

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Электроснабжение речного обстановочного теплохода 457 проекта |

УДК 621.31.031:629.55

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Бубнов Владислав Владимирович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭПЭО | Гусев Н.В. | К.Т.Н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель кафедры менеджмента | Потехина Н.А. | | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности | Панин В.Ф. | Д.Т.Н., профессор | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|----------------|---------------------------|---------|------|
| Электропривода и электрооборудования | Дементьев Ю.Н. | К.Т.Н., доцент | | |

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
 образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Дементьев Ю.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------------|
| 5ГЗБ | Бубнову Владиславу Владимировичу |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Электроснабжение речного обстановочного теплохода 457 проекта | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p> | <p><i>Объектом исследования является речной обстановочный теплоход 457 проекта. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - план теплохода; - сведения об электрических нагрузках; - данные об установленном оборудовании; |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Современное состояние систем электроснабжения маломерных судов; - Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии на судах; - Структурные схемы автономного электроснабжения маломерных судов; - Анализ природных условий для создания систем электроснабжения на маломерных судах; - Типы и характеристики солнечных и аккумуляторных батарей; - Типы инверторов, технические характеристики; |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Типы контроллеров заряда, технические характеристики; - Технический расчет и выбор оборудования; - Расчет электрических нагрузок; - Расчет системы электроснабжения ходовых огней и отташек; |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) | - |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов) | |
| Раздел | Консультант |
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | Потехина Нина Васильевна |
| «Социальная ответственность» | Панин Владимир Филиппович |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|------------|------------------------|---------|------|
| доцент кафедры ЭПЭО | Гусев Н.В. | К.Т.Н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Бубнов В.В. | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|--------|----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5ГЗБ | Бубнову Владиславу Владимировичу |

| | | | |
|---------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Институт | Энергетический | Кафедра | Электропривода и электрооборудования |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Электроэнергетика и электротехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|---|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Тариф на электроэнергию от береговой сети - 2,17 руб./кВт. |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | Средняя выработка энергии солнечной электростанцией в летний период — 1,6 кВт*ч в сутки |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | Анализ конкурентных технических решений. |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | Расчет затрат на установку и эксплуатацию солнечной станции |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | Определение себестоимости 1 кВт электроэнергии |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|---|---------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Старший преподаватель кафедры менеджмента | Потехина Н.В. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|-------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 5ГЗБ | Бубнов В.В. | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕЧНОГО ОБСТАНОВОЧНОГО ТЕПЛОХОДА 457 ПРОЕКТА»**

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5ГЗБ | Бубнов Владислав Владимирович |

| | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|---|
| Институт | Энергетический (ЭНИН) | Кафедра | Электропривода и электрооборудования (ЭПЭО) |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | Электроэнергетика и электротехника |

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
|---|--|
| <p>1. <i>Описание рабочего места (территория ремонтно-механического цеха и понизительной подстанции) на предмет возникновения:</i></p> <p>1.1. <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i></p> <p>1.2. <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i></p> <p>1.3. <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i></p> <p>1.4. <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></p> | <p>Территория базы по обслуживанию нефтегазового месторождения. Необходимо поддержание:</p> <p>1.1. Нормативных метеословия, уровней освещенности, вибрации и шума, электромагнитных полей;</p> <p>1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности;</p> <p>1.3. Нормативных мер при обращении с выбросами, сбросами и твердыми отходами из-за ремонта оборудования.</p> <p>1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), поражение персонала электрическим током.</p> |
| <p>2. <i>Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.</i></p> | <p>ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88» Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;</p> <p>ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.;</p> <p>№123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;</p> <p>Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681;</p> <p>Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12.2014).</p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <p>1.1. <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></p> <p>1.2. <i>действие фактора на организм человека;</i></p> <p>1.3. <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></p> <p>1.4. <i>предлагаемые средства защиты</i></p> | <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Шум;</p> <p>2. Вибрации;</p> <p>3. Возможные ненормативные метеословия и освещенность рабочих мест;</p> <p>4. Электромагнитные поля</p> |

| | |
|--|--|
| (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | |
| 2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности 2.1.механические опасности (источники, средства защиты); 2.2.термические опасности (источники, средства защиты); 2.3.электробезопасность; 2.4.пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | Опасные факторы: 2.1.Опасность электропоражения; 2.2.Опасность загораний (пожаров). |
| 3. Охрана окружающей среды: 3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); | Описание проектируемой системы обращения с выбросами, сбросами, твердыми отходами. |
| 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: 4.1.перечень возможных ЧС на объекте; 4.2.выбор наиболее типичных ЧС; 4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; | Возможные ЧС: загорание (пожар), электропоражения. Соблюдения техники безопасности Разработать мероприятия по предупреждению загораний, электропоражений и ликвидации их последствий |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|------------|------------------------|---------|------|
| профессор кафедры ЭБЖ | Панин В.Ф. | Д.Т.Н., профессор | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Бубнов В.В. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 страницы, 21 рисунок, 22 таблицы, 25 источников, 6 приложения.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, солнечная электростанция, электростанция, солнечный модуль, солнечная радиация, накопитель электрической энергии.

Объектом исследования являются: Маломерное судно.

Цель работы: Проект электроснабжения речного обстановочного теплохода, солнечной электростанции с накопителями электрической энергии, способной обеспечить бесперебойное электроснабжение автономного потребителя за счет преобразования энергии солнца.

В процессе исследования проводились: Расчет и выработки электрической энергии солнечными модулями, расчет и выбор емкости накопителей, разработка схемы электроснабжения, разработка солнечной электростанции, выбор оборудования солнечной электростанции.

В результате исследования построены графики выработки и потребления электрической энергии, выбраны тип и емкость аккумуляторных батарей, разработана схема солнечной электростанции и выбрано основное оборудование в соответствии со схемой.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработанная схема солнечной электростанции способна обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителя, как за счет накопителей электрической энергии, так и напрямую от фотоэлектрических элементов.

Область применения: Бесперебойное обеспечение потребителя электрической энергией на судах.

Экономическая эффективность/значимость работы: Использование возобновляемого источника энергии, что значительно снижает экономические затраты.

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение | 10 |
| 1 Современное состояние систем электроснабжения маломерных судов | 11 |
| 1.1 Системы электроснабжения маломерных судов. | 11 |
| 1.1.1 Электрическое питание от маршевого двигателя через генераторы 24В (12В)..... | 11 |
| 1.1.2 Электрическое питание от береговой сети в остановочном пункте оборудованным устройством подключения | 12 |
| 1.1.3 Электрическое питание в необорудованном остановочном пункте | 14 |
| 1.2 Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии на судах | 14 |
| 1.3 Структурные схемы автономного электроснабжения маломерных судов | 16 |
| 1.4 Анализ природных условий для создания систем электроснабжения на маломерных судах..... | 19 |
| 1.4.1 Общие географические и климатические сведения для эксплуатации в городе Томске..... | 21 |
| 1.5 Тип маршевого двигателя | 23 |
| 1.6 Типы и характеристики солнечных и аккумуляторных батарей | 23 |
| 1.6.1 Типы солнечных модулей | 23 |
| 1.6.2 Характеристики солнечных модулей | 29 |
| 1.6.3 Характеристики аккумуляторных батарей..... | 31 |
| 1.7 Типы инверторов, технические характеристики | 32 |
| 1.8 Типы контроллеров заряда, технические характеристики..... | 36 |
| 2 Технический расчет и выбор оборудования | 40 |
| 2.1 Анализ солнечного энергетического потенциала..... | 40 |
| 2.2 Характеристики объекта электроснабжения..... | 41 |
| 2.3 Расчет электрических нагрузок | 42 |
| 2.4 Выбор оборудования солнечной электростанции | 45 |
| 2.4.1 Выбор солнечных модулей | 45 |
| 2.4.2 Выбор аккумуляторных батарей, инвертора и контроллера | 47 |
| 2.5 Расчет системы электроснабжения ходовых огней и отмашек | 49 |
| 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... | 55 |
| 3.1 Анализ конкурентных технических решений..... | 55 |
| 3.2 Расчет затрат на установку и эксплуатацию солнечной станции | 57 |
| 3.3 Определение себестоимости 1 кВт электроэнергии..... | 59 |

| | |
|--|----|
| 3.4 Оценка эффективности | 60 |
| 4 Социальная ответственность | 62 |
| 4.1 Анализ вредных производственных факторов | 63 |
| 4.1.1 Микроклимат | 63 |
| 4.1.2 Шумы и вибрации | 64 |
| 4.1.3 Освещение | 65 |
| 4.1.4 Электромагнитное излучение | 68 |
| 4.2 Анализ опасных производственных факторов | 68 |
| 4.2.1 Электропоражение | 69 |
| 4.2.2 Загорание (пожар) | 70 |
| 4.3 Защита окружающей среды | 70 |
| 4.4 Предотвращение ЧС и устранение их последствий | 72 |
| Заключение | 74 |
| Список использованных источников | 75 |
| Приложение А – Возможная схема электроснабжения | 77 |
| Приложение Б – Возможная схема электроснабжения | 78 |
| Приложение В – Технические характеристики солнечного модуля Exmork ФСМ-200М | 79 |
| Приложение Г – Технические характеристики АКБ DELTA BATTERY GX 12-120 | 80 |
| Приложение Д – Технические характеристики инвертора ИС2-12-3000 | 81 |
| Приложение Е – Технические характеристики контроллера LandStar LS3024В | 82 |

Введение

Речные обстановочные теплоходы выполняют работы связанные с определением и указанием фарватера для прохода больших и средних транспортных судов в условиях постоянно меняющейся обстановки. Основными движителями таких транспортов являются судовые дизели. Электроснабжение речных судов осуществляется от электрических генераторов напряжением 12В и 24В постоянного тока, приводимых в движение от маршевого двигателя через ременную передачу. Если данные суда выполняют функцию служебно-разъездного транспорта, или они находятся не в речном Регистре, а относятся к маломерному флоту, то возникает проблема электроснабжения собственных нужд. Если судно находится на стоянке длительное время не в базовом пункте, где есть возможность запитаться электричеством с берега, а в необорудованном месте, необходимо решить задачу электроснабжения с помощью возобновляемых источников энергии.

