетенций)»
Киница Олег Игоревич,

Защита состоится «15» марта 2019 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Автореферат разослан __ марта 2019 г

Секретарь ГЭК Н.Н. Мельникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Актуальность данной работы связана с тем, что в зонах, где отсутствует централизованное электроснабжение возникает необходимость использования альтернативной системы электроснабжения. Надежность такой системы обеспечена её гибридностью. В большинстве районов приход солнечной радиации и наличие ветра находятся в противофазе, т.е. когда светит яркое солнце, обычно нет ветра, а если дует сильный ветер, то нет солнца. Поэтому для обеспечения бесперебойного электроснабжения автономного объекта, уменьшения необходимой мощности ветротурбины и солнечной батареи и ёмкости аккумуляторной батареи, улучшения режимов работы станции во многих случаях целесообразно использование гибридной ветросолнечной электростанции.

Однако, сложность процессов энергопреобразования в гибридных энергоустановках, совершенствование их характеристик и расширение масштабов практического применения возобновляемой энергетики требуют дополнительных исследований в указанном направлении.

Таким образом, диссертационные исследования, посвященные разработке и исследованию гибридной системы с использованием фотоэлектрической системы и ветроэлектрической установки, своевременны и направлены на решение актуальной хозяйственной задачи.

Степень разработанности. В процессе работы над диссертацией был проведен обзор существующих автономных источников электроэнергии для относительно небольшой мощности. Была разработана и исследована наиболее надежная гибридная система электроснабжения для континентальных районов Хабаровского края.

Объектом исследования является гибридная (ветросолнечная) система электроснабжения для коттеджа.

Целью и задачей исследования является разработка гибридной системы автономного электроснабжения для коттеджа, расчет фотоэлектрической системы и ветроэлектрической установки, исследование гибридной си-

стемы путем моделирования в среде MATLAB Simulink, экономическая оценка системы, экологический анализ.

Личный вклад. Автором был проведен обзор наиболее перспективных и надежных систем автономного электроснабжения объектов, сделан расчет гибридной системы электроснабжения коттеджа, проведено моделирование фотоэлектрической системы и ветровой турбины с сравнением с другими ветроагрегатами.

Апробация работы.

Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на на 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.) и на 16-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.).

Публикации. По результатам исследований имеются две публикации:

1. Жук Е.П., Максимов А.В., Ряполов С.А., Шестоपालко Д.К., Янченко А.В. Разработка экологичного накопителя энергии // Дальневосточная весна – 2018: материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности / КНАГУ, 28 апреля 2018 г. – Комсомольск-н/А: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. с. 37-39.

2. Максимов А.В., Янченко А.В. Разработка системы автономного электроснабжения коттеджа. Материалы 48-й НТК аспирантов и студентов. ФГБОУ ВО «КНАГТУ». Комсомольск-н/А, 2018. с. 355-357.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка использованных источников. Содержит 79 страниц основного машинописного текста, 33 рисунка. Библиографический список включает 16 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы диссертации, обозначена цель и сформулированы задачи исследования.

В первой главе представлен расчет освещения коттеджа, выбирается необходимое количество и вид ламп освещения.

Во второй главе рассчитывается полная мощность, требуемая для потребителей электроэнергии, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 - Требуемые мощности потребителей электроэнергии

Потребитель	Мощность, Вт	Суммарная мощность, Вт
Холодильник	400	3816
Чайник	1000	
Дополнит.нагрузка	100	
Телефон	100	
Стиральная машина	2000	
Освещение	216	

В третьей главе произведен расчет фотоэлектрической системы (ФЭС), найден ток, генерируемый в ФЭС, при номинальном напряжении ФЭС $U_{фэс} = 12$ В. Выбран для ФЭС фотоэлектрический модуль ФСМ-180М со следующими характеристиками, приведенными на рисунке 1 (параметры измерены при стандартных условиях – интенсивности солнечной радиации 1000 Вт/м² и температуре 25 °С)

Тип солнечных элементов	Монокристаллические
Номинальная мощность	180Вт, (-3 ~ +3Вт)
Номинальное напряжение	12В
напряжение при пиковой мощности (V_{mp})	19,1В
Ток при пиковой мощности (I_{mp})	12,7А
Ток короткого замыкания (I_{sc})	13,4А
Напряжение холостого хода (V_{oc})	23,1В
Максимальное напряжение в системе (V_{DC})	1000В
Температура эксплуатации	-40 ~ +85°С
Количество элементов	36шт
Размер элементов	156x156
Распределительная коробка	IP68
Коннекторы	MC4
КПД солнечного модуля	17,8%
КПД солнечного элемента	20,2%
Количество диодов	3шт
Стоимость	9350 р.