Поэтому целью данной работы является разработка системы электроснабжения (СЭС) собственных нужд речного обстановочного теплохода на базе нетрадиционных источников энергии. Пути достижения цели разработать систему электроснабжения на 24В для основного электрооборудования; 12В для освещения и других собственных нужд судна с резервным бензогенератором Hitachi мощностью 2,2 кВт. Очевидно, что для решения поставленных задач необходимо применить гибридную мини электростанцию. Нарастающая популярность солнечных модулей не обошла стороной и водный транспорт. Солнечные модули стали устанавливать на борту катеров, как дополнительный источник энергии. Применение солнечных модулей оправдано в тех случаях, когда судно находится в автономном плавании.

1 Современное состояние систем электроснабжения маломерных судов

1.1 Системы электроснабжения маломерных судов.

1.1.1 Электрическое питание от маршевого двигателя через генераторы 24В (12В)

Электрооборудование теплохода включается в себя генератор – основной источник энергии. Генератор должен обеспечивать бесперебойную подачу тока и обладать достаточной мощностью, чтобы одновременно снабжать электроэнергией работающих потребителей и заряжать стартерную АКБ(2·190Ач). Так же альтернативные схемы электроснабжения приведены в приложении А и Б.

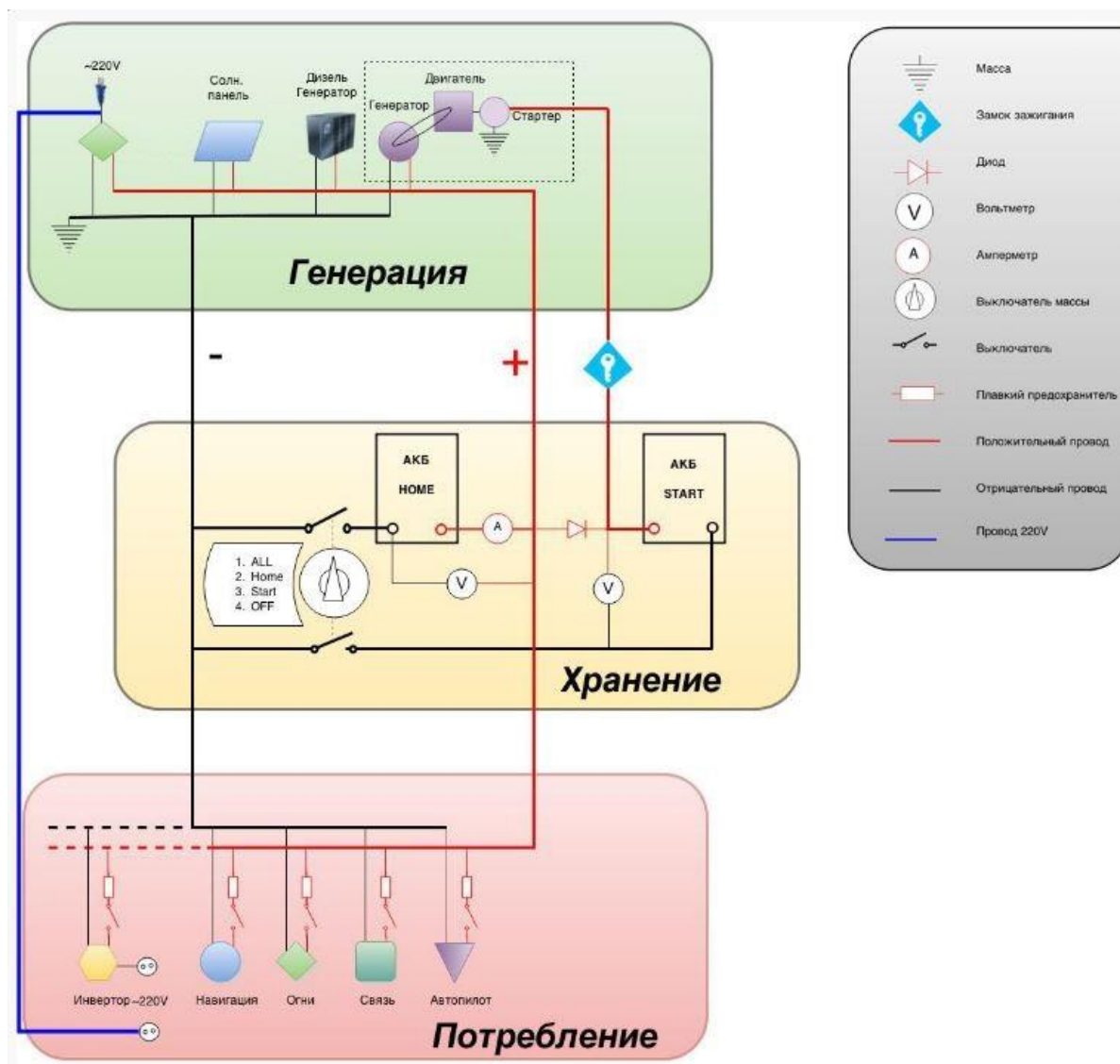


Рисунок 1 – Схема электроснабжения речного теплохода

1.1.2 Электрическое питание от береговой сети в остановочном пункте оборудованным устройством подключения

При нахождении судна в порту питание осуществляется от береговой сети. Прием электроэнергии от береговых сетей надлежит производить только через судовой распределительный щит питания с берега (ЩПБ).

На ЩПБ должны быть предусмотрены:

1. клеммные устройства для подключения гибкого кабеля;
2. коммутационные и защитные устройства для включения и защиты стационарно проложенного кабеля главного распределительного щита; при расстоянии между ЩПБ и ГРЩ менее 10м по длине кабеля защитное устройство допускается не устанавливать;
3. вольтметр или сигнальные лампы о наличии на клеммах напряжения от внешнего источника питания;
4. устройство или возможность включения устройства для контроля полярности или порядка чередования фаз;
5. клемма заземления нейтрального провода от внешнего источника;
6. табличка, указывающая напряжение, род тока и частоту;
7. устройство для механического закрепления конца гибкого кабеля, подведенного к щиту, и скобы для подвески кабеля, которые должны располагаться на ЩПБ или вблизи него.

Питание судов напряжением до 400В от береговых сетей переменного тока должно производиться через установленные на причалах специальные электроколонки. Электроснабжение судна от береговой сети должно выполняться посредством штатного шлангового кабеля.

В случае использования трехжильного кабеля заземление допускается осуществлять при помощи одножильного гибкого кабеля. Оба кабеля должны прокладываться в одном жгуте с механическим скреплением между собой.

Подготовка кабеля берегового питания к работе и его подключение на судне производится судовым электротехническим персоналом с участием

других членов экипажа. Подключение кабеля к электроколонке должно осуществляться службой главного энергетика порта.

Кабель берегового питания, находящийся под напряжением, при электроснабжении от береговой сети запрещается держать намотанным на вьюшку.

Судовые силовые сети постоянного тока допускается подключать к береговым сетям переменного тока только через соответствующие преобразователи электроэнергии. Судовые однофазные сети переменного тока допускается подключать к береговым сетям переменного тока только через трансформаторы с питанием первичной обмотки линейным или фазным напряжением береговой сети. При электроснабжении судна от сети трехфазного тока запрещается подключать отдельные приемники между фазами и заземляющей жилой кабеля.

Определение фактического расхода электроэнергии, отпущенной судну от береговой сети, должно производиться по показаниям электрического счетчика, установленного в электроколонке, на подстанции или на судне. При отсутствии электрических счетчиков допускается определение расхода электроэнергии по величине средней суточной потребляемой мощности для данного типа судов (утвержденной главным инженером парокходства) и продолжительности электроснабжения судна от береговой сети.

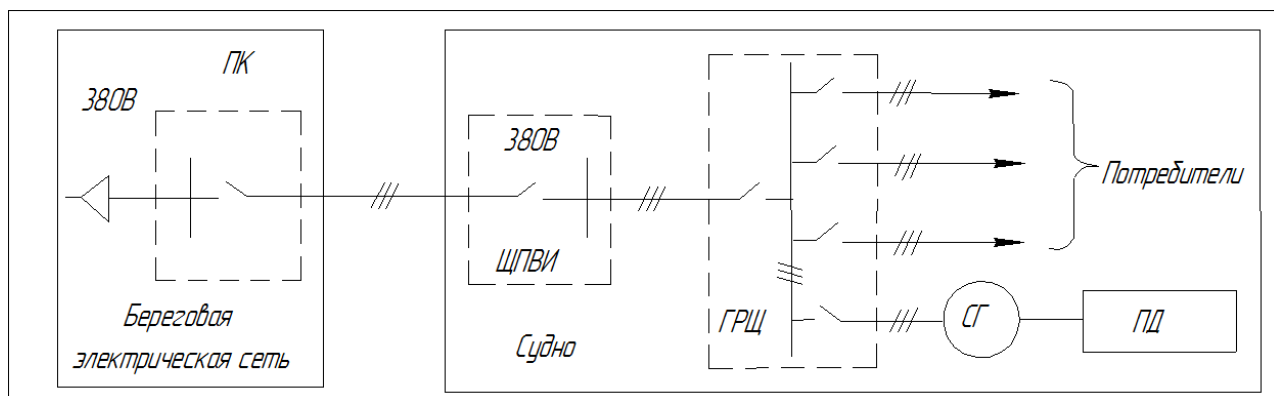


Рисунок 2 – Система электропередачи «берег – судно»:

ПК – питательная колонка для присоединения судов; ЩПВИ – щит питания от внешнего источника; ГРЩ – главный распределительный щит; СГ – синхронный генератор; ПД – приводной двигатель

1.1.3 Электрическое питание в необорудованном остановочном пункте

В случае, когда судно находится в автономном плавании питание от солнечной электростанции является весьма эффективным, это значительно экономит топливо.

Питание осуществляется в несколько этапов: генерация, хранения и потребление.

Генерация: получение солнечной энергии за счет установленных солнечных модулей. Солнечные лучи попадают на панель модулей, посредством трансформации преобразуется в электроэнергию.

Хранение: подзарядка аккумуляторов, которые обеспечивают бесперебойную подачу электроэнергии. После преобразования электроэнергия проходит через подключение аккумуляторов, тем самым обеспечивая зарядку аккумуляторных батарей, тут необходимо отметить что зарядка среднего современного аккумулятора занимает примерно один час, эта зарядка в последствии способна обеспечить непрерывную работы в течении 25 часов.

Потребление: подача электроэнергии в сеть потребления(холодильник, ПК и т.д.);

1.2 Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии на судах

Развитие технологий постепенно приводит к тому, что солнечные батареи становятся все более эффективнее и дешевле, а аккумуляторы легче и мощнее. Уровень инженерной и технической мысли применительно к экологичным видам транспорта, как сухопутным, так и водным, был в полной мере продемонстрирован на международном экотуре «Финляндия-2000». Безусловным фаворитом специалистов и зрителей стала финская солнечная яхта «Сольвейг», палуба которой была облицована ярко-синими фотоэлектрическими модулями. Электромотор мощностью 1,5 кВт,

навигационные приборы, бытовое электрооборудование – все запитывалось исключительно от солнечных батарей. В качестве дополнительного движителя предусмотрено использование паруса, закрепляющегося на специально приспособленной для него складывающейся мачте.

Катамаран имеет длину 31 метр и ширину 15 метров, а его вес составляет 60 тонн. Это судно является самым большим в мире, которое работает на энергии солнца, что вполне соответствует его названию Planet Solar (Солнечная планета). Название Türanor взято из знаменитого "Властелина колец" Толкиена и означает «энергия или сила солнца». Общая площадь солнечных модулей составляет 537 м², причем некоторая часть панелей являются складными. КПД солнечных модулей составляет приблизительно 18,6 %, что позволяет солнечному макси-тримарану генерировать почти 93 кВт электроэнергии, приводящей в движение 2 мотора мощностью 26,6 л. с., а также обеспечивать питание бортового оборудования и зарядку аккумуляторных батарей для движения в пасмурную погоду и ночью.

Создателями проекта являются яхтмены из разных стран мира совместно со швейцарскими учеными. Несмотря на то, что знаменитое экологичное судно создано по частной инициативе, правительством Швейцарии также была оказана финансовая поддержка проекту. Полная стоимость проекта составляет несколько миллионов евро.

Тримаран Planet Solar способен развить скорость до 15 узлов. Важным преимуществом судна является бесшумное движение. В случае непогоды, энергии, запасенной в аккумуляторах хватит на 3 дня плавания.

Судно начало свой путь из Монако, прошло Средиземное море, пролив Гибралтар, Атлантический океан и дальше продолжает свое плавание по Тихому океану. В начале апреля 2011 года тримаран Turanor Planet Solar, осуществляющий свое первое и полностью экологичное кругосветное плавание с помощью лишь солнечной энергии, прибыл на остров Французской Полинезии - Бора-Бора.

Кругосветное плавание на Planet Solar в случае успеха станет не только рекордом для морских судов на солнечной энергии, но и докажет всему миру высокий потенциал и надежность возобновляемых источников энергии.

Предыдущее достижение автономного плавания на судне, движущемся за счет солнечной энергии, принадлежало кораблю Sun 21 и составило 29 дней.

Швейцарская яхта Sun 21 пересекла Атлантический океан, пройдя 8 000 миль и не израсходовав при этом ни грамма углеводородного топлива.

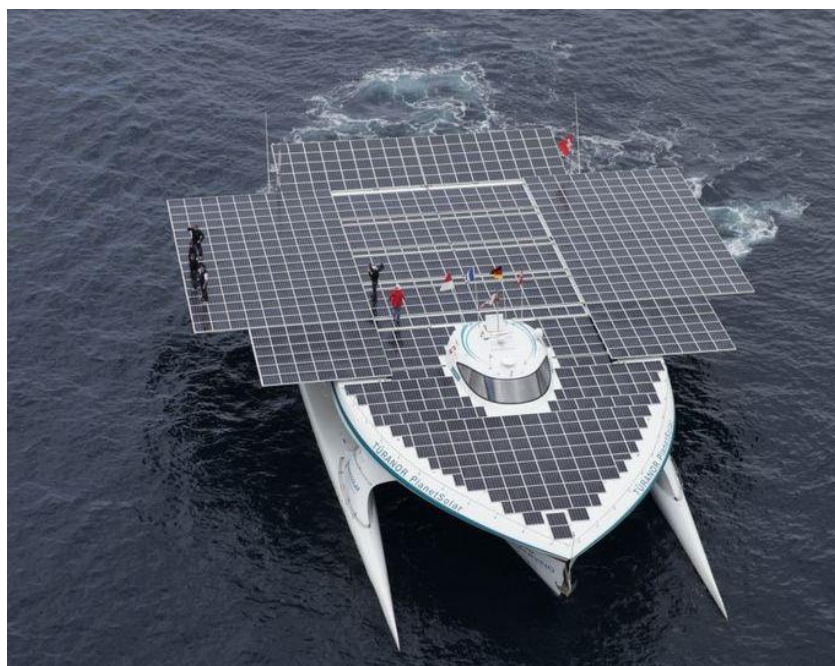


Рисунок 3 – Тримаран Planet Solar

1.3 Структурные схемы автономного электроснабжения маломерных судов

Автономные солнечные энергосистемы позволяют полностью отказаться от генераторов, повысить комфорт и безопасность на борту судна. Один из основных компонентов системы гибкий солнечный модуль. Благодаря гибкой конструкции он может быть установлен практически на любой поверхности судна, сохраняя геометрию эстетичный вид.

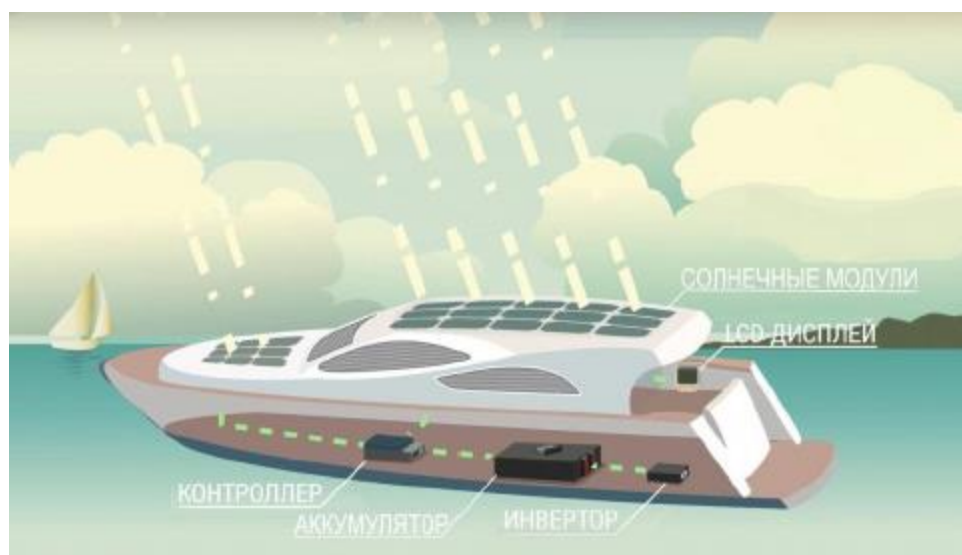


Рисунок 4 – Структурная схема автономного электроснабжения маломерного судна

Генерация электроэнергии происходит даже при рассеянном солнечном свете в пасмурную погоду. Контроллер заряда преобразует сгенерированную энергию и заряжает аккумуляторы. На панель приборов судна выводится интерактивный LCD – дисплей, наглядно отображающий информацию о состоянии заряда аккумуляторов.

При выключенном двигателе аккумуляторные батареи заряжаются от солнечных модулей. Этот процесс полностью автоматизирован и не требует контроля со стороны человека. Инвертор преобразует накопленную энергию в аккумуляторных батареях в электрический ток напряжением 220 вольт, что позволяет подключать любые электроприборы.

Солнечная энергосистема на борту позволяет приобретать автономную энергию в любых местах и пользоваться любыми электроприборами на 220В[11].

Для наиболее эффективной работы установок возобновляемой энергетики в составе автономных систем электроснабжения потребителей необходимо выполнение следующих основных технических требований:

- нестабильность первичной возобновляемой энергии солнечного излучения требует присутствия в системе гарантированного источника питания;
- разрабатываемая система должна обеспечивать запас энергии в объемах, достаточных для полного покрытия графика электрических нагрузок в накопителе, во время отсутствия первичного возобновляемого энергоресурса;
- система должна содержать полностью автоматизированные устройства, обеспечивающие рациональные и безопасные режимы заряда и разряда накопителя энергии.



Рисунок 5 - Структурная схема солнечной электростанции с подключением силовых модулей

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через контроллеры заряда-разряда, который выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических модулей выдается на постоянном токе, для приведения ее к стандартным параметрам в составе системы необходим инвертор[5].

Довольно часто функцию контроля заряда-разряда выполняют конвертеры постоянного напряжения, при этом отдельный контроллер заряда-разряда батареи не устанавливается. Обычно используются конвертера постоянного напряжения в постоянное напряжение (DC-DC

конвертора) повышающего типа. Учитывая, что характеристика солнечного элемента нелинейная зависимость, система управления конвертором должна обеспечивать максимум отбора мощности[11].