Рисунок 1 - Характеристики фотоэлектрического модуля ФСМ-180М

В четвертой главе представлен расчет электрогенератора для ветро-электрической установки (ВЭУ), где определяется его максимальная мощность, необходимая для стабильного энергоснабжения. Рассчитан синхронный электрогенератор на постоянных магнитах для ВЭУ.

В таблице 4.1 приведены результаты расчета индукции магнитного поля в воздухе на оси магнита для разных расстояний r .

Таблица 4.1 – Расчет индукции на разных расстояниях r

r , м	0.0055	0.004	0.002	0.001
B_m , Тл	0.172	0.211	0.268	0.295

На рисунке 2 представлена зависимость индукции от расстояния r до расчетной точки магнитного поля.

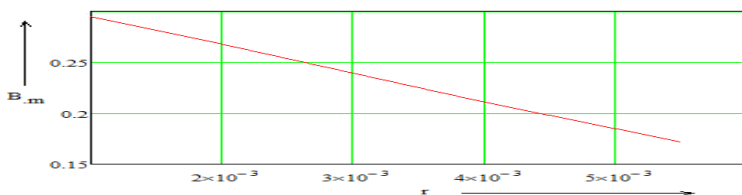


Рисунок 2— Зависимость индукции от расстояния r до расчетной точки магнитного поля.

Там же представлен расчет размеров и параметров ВЭУ. Наша проектируемая ветровая турбина представляет собой ВЭУ с цилиндрическим обтекателем. Внутри обтекателя располагается горизонтально-осевое 3-х лопастное ветроколесо.

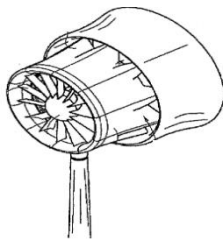
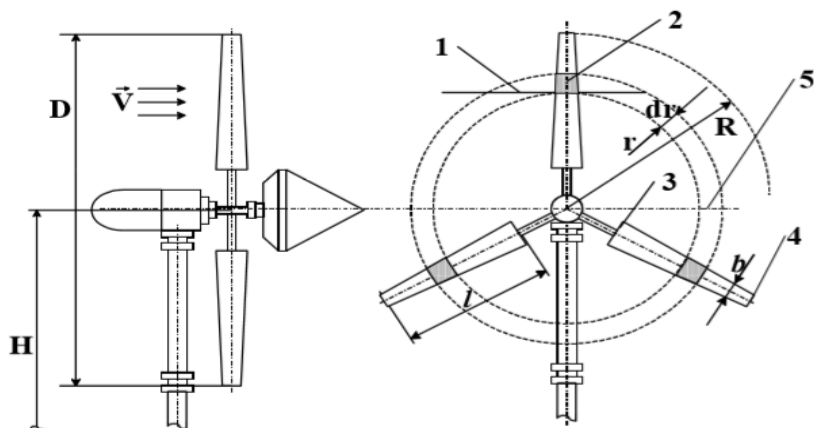


Рисунок 3 - Проект турбины ветрогенератора

Ветровая установка данного типа характеризуется отсутствием незащищенных лопастей вращения, а также имеет систему, предназначенную для их регулирования и ориентирования на направление ветра.

Это повышает надежность и безопасность конструкции. Цилиндрическая форма обтекателя самостоятельно разворачивается, улавливая ветер. Для нашей ветроустановки выбираем ветроколесо пропеллерного типа, см. рисунок 4.



- 1 – промежуточное сечение;
- 2 – элементарная лопасть;
- 3 – корневое сечение;
- 4 – периферийное сечение;
- 5 – элементарная кольцевая струя

Рисунок 4- Горизонтально-осевое 3-х лопастное ветроколесо пропеллерного типа

В пятой главе рассчитана ёмкость аккумуляторной батареи, требующаяся для покрытия нагрузки за сутки. Выбраны аккумуляторы DTM 12250 L , имеющие следующие характеристики: ёмкость – 250 А·ч; напряжение – 12 В; габариты – 520 * 269 * 221 мм; вес – 74 кг; РТД – - 20....+60 °С, тип клемм – болты М8; цена – 35000 руб.