1.4 Анализ природных условий для создания систем электроснабжения на маломерных судах

Для более корректного выбора источника возобновляемой энергии необходимо определить мощность её потоков в предполагаемом месте их использования. Для выполнения поставленной задачи необходимо большое количество информации. Получений такой информации возможно только при регулярных наблюдениях и точном анализе выбранного источника.

С течением времени потребность энергии не постоянна. Например, максимальная потребность в электрической энергии - в утренние и вечерние часы и минимальная - в ночное время суток. Традиционные источники энергии могут подстраиваться под эти колебания, регулируя расход топлива или воды. При использовании нетрадиционных источников энергии колеблется не только спрос на энергию, но и мощность сами источников не постоянна во времени. Поэтому процесс согласования выработки и потребления электроэнергии в системе с ВИЭ представляется сложной задачей.

Все источники возобновляемой энергии делятся на три основных типа:

- химическая;
- механическая;
- тепловая и лучистая;

Каждый тип возобновляемых источников энергии обладает определенным набором качеств энергии, присущих только этому типу. Под качеством энергии возобновляемого источника понимается та доля энергии, которую можно преобразовать в механическую работу.

Возобновляемый источник энергии с механической энергией имеет высокое качество и пригоден для выработки электрической энергии[12].

В зависимости от источника, механическая энергия способна достигать до 30% при использовании энергии ветра. При использовании энергии воды этот процент намного больше, до 75 % при использовании приливных и волновых электроустановок. Качество тепловых и лучистых ВИЭ не сильно велико (до 35%) и ограничено вторым законом термодинамики.

Для источников энергии на основе фотонных процессов (солнечные панели), на данный момент технологического прогресса, практически не удалось получить качество выше 15 %. Лишь в космосе подобные устройства способны выдавать до 30 %.

Использование возобновляемых источников энергии является отличным решением для отдаленных районов где отсутствует централизованное электроснабжение.

Однако, для работы ВИЭ должны быть реализованы требуемые природные условия окружающей среды.

Немаловажным условием является и стоимость того или иного источника.

Опираясь на представленную информацию можно выбрать наиболее экономичный и эффективный ВИЭ для тех или иных требуемых условий.

Необходимо сделать вывод, что не существует простого и универсального метода планирования энергетики на основе возобновляемых источников энергии. Размер района, на котором разумно планировать энергетику на возобновляемых источниках, может занимать площадь радиусом около 250 км.

При развитии энергетики, стоит помнить, что эффективнее и дешевле, как правило, увеличивать энергоэффективность потребителей нежели увеличивать число источников электроэнергии. Выполнив анализ потребителей и потенциальных ВИЭ, необходимо согласовать их с друг другом. Согласование предполагает выполнение следующих условий.

1. Проектируемая энергоустановка предполагает максимальную эффективность использования возобновляемого источника энергии. Потери при передаче электроэнергии от источника к потребителю должны быть минимальными, для обеспечения минимизации размеров энергетического оборудования.

2. При проектировании систем управления возобновляемых источников, следует помнить, что использование обратной связи между потребителем и источником не эффективно. Вырабатываемая энергия будет расходоваться не полностью. Неэффективность обратной связи обуславливается постоянным существованием в окружающем пространстве потоков используемой энергии.

3. Согласование потребления и производства энергии, без завышения мощности энергоустановки, возможно при наличии накопителей производимой энергии.

4. При невозможности согласования установки ВИЭ и потребителя от этой задачи отказываются. В таком случае возобновляемый источник энергии подключают к более мощной и универсальной энергосистеме.

5. Наиболее эффективным вариантом использование ВИЭ является схема, где в каждый момент времени к источнику подключается такое количество потребителей, суммарная мощность которых соответствует вырабатываемой мощности источника в данный момент [6].

Для системы электроснабжения маломерного судна буду рассматривать такие ВИЭ как солнце.

1.5 Тип маршевого двигателя

В ходе ремонта и модернизации судна на смену старому двигателю 6ЧСП 12/14 было решено рассмотреть несколько двигателей: типа СМД-18Н, СМД-14, ЯМЗ-236М2Ср2-1. В установлен СМД-18Н левого вращения, четырехцилиндровый, четырехтактный, с турбонаддувом, с водяным охлаждением, номинальной мощностью 100 л.с. при 1800 об./мин.

Двигатель — четырехлопастной гребной винт. Технические характеристики двигателя приведены в таблице 1[8].

Таблица – 1 Технические характеристики двигателей

| | СМД-18Н | СМД-14 | ЯМЗ-236М2Ср2-1 |
|--------------------------------------|---------|--------|----------------|
| Номинальная мощность, л.с. | 100 | 81 | 180 |
| Номинальная частота вращения, об/мин | 1800 | 1800 | 2100 |
| Количество цилиндров, шт. | 4 | 4 | 6 |
| Масса, кг | 735 | 680 | 1250 |

1.6 Типы и характеристики солнечных и аккумуляторных батарей

1.6.1 Типы солнечных модулей

Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов

Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов имеют высокий КПД, в сравнении с поликристаллическими и находится в диапазоне 14-16%, однако более дороги в расчете на ватт мощности.

В качестве основного используется кремний, проходящий несколько стадий очистки от примесей. Этот материал долгое время используется в области производства проводников. Кремниевый монокристалл растет на семени, которое медленно вытягивается из кремниевого расплава. Стержни, полученные таким путем, режутся на части толщиной от 0,2 до 0,4 мм.

Далее данные диски подвергают производственной обработке, такой как:

- обтачивание, шлифовка и очистка;
- наложение защитных покрытий;
- металлизация;
- антирефлексионное покрытие.

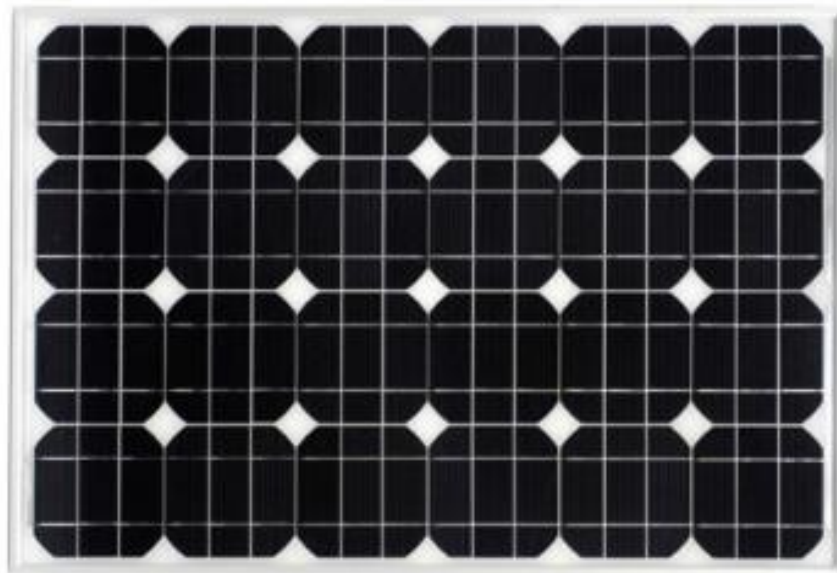


Рисунок 6 – Внешний вид монокристаллического солнечного модуля

Обычно монокристаллические элементы выполнены в форме многоугольников, которыми проблематично заполнить всю площадь модуля. В результате удельная мощность солнечной батареи несколько ниже, чем удельная мощность отдельного ее элемента.

Солнечные панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов

Процесс изготовления солнечной панели из поликристаллического кремния значительно легче, так как данный материал из собранных случайным образом монокристаллических решеток кремния.

Солнечные панели выполненные из поликристаллических фотоэлектрических элементов имеют большее распространение из-за соотношения цены и КПД среди всех видов панелей. КПД данных панелей составляет 12-15%. Элементы образующие панель имеют синий цвет и кристаллическую структуру.

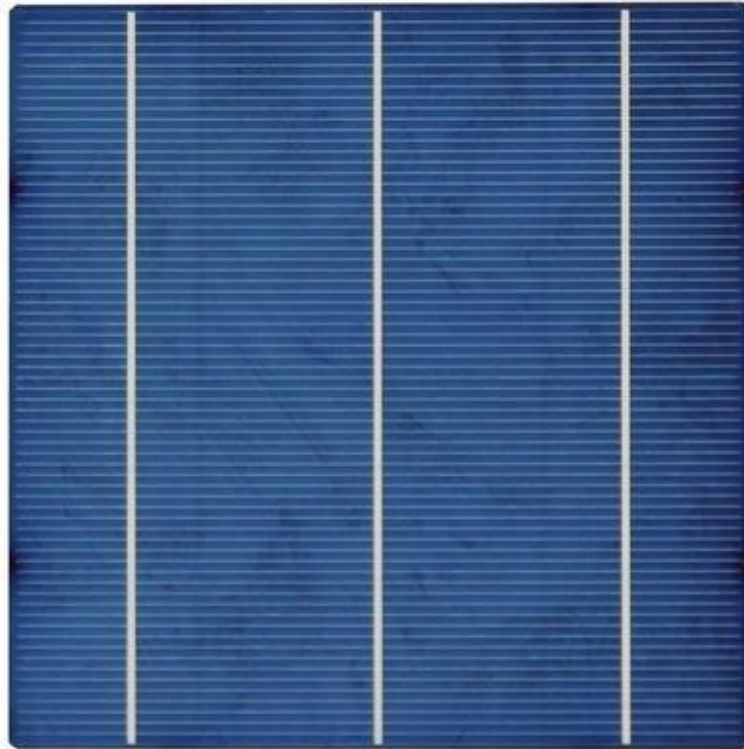


Рисунок 7 – Внешний вид поликристаллического солнечного модуля

Поликристаллический кремний формируется, когда кремниевый расплав охлаждается медленно и находится под контролем. При производстве поликристаллических панелей операция вытягивания, характерная для производства монокристаллических элементов, не осуществляется, что делает производство менее энергоемким и более дешевым. Однако внутри кристалла поликристаллического кремния имеются области, отделенные зернистыми границами, вызывающие меньшую эффективность элементов.

Далее речь пойдет о тонкопленочных солнечных батареях. Все данные типы батарей имеют два основных преимущества в сравнении с кремниевыми: хорошая гибкость и низкая масса. С развитием технологий производства и увеличением эффективности преобразования возможно данные преимущества станут ключевыми и приведут к повсеместному распространению таких типов солнечных элементов. Рассмотрим более подробно три основных вида тонкопленочных солнечных батарей.

Солнечные панели из аморфного кремния

Солнечные батареи из аморфного кремния имеют самый низкий КПД и имеет значения в пределах 6-8%. Однако среди всех кремниевых технологий фотоэлектрических преобразователей они вырабатывают самую дешевую электроэнергию из-за дешевизны производства и как следствия низкой себестоимости элементов.

Аморфный кремний получается при помощи «техники испарительной фазы», когда тонкая пленка кремния осаждается на несущий материал и защищается покрытием. Эта технология имеет ряд недостатков и преимуществ.

Преимущества:

- процесс производства солнечных панелей на основе аморфного кремния относительно простой и недорогой;
- возможно производство элементов большой площади;
- низкое энергопотребление.

Недостатки:

- Эффективность преобразования значительно ниже, чем в кристаллических элементах;
- Элементы подвержены процессу деградации

Это вызвано выгоранием слоев кремния под действием солнечной радиации. В следствии чего, эффективность солнечных батарей из аморфного кремния снижается на 20% в первые 2 месяца использования. В целом их срок службы составляет не более 8-10 лет.



Рисунок 8 – Внешний вид солнечной панели из аморфного кремния

Солнечные панели из теллурида кадмия

Солнечные панели из теллурида кадмия создаются также на основе пленочной технологии. Первые исследования начались проводиться еще в 70-ых годах. В то время его рассматривали как один из оптимальных вариантов для использования в космосе, сегодня же батареи на основе CdTe являются одними из самых перспективных в земной солнечной энергетике. Так как кадмий является кумулятивным ядом, то дискуссии возникают лишь по одному вопросу: токсичен или нет? Но исследования показывают, что уровень кадмия, высвобождаемого в атмосферу, ничтожно мал, и опасаться его вреда не стоит. Полупроводниковый слой наносят на подложку в несколько сотен микрометров. КПД составляет около 11%.



Рисунок 9 – Внешний вид солнечной панели из теллурида кадмия

Солнечные панели из CIGS

CIGS - это полупроводник, в состав которого входит медь, индий, галлий и селен. Пленку этого состава получают путем распыления меди, индия и галлия с дальнейшей обработкой парами селена. Обладает достаточно высоким КПД до 15%.

Сегодня на рынке наиболее заметны кристаллические кремниевые элементы (около 85% мирового рынка). Наибольшее распространение

получили поли- и монокристаллические солнечные батареи имея оптимальное соотношение цены и КПД.



Рисунок 10 – Внешний вид солнечной панели из CIGS

Тонкопленочные солнечные элементы (около 15% рынка) представляют большой интерес в связи с их постоянным удешевлением, связанным с меньшим использованием чувствительного материала и более дешевыми технологиями. Ожидается, что в силу этих и других факторов стоимость получаемых материалов будет достаточно низкой при массовом производстве и применение СЭ. К примеру в США планируется снижение цены на 20% на тонкопленочные фотоэлектрические модули, которое будет достигнуто к 2014 году. На рынке солнечных батарей ожидается рост доли тонкопленочных батарей от 15% в 2009 до 30,5 % к 2015 году[12].

При осуществлении выбора солнечных батарей обратим внимание именно на батареи из кристаллического кремния. Выбор в пользу кремниевых, а не тонкопленочных элементов обусловлен следующими обстоятельствами:

- Батареи на основе аморфного кремния имеют ярко выраженный недостаток в виде деградации.
- Наиболее эффективные тонкопленочные элементы на основе CIGS технологии занимают лишь 2 % мирового рынка солнечных элементов. Поставка батарей такого типа практически не осуществляется в данный момент на отечественный рынок.

1.6.2 Характеристики солнечных модулей

Основными техническими параметрами солнечным модулей являются:

- Мощность (Вт);
- Рабочее напряжение (В);
- Напряжение в точке максимальной мощности (В);
- Рабочий ток (А);
- Ток короткого замыкания (А);
- Габариты (мм·мм);
- Вес (кг);

Ниже приведены характеристики стандартных солнечных панелей некоторых производителей. Приведенные данные позволяют сопоставить стоимость батарей различных поставщиков.

Таблица 2 – Параметры солнечных батарей компании «Exmork»[11].

| Модель | Мощность, Вт | U_{xx} , В | U_m , В | I_m , А | Размеры, мм | Вес, кг | Цена, руб. |
|---------|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|---------|------------|
| ФСМ-50 | 50 | 21,34 | 17,79 | 2,81 | 830x420x25 | 4,5 | 3339 |
| ФСМ-100 | 100 | 22,63 | 18,86 | 5,30 | 1200x550x35 | 8,57 | 6431 |
| ФСМ-160 | 160 | 22 | 17,5 | 9,14 | 1482x670x35 | 12,9 | 10290 |
| ФСМ-200 | 200 | 43,44 | 36,21 | 5,54 | 1580x670x30 | 9,05 | 12862 |
| ФСМ-250 | 250 | 36,15 | 30,62 | 8,14 | 1640x992x35 | 22 | 16078 |
| ФСМ-300 | 300 | 43,15 | 36 | 8,33 | 1956x992x45 | 23 | 19294 |
| ФСМ-320 | 320 | 43,15 | 36 | 8,89 | 1956x992x50 | 23 | 21372 |

Таблица 3 – Параметры солнечных батарей компании «Энергоимперия»[11].

| Модель | Мощность, Вт | U_{xx} , В | U_m , В | I_m , А | $I_{кз}$, А | Размеры, мм | Вес, кг | Цена, руб. |
|----------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|-------------|---------|------------|
| ФСМ-95 | 95 | 20,5 | 17,5 | 5,13 | 5,57 | 1193x543x35 | 9 | 6100 |
| ФСМ-140П | 140 | 21,6 | 18 | 7,77 | 8,44 | 1305x655x28 | 11 | 7500 |
| ФСМ-150 | 150 | 22,6 | 19 | 7,89 | 8,53 | 1476x667x35 | 12 | 89000 |
| ФСМ-190 | 180 | 43,8 | 36,5 | 5,21 | 5,8 | 1340x990x38 | 15,5 | 10500 |
| RZMP-200 | 200 | 35,7 | 27,7 | 7,25 | 7,9 | 1640x980x36 | 21,5 | 14800 |
| RZMP-210 | 210 | 36,2 | 28,1 | 7,5 | 8,1 | 1640x980x36 | 17 | 15550 |

где:

U_{xx} - напряжение холостого хода;

U_m – напряжение при максимальной мощности;

I_m – ток при максимальной мощности;

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания;

Из приведенной выше продукции наиболее дешевыми (в сравнении цены за ватт номинальной мощности) являются батареи компании «Exmork». КПД монокристаллических солнечных батарей данной компании доходит до 14 %. Таким образом, есть возможность приобретения батарей с КПД близким к максимальному. Производитель солнечных элементов - Компания Exmork входит в пятерку лучших в мире. Солнечные модули и элементы этой компании применяются во многих странах мира, и считаются одними из лучших в индустрии солнечной энергетики. Срок гарантии на данные фотоэлектрические модули составляет 10 лет. Производитель гарантирует сохранение заявленной мощности более чем 90% от номинальной мощности в течение 15 лет[9].

Таким образом, за сравнительно невысокую стоимость мы получаем довольно качественные и эффективные батареи.

1.6.3 Характеристики аккумуляторных батарей

Повысить эффективность использования солнечных элементов в автономных системах электроснабжения возможно за счет использования накопителей энергии в виде аккумуляторов.

Электрический аккумулятор – химический источник тока многократного действия (вторичный химический источник тока), основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд) для накопления энергии и автономного электропитания различных электротехнических устройств и оборудования.

Химическими источниками тока называются устройства, в которых химическая энергия при разряде за счет окислительно-восстановительных процессов превращается в электрическую[6].

Разные типы аккумуляторов имеют не только различную стоимость, но и отличаются по основным параметрам: количеству циклов перезарядки, максимальному сроку хранения, отдаваемой емкости, внутреннему сопротивлению, размерам, объему электролита, температурному диапазону работы, возможностям ускоренной зарядки. Разрядные характеристики аккумуляторных батарей зависят от величины тока разряда. Срок службы аккумуляторов также зависит от эксплуатационных особенностей, частоты и глубины заряда-разряда, величин зарядного и разрядного тока.

При проектировании системы автономного электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии, рассмотрим гелевые аккумуляторные батареи. Это наиболее совершенный, на сегодняшний день, тип аккумуляторов. Кроме того, эти типы аккумуляторов – мало обслуживаемые, следовательно эксплуатационные затраты, связанные с их использованием, будут значительно ниже. В связи с этим, использование гелевых аккумуляторов наиболее удобно и выгодно для солнечной электростанции. Основные параметры, которыми обычно руководствуются при выборе электрических аккумуляторов, являются емкость, срок службы и стоимость.