В шестой главе смоделирована в среде MATLAB Simulink ФЭС, смотреть схему модели ФЭС на рисунке 5.

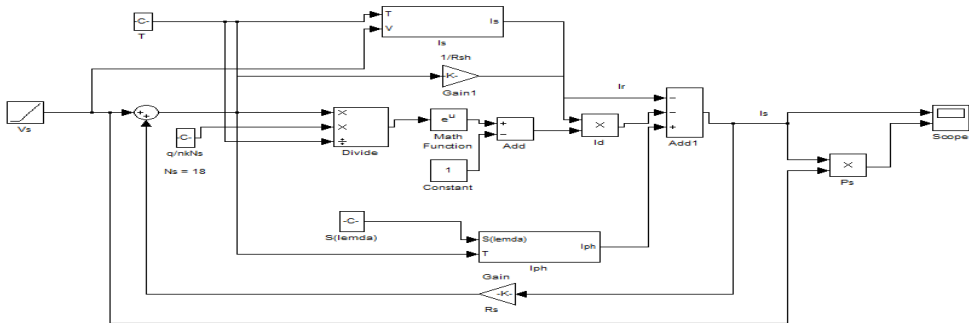


Рисунок 5 - Модель фотоэлектрической системы

Основной особенностью солнечной батареи при рабочем режиме является сильная зависимость электрической мощности от внешних условий, температуры и интенсивности фототока (солнечной радиации).

С помощью модели рассмотрено влияние на ВАХ изменения температуры (рисунок 6) и солнечной радиации (рисунок 7).

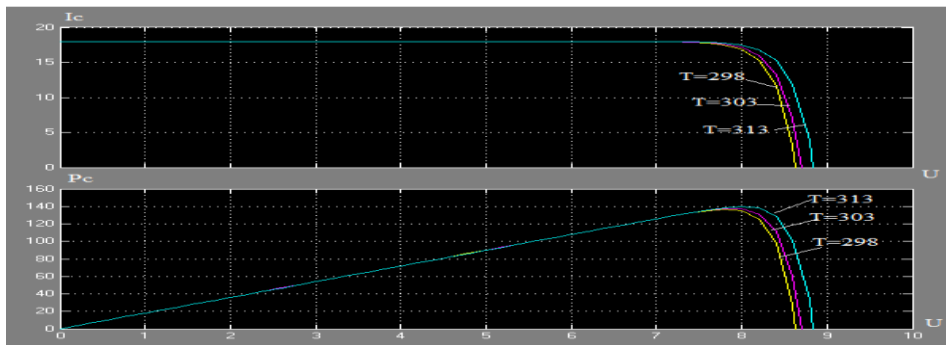


Рисунок 6- Влияние температуры на мощность и ВАХ ФЭС

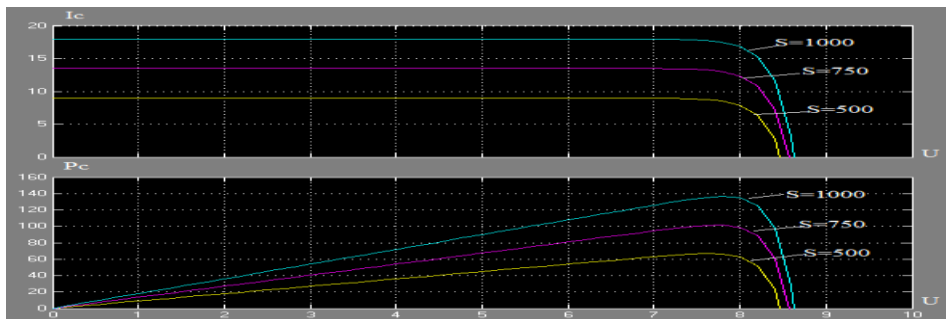


Рисунок 7 - Влияние солнечной радиации на ВАХ ФЭС

Так же смоделирована в среде MATLAB Simulink ветровая турбина (рисунок 8) и произведено сравнение характеристик с ротором Дарье.