Таблица 4 – Технические характеристики АКБ типа DELTA GX 12

| Тип АКБ | U(B) | C(A*ч) | Д(мм) | Ш(мм) | В(мм) | Цена |
|-----------------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| DELTA GX 12-40 | 12 | 40 | 197 | 165 | 170 | 7300 |
| DELTA GX 12-55 | 12 | 55 | 239 | 132 | 235 | 9400 |
| DELTA GX 12-75 | 12 | 75 | 258 | 166 | 215 | 12700 |
| DELTA GX 12-100 | 12 | 100 | 330 | 171 | 220 | 15000 |
| DELTA GX 12-150 | 12 | 150 | 482 | 170 | 240 | 23000 |
| DELTA GX 12-200 | 12 | 200 | 522 | 238 | 227 | 29300 |
| DELTA GX 12-230 | 12 | 230 | 520 | 269 | 208 | 34300 |

Свинцово-кислотный аккумуляторы DELTA серии GX изготовлены по технологии GEL. В качестве электролита используется загущенная серная кислота в виде геля, что обеспечивает устойчивость аккумулятора к глубоким разрядам и высокую стабильность[14].

1.7 Типы инверторов, технические характеристики

В энергетике весьма часто возникает необходимость преобразования одних величин в другие потому, что электрическую энергию производят источники переменного или постоянного тока. Для них создаются соответствующие потребители: электродвигатели, трансформаторные устройства, бытовые приборы.

Во многих отраслях деятельности, как и в альтернативной энергетике, возникает необходимость эксплуатации потребителей от комбинированных источников. Аккумуляторные батареи заряжают, а радиотехнические приборы, компьютерные устройства питают постоянным током или выпрямленным от генераторов электроэнергии с вращающимся электромагнитным полем.

Обратную задачу работы электродвигателей синусоидальных гармоник бытовых электроприемников от источников постоянного тока решают преобразованием электроэнергии в переменную с помощью специально разработанных сложных электрических конструкций, которые называют инверторами.

Назначение и задачи инвертора

По способу подключения к солнечной станции, потребителям и аккумуляторам инверторы подразделяются на:

- сетевые,
- автономные,
- гибридные.

Сетевые модели с обозначением “on grid” работают от солнечной электростанции на нагрузки общественной электрической сети. Они больше всего используются в системах с мощностями, превышающими 10 кВт, характерны для применения в странах Европы. В условиях России положения «Зеленого тарифа» не дают право частным лицам на использование этого метода.

Автономные инверторы обозначают “off grid”. Их подключают к домашним бытовым потребителям, а запитывают от аккумуляторных батарей, подзаряжаемых солнечными модулями через контроллеры.

Гибридные конструкции используют оба метода подключения. Они хорошо сочетаются со схемами источников бесперебойного питания, могут посредством автоматики контроллера работать от аккумуляторной батареи или солнечного модуля при необходимости[17]

Принципы работы инвертора

Во время эксплуатации небольшая часть приложенной энергии теряется на нагрев элементов схемы и побочные процессы. Поэтому выходная мощность всегда ниже затраченной. Эффективность хорошей конструкции определяется КПД с величиной 90 - 95%.

Инвертор принято считать генератором периодического напряжения, которое по форме очень близко к синусоидальным гармоникам или значительно отличается от него формой выходного сигнала.

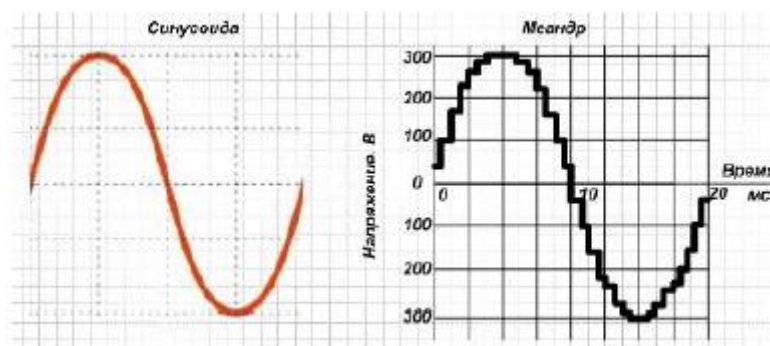


Рисунок 11 – Графики синусоидального колебания и его аналога, вырабатываемого инвертором

На графике представлены принципиальные виды синусоиды и близкого к ее виду напряжения на выходе инвертора, которое принято называть «Меандр». В зависимости от сложности конструкции с возможностями реализации ею различных функций форма меандра может быть еще больше приближена к характеристикам синуса или закруглена, напоминая на каждой полуволне своим видом обыкновенные трапеции или даже прямоугольники.

Для домашних солнечных электростанций в России наибольшим спросом пользуются схемы, создающие одну фазу переменного напряжения с величиной 220 вольт.

Для преобразования постоянного тока инвертор может работать по трансформаторной схеме или без нее. Наличие трансформатора значительно утяжеляет конструкцию, но позволяет создавать высококачественный выходной сигнал.

Система охлаждения устройства может использовать принудительно работающий вентилятор. В дорогих конструкциях уделяется внимание:

- бесшумности,
- использованию нескольких режимов работы, зависящих от нагрузки (особенно при перегреве).

Выпускаемые промышленностью инверторы могут из однофазных систем объединяться в трехфазные устройства повышенной мощности. Они способны выполнять различные задачи вплоть до передачи излишек вырабатываемой электроэнергии в промышленную сеть [10].

Основные правила выбора инвертора

Бытовые приборы постоянного тока и аккумуляторы эксплуатируют стандартные значения напряжений 12/24/36/48 вольт в зависимости от своей конструкции. Производители инверторов под каждый указанный вид напряжения выпускают свое оборудование. Это следует анализировать при выборе модели.

При эксплуатации инвертора следует учитывать:

- пиковую мощность энергопотребления,
- четыре фазы работы: пусковой режим, стадию длительного преобразования электроэнергии при номинальной мощности, холостой ход, перегрузки.

Пиковая мощность потребителей измеряется за определенный момент времени при создании критических нагрузок, может значительно превышать номинальные величины стандартной сети ~220V/50Hz.

В пусковом режиме инверторы способны отдавать завышенные мощности в течение короткого времени запуска электродвигателей (несколько миллисекунд) и ввода в работу емкостных нагрузок. Такой режим характерно проявляется при включении холодильников, стиральных и посудомоечных машин.

Режим длительной работы должен соответствовать номинальным характеристикам выбираемой конструкции.

Потребляемая мощность устройства без нагрузки на выходе не должна превышать 1% номинальной у качественных моделей.

При фазе перегрузки отдельные виды инверторов могут надежно передавать мощности, превышающие до 50% номинального значения в течение получаса. Но эта способность у каждой модели прибора выполнена по-разному.

Определить величину идеальной нагрузки весьма проблематично. Поэтому инверторы подбирают с созданием резерва мощности, обладающего запасом до 20% от расчетных величин.

В разветвленной домашней сети нагрузка может постоянно колебаться в большом диапазоне значений. При таком ее характере рекомендуется приобретать не один мощный инвертор, а рассчитать оптимальное количество ступеней используемых мощностей для приобретения нескольких моделей, поочередно коммутируемых схемой автоматики для экономичного, оптимального использования ресурса оборудования.

Наличие встроенных защит характеризует качество инвертора, который должен выводиться из работы при:

- отклонении питающего напряжения по верхнему и нижнему уровню,
- возникновении коротких замыканий в выходной цепи,
- перегрузках по току и температуре.

В случаях снижения нагрузки до минимальных величин схема автоматики может переводить инвертор в режим ожидания. Но эта функция присуща не всем моделям[10].

1.8 Типы контроллеров заряда, технические характеристики

Контроллеры заряда аккумуляторов от солнечных батарей предназначены для оптимизации режима заряда/разряда аккумуляторных батарей[16]. В фотоэлектрической системе контроллер заряда находится между солнечной панелью и аккумулятором. Основная функция контроллера – нормировать напряжение, которое вырабатывается панелями, к напряжению, которое необходимо, чтобы заряжать аккумуляторы. Контроллер отключает солнечные панели от аккумуляторов при их полной зарядке, чтобы избежать перезаряда.

Основные функции контроллера заряда:

- регулирование процессов заряда и разряда аккумуляторов;
- предотвращение перезаряда аккумулятора;
- предотвращение полного разряда аккумуляторов;
- включение/отключение нагрузки, если нагрузка подключена через контроллер;
- не допускает обратного тока в ночное время;

Виды контроллеров заряда аккумуляторов от солнечных батарей

В фотоэлектрических системах используют в основном контроллеры двух типов технологии:

- ШИМ (PWM) – широтно-импульсная модуляция (Pulse-width modulation);
- MPPT – поиск точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking);

1. ШИМ контроллер – это последовательный контроллер, который отключает зарядку не закорачивая солнечные модули. Работа данного контроллера позволяет заряжать аккумулятор на 100%.

ШИМ-контроллеры обычно используются в системах малой мощности - до 2 кВт, где требуется зарядка аккумуляторов относительно небольшой емкости и количество установленных модулей не превышает 10 шт. Широтно-импульсные контроллеры имеют только светодиодную индикацию,

а некоторые модели оборудованы также LCD-экранами, на них выводится вся текущая информации, касающаяся работы системы.

Контроллер с широтно-импульсной модуляцией позволяет заряжать аккумулятор от солнечных батарей на 20%-30% эффективнее, чем более простой on-off контроллер.

2. Контроллер MPPT работает по технологии управления максимальными пиками энергии. Это технология позволяет заряжать АКБ с более низким номинальным напряжением, чем номинальное напряжение солнечной батареи. Т.е. появляется возможность зарядки аккумулятора с номинальным напряжением 12В от солнечной батареи, которая имеет номинальное напряжение 24В или 48В. Это осуществляется благодаря отслеживанию точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking) и преобразованию высокого напряжения солнечной батареи в более низкое, но с большей силой тока. Мощность источника при данном преобразовании не изменяется. КПД MPPT контроллера около 94-98%.

Их целесообразно использовать в фотоэлектрических системах, где несколько солнечных панелей подключены последовательно, и их суммарное напряжение превышает суммарное напряжение аккумулятора. Так, несколько последовательно соединенных модулей подключаются к контроллеру MPPT и чем выше общее напряжение модулей, тем при более низкой освещенности продолжается заряд аккумулятора.

В зависимости от модели, MPPT контроллеры могут принимать напряжение до 240В и силу тока до 80 ампер. Это позволяет подключать на один контроллер солнечные модули суммарной мощностью до 4000Вт при напряжении 48В.

Также MPPT контроллеры имеют более расширенные функциональные возможности. Это может быть:

- автоматический выбор системного напряжения (12В, 24В, 48В);
- более широкие настройки для заряда аккумуляторов;

- наличие счетчиков энергии, которая получена солнечными модулями в течении суток или месяца;
- возможность при помощи дополнительного оборудования или самостоятельно передавать основные параметры системы в Интернет или на мобильный телефон пользователя;
- встроенные реле времени, которые позволяют включать ночное освещение (при этом солнечная панель используется контроллером в роли «оценщика времени суток»);
- возможность заряжать два независимых аккумулятора;
- возможность утилизации излишка энергии на подогрев воды;

MPPT контроллеры имеют большое количество степеней защиты (от короткого замыкания, от перегрева, от неверной полярности подключения, от перенапряжения на входе, от обратного тока в ночное время и т.п.).

Контроллеры подбираются индивидуально к каждой фотоэлектрической системе с учетом множества факторов. Если же в будущем планируется добавление в систему солнечных модулей, то лучше использовать контроллер, рассчитанный на более мощную систему, чтобы в последствии его не заменять. Если же мощности контроллера не достаточно, чтобы оптимально обслуживать всю фотоэлектрическую систему, то можно использовать несколько контроллеров.

2 Технический расчет и выбор оборудования

2.1 Анализ солнечного энергетического потенциала

Потенциальные возможности прихода солнечной радиации, определяются географической широтой места. Климатические характеристики района, косвенно характеризующиеся продолжительностью солнечного сияния, вносят существенные коррективы в возможность эффективного использования энергии солнца.

Таблица 5 – Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации

| | Сумма солнечной радиации, кВт·ч/м ² | | | | | | | | | | | |
|---------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| | Янв | Фев | Мар | Апр | Май | Июн | Июл | Авг | Сен | Окт | Ноя | Дек |
| Ср.мес | 23,2 | 46,4 | 98,7 | 125,5 | 159,1 | 177,8 | 172,3 | 135,7 | 90,2 | 44,9 | 24,4 | 18,6 |
| Ср.днев | 0,77 | 1,54 | 3,29 | 4,18 | 5,3 | 5,93 | 5,74 | 4,53 | 3 | 1,5 | 0,82 | 0,62 |

Таблица 6 – Инсоляция в период с 2011-2016г

| Месяц | λ , кВт·ч/м ² в месяц | | | | | |
|----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Январь | 23,40 | 23,80 | 24,10 | 23,20 | 22,90 | 23,50 |
| Февраль | 46,30 | 46,80 | 45,90 | 46,20 | 45,30 | 46,20 |
| Март | 98,30 | 98,70 | 98,20 | 97,90 | 98,10 | 98,40 |
| Апрель | 125,50 | 125,10 | 124,90 | 125,80 | 125,30 | 125,20 |
| Май | 159,20 | 159,10 | 159,40 | 159,90 | 158,80 | 159,30 |
| Июнь | 177,80 | 177,40 | 177,90 | 177,70 | 177,10 | 176,90 |
| Июль | 172,20 | 172,80 | 172,50 | 172,40 | 171,80 | 172,90 |
| Август | 135,10 | 135,50 | 135,80 | 135,20 | 135,30 | 134,90 |
| Сентябрь | 90,30 | 90,20 | 90,40 | 89,98 | 90,32 | 90,54 |
| Октябрь | 44,90 | 44,56 | 44,34 | 44,76 | 44,46 | 44,33 |
| Ноябрь | 24,40 | 24,80 | 24,87 | 24,22 | 24,00 | 23,98 |
| Декабрь | 15,83 | 15,58 | 15,43 | 15,77 | 15,41 | 15,98 |

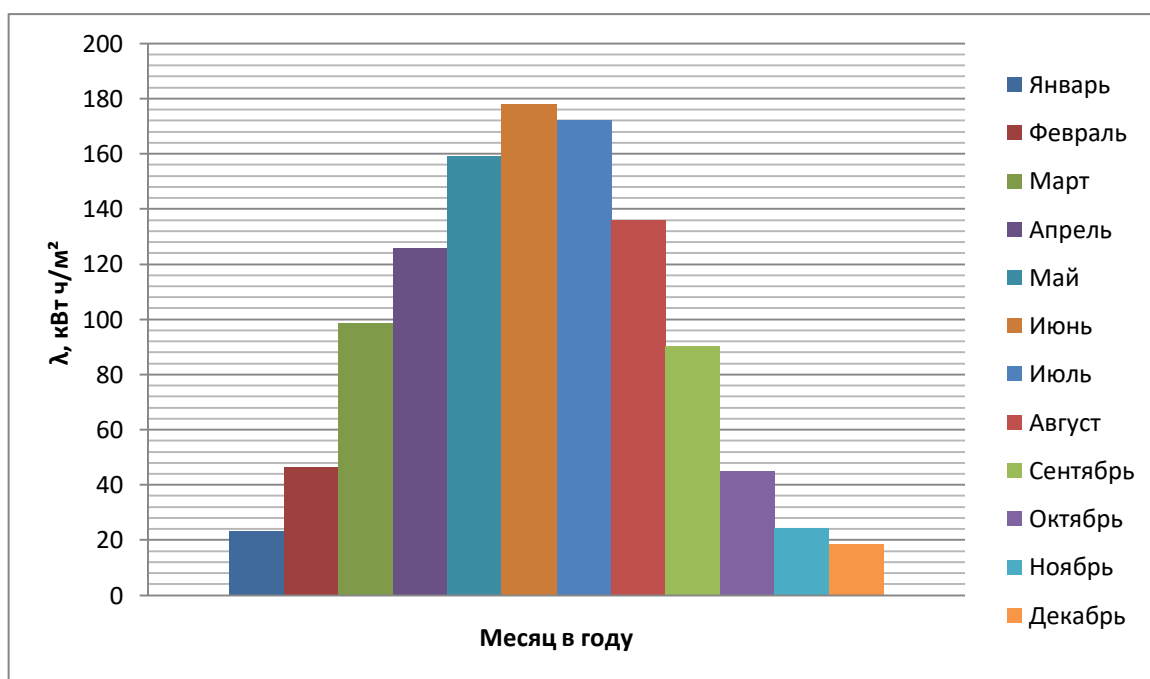


Рисунок 12 – Среднемесячные суммы солнечной радиации

Подводя итог, можно сказать, что самыми благоприятными месяцами для использования солнечных панелей являются месяцы с марта по сентябрь, так как в эти месяцы наибольшая суммарная радиация.

2.2 Характеристики объекта электроснабжения

В качестве объекта снабжения выступает обстановочный теплоход 457 проекта.

Таблица 7 – Технические характеристики

| | |
|--|--------------------------------------|
| Длина судна, м | 20,75 |
| Ширина судна, м | 3,45 |
| Высота от ОЛ до кромки несъемных частей, м | 5,2 |
| Род движителя | Гребной стальной винт |
| Скорость при полном осадке, км/ч | 15 |
| Система отопления | Водяная с принудительной циркуляцией |
| Дизельный двигатель | 100 л.с. |
| Род топлива | Дизельное (солярка) |

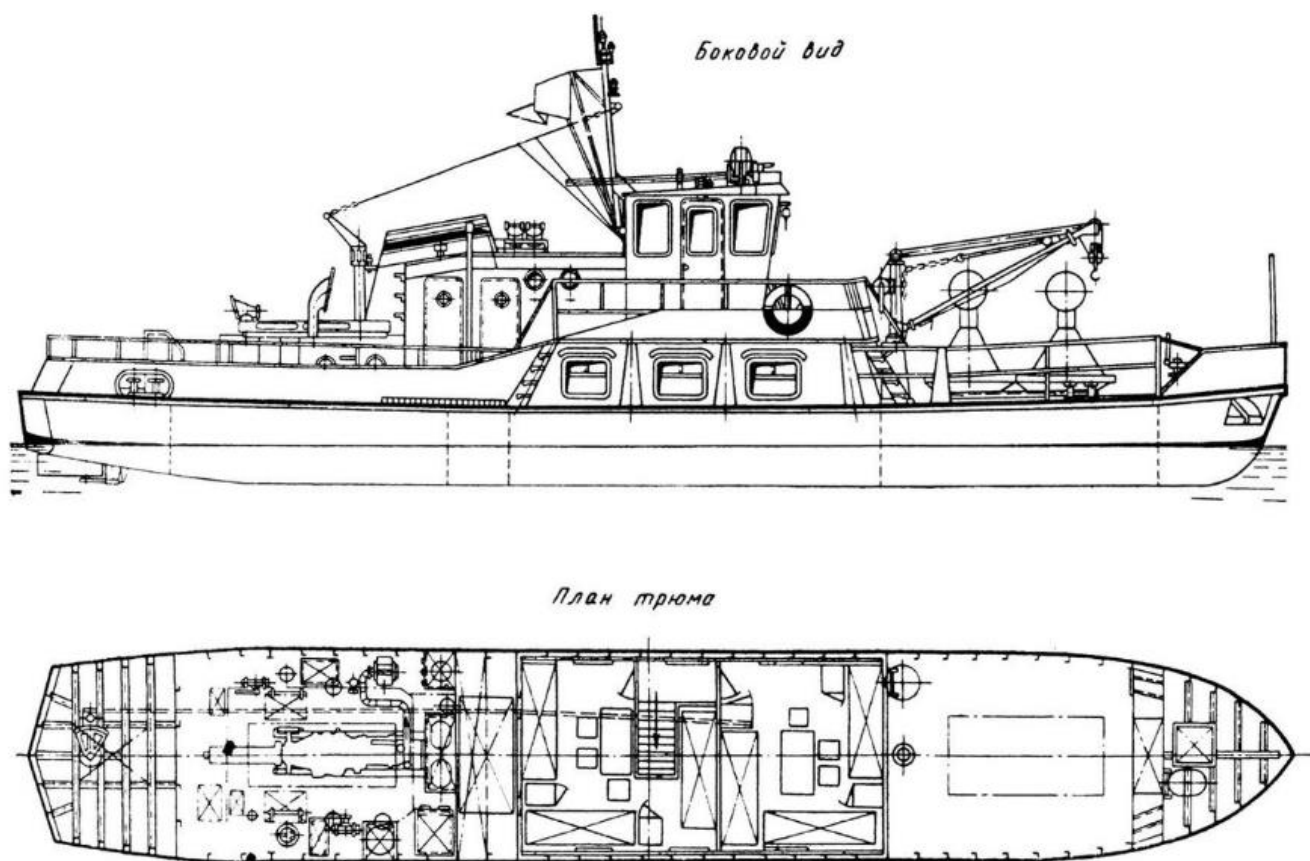


Рисунок 13 – Боковой вид и план трюма теплохода

2.3 Расчет электрических нагрузок

Задачей, для проектируемой солнечной электростанции, состоит в том, чтобы обеспечить резервное электроснабжение судна.