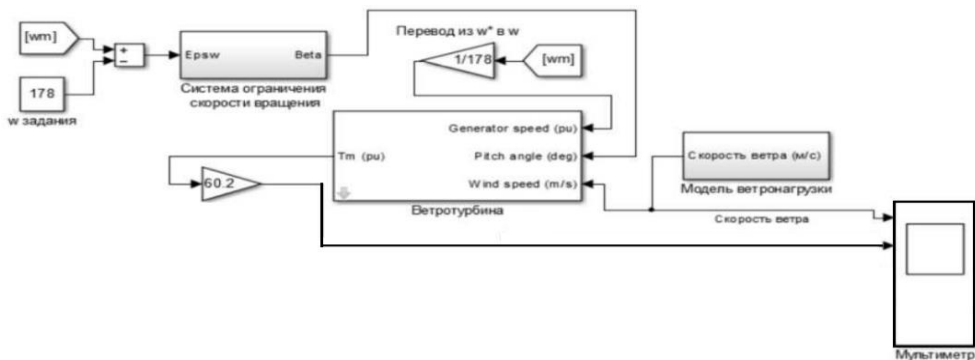


Рисунок 8- Модель ветровой турбины в MATLAB Simulink

Приведены графики скорости ветра и механического момента на выходе ветротурбины, изображенные на рисунке 9.

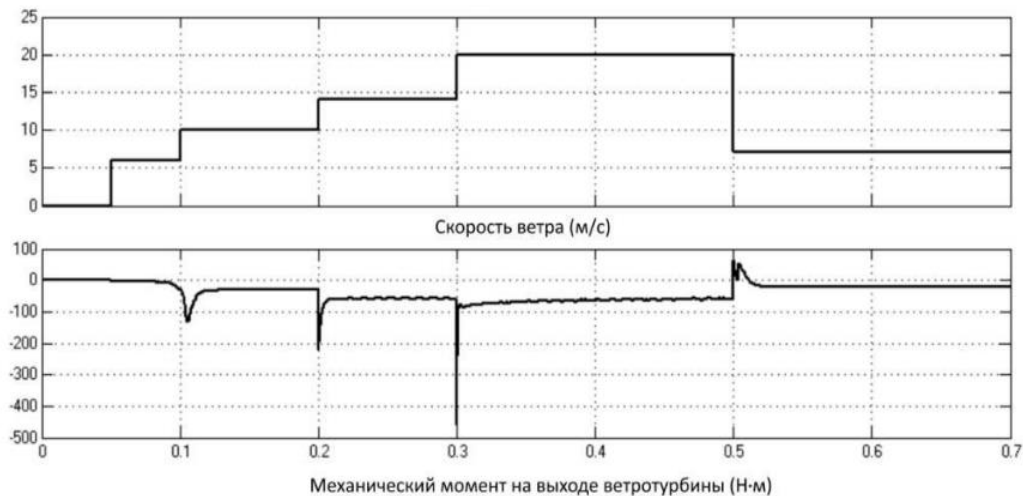


Рисунок 9 - Графики скорости ветра и механического момента на выходе ветротурбины при моделировании в MATLAB Simulink

Произведено сравнение создаваемых моментов нашей ветроэлектрической установкой с ротором Дарье при одинаковых ометаемых площадях и одинаковой выходной мощности 20,1 Вт при скорости ветра 3,6 м/с. На рисунке 10 представлен график зависимости вращающего момента ротора вет-

ротурбины для ротора типа Дарье и для горизонтально-осевого 3-х лопастного ветроколеса при выходной мощности 20,1 Вт и скорости ветра 3,6 м/с для различных значений длины хорды.

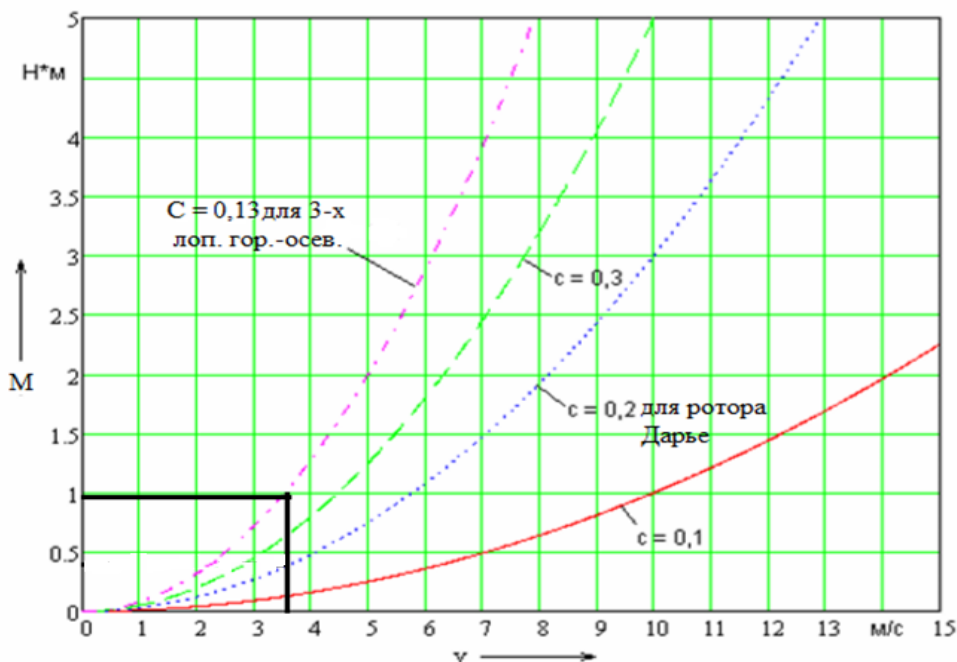


Рисунок 6.10 - Сравнение вращающихся моментов при старте горизонтально-осевого 3-х лопастного ВЭУ и ротора Дарье для различных значений длины хорды

В седьмой главе представлен расчет себестоимости, рыночной цены ВЭУ и её срока окупаемости, расчет срока окупаемости ФЭС, расчет себестоимости системы автономного электроснабжения коттеджа, расчет срока окупаемости всей системы автономного электроснабжения.

Экономический расчет о целесообразности применения моей горизонтально-осевой 3-х лопастной ВЭУ основывается на выбранных компонентах ВЭУ, которые соответствуют требуемой нагрузке, и выбранной ВЭУ. Стоимость соответствующих комплектующих представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет себестоимости и рыночной цены ВЭУ

Компонент ВЭУ	Стоимость, руб.		
	комплекта, Мвсехвэу	шт., Ндет	стоимость за 1 ед., Мпвэу
Ветроротор (3 лопасти)	3000	1	3000
Мачта	1500	1	1500
Обтекатель	5000	1	5000
Дополнительные механизмы	1500	1	1500
Крепеж, руководство погрузка	1000	1	1000
Прочие расходы	1000	1	1000
ИТОГО:	13000	1	13000

В восьмой главе произведен анализ потенциальных опасностей и вредных производственных факторов при эксплуатации проектируемой системы, разработаны мероприятия по достижению безопасных и безвредных условий труда при эксплуатации проектируемой системы, и определена экологичность проекта.

Заключение

В настоящей магистерской диссертации рассчитана и спроектирована система автономного электроснабжения для коттеджа. Рассмотрены различные варианты систем автономного электроснабжения.

Произведён расчёт фотоэлектрической системы, в результате которого выбрано количество фотоэлектрических модулей. Смоделирована в среде MATLAB Simulink фотоэлектрическая системы, сняты её вольт-амперные характеристики. Произведён расчёт ветроэлектрической установки, который позволил определить необходимую конструкцию и мощность электрогенератора, а также размеры ротора ветродвигателя. Смоделирована в среде MATLAB Simulink горизонтально-осевое 3-х лопастное ветроколесо, сняты характеристики скорости и момента от времени.

В качестве ветроагрегата выбрано горизонтально-осевое 3-х лопастное ветроколесо. Произведён анализ сравнения работы горизонтально-осевого 3-х лопастного ветроколеса и ротора Дарье при одинаковой ометаемой площади.

В качестве электрогенератора для ветроэлектрической установки выбран синхронный электрогенератора с ротором на постоянных магнитах, так как он обеспечивает выработку электроэнергии при малых скоростях вращения. Рассчитан срок окупаемости фотоэлектрической системы и ветроэлектрической установки, себестоимости системы автономного электроснабжения, и общего срока окупаемости всей системы автономного электроснабжения.

Сделан вывод, что спроектированная гибридная система автономного электроснабжения удовлетворяет всем предъявляемым стандартами требованиям и условиям.