В таблице представлены устанавливаемые бытовые электроприборы и их номинальная мощность.

Таблица 8 – Устанавливаемые бытовые электроприборы

| Электроприемники | $P_{\text{ном}}, \text{кВт}$ | K_c | $P_p, \text{кВт}$ | $\cos\varphi$ | $I_p, \text{А}$ | $Q_p, \text{кВАр}$ | $S_p, \text{кВАр}$ | $tg\varphi$ |
|--|------------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Служебная связь | 0,02 | 0,4 | 0,008 | 0,4 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 2,29 |
| Электрическое (светодиодное) освещение | 0,2 | 0,6 | 0,12 | 0,3 | 0,61 | 0,38 | 0,4 | 3,18 |
| ПК | 0,05 | 0,5 | 0,025 | 0,63 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 1,23 |
| Холодильник | 0,125 | 0,8 | 0,1 | 0,65 | 0,23 | 0,12 | 0,15 | 1,17 |
| Бытовая розеточная сеть | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,7 | 0,54 | 0,26 | 0,36 | 1,02 |
| Итого | 0,895 | | 0,5 | 0,52 | 1,47 | 0,83 | 0,97 | 1,65 |

Так как наш объект электроснабжения имеет специфический характер и будет использоваться только весной, летом и осенью, то для дальнейшего расчета зимний период учитывать не будем.

В таблицах 9, 10, 11 представлены сезонные нагрузки электропотребление данного судна.

Таблица 9 – Потребляемая нагрузка в весенний период

| Электроприемники | $P_{\text{ном}}$, кВт | Число часов использования | $W_{\text{сут}}$, кВтч |
|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Служебная связь | 0,02 | 1 | 0,02 |
| Электрическое (светодиодное) освещение | 0,2 | 3 | 0,6 |
| ПК | 0,05 | 2 | 0,1 |
| Холодильник | 0,125 | 5 | 0,625 |
| Бытовая розеточная сеть | 0,5 | 2 | 1 |
| Итого | 0,895 | | 2,345 |

Таблица 10 – Потребляемая нагрузка в летний период

| Электроприемники | $P_{\text{ном}}$, кВт | Число часов использования | $W_{\text{сут}}$, кВтч |
|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Служебная связь | 0,02 | 1 | 0,02 |
| Электрическое (светодиодное) освещение | 0,2 | 1 | 0,2 |
| ПК | 0,05 | 2 | 0,1 |
| Холодильник | 0,125 | 5 | 0,625 |
| Бытовая розеточная сеть | 0,5 | 1 | 0,5 |
| Итого | 2,14 | | 1,445 |

Таблица 11 – Потребляемая нагрузка в осенний период

| Электроприемники | $P_{\text{ном}}$, кВт | Число часов использования | $W_{\text{сут}}$, кВтч |
|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Служебная связь | 0,02 | 1 | 0,02 |
| Электрическое (светодиодное) освещение | 0,2 | 4 | 0,8 |
| ПК | 0,05 | 2 | 0,1 |
| Холодильник | 0,125 | 5 | 0,625 |
| Бытовая розеточная сеть | 0,5 | 2 | 1 |
| Итого | 2,14 | | 2,545 |

Для составления баланса электроэнергии в автономной системе электроснабжения с солнечными панелями необходим месячный график электропотребления нашего судна.

В таблице 12 представлено месячное электропотребление нашего объекта, а также на рисунке изображен график потребляемой мощности за каждый месяц.

Таблица 12 – Потребляемая энергия за каждый месяц

| Месяц | $W_{\text{кВт*ч}}$ |
|----------|--------------------|
| Март | 72,695 |
| Апрель | 70,35 |
| Май | 72,695 |
| Июнь | 43,35 |
| Июль | 44,795 |
| Август | 44,795 |
| Сентябрь | 76,35 |
| Октябрь | 78,895 |

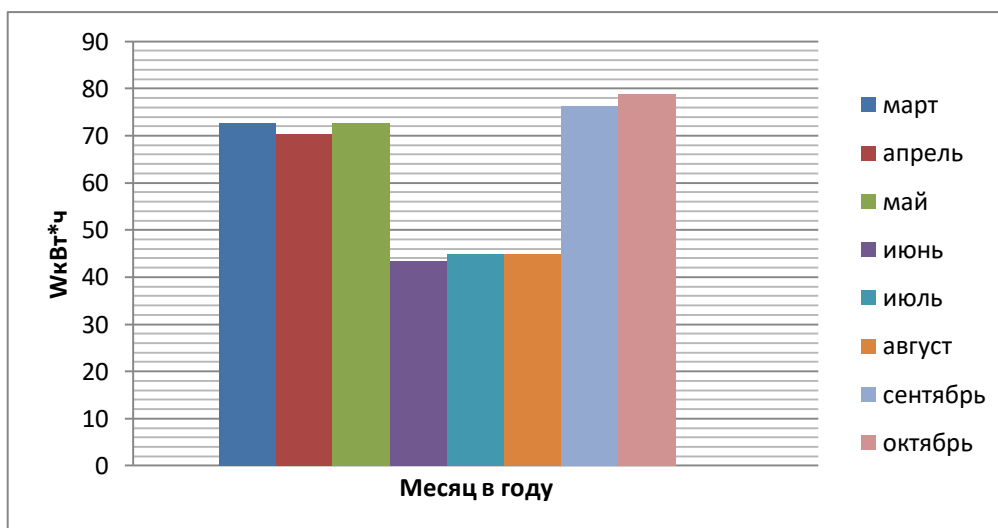


Рисунок 14 – Потребляемая энергия за каждый месяц

Электропотребление в весенние и осенние превышают летнее энергопотребление. Балансы электроэнергии включают энергию генерируемую фотоэлектростанцией и потребленную проектируемым объектом. Соотношения генерируемой и потребляемой электроэнергии существенно различаются по месяцам, следовательно необходим помесечный анализ энергетических балансов.

2.4 Выбор оборудования солнечной электростанции

2.4.1 Выбор солнечных модулей

В качестве солнечных модулей выберем Exmork ФСМ-200М.

Технические характеристики солнечного модуля приведены в приложении В.

Таблица 13 – Параметры солнечных батарей компании «Exmork»

| Модель | Мощность, Вт | U_{xx} , В | U_n , В | I_n , А | Размеры, мм | Вес, кг | Цена, руб. |
|----------|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|---------|------------|
| ФСМ-200М | 200 | 43,44 | 36,21 | 5,54 | 1580x670x30 | 9,05 | 12862 |

Рассчитаем количество вырабатываемой энергии одним солнечным модулем в течении года по отдельным месяцам, таблица 14, по полученной таблице построим график вырабатываемой мощности, рисунок 15.

Модуль мощностью $P_{см}$ в течении выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$$W_{\text{см}} = \frac{k \cdot P_{\text{см}} \cdot \lambda}{1000}, \text{кВт} \cdot \text{ч};$$

где, λ - значение инсоляции за выбранный период, кВтч/м²;

k – коэффициент, учитывающий поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении дня,

Пример расчёта для октября:

$$W_{\text{см}} = \frac{0,7 \cdot 200 \cdot 44,76}{1000} = 6,266 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Таблица 14 – Количество вырабатываемой мощности солнечными модулями ФСМ-200

| Месяц | Солнечная радиация (кВт×ч/м ²) (месяц) | Потр. Э.Э. судна $W_{\text{треб}}$ (кВт×ч) | Э.Э. солнечного модуля (1) $W_{\text{мод}}$ (кВт×ч) | Э.Э. солнечных модулей (2) $W_{\text{мод}}$ (кВт×ч) | Баланс Э.Э. – W_6 (кВт×ч) |
|---------------|--|--|---|---|-----------------------------|
| Март | 97,90 | 72,695 | 13,706 | 27,412 | -45,28 |
| Апрель | 125,80 | 70,35 | 17,612 | 35,224 | -35,13 |
| Май | 159,90 | 72,695 | 22,386 | 44,772 | -27,92 |
| Июнь | 177,70 | 43,35 | 24,878 | 49,756 | 6,406 |
| Июль | 172,40 | 44,795 | 24,136 | 48,272 | 3,477 |
| Август | 135,20 | 44,795 | 18,928 | 37,856 | -6,939 |
| Сентябрь | 89,98 | 76,35 | 12,597 | 25,194 | -51,16 |
| Октябрь | 44,76 | 78,895 | 6,266 | 12,532 | -66,36 |
| Итого: | 1003,64 | 648,79 | 140,50 | 281,01 | 9,883/ -232,789 |

Составим график вырабатываемой мощности одной солнечной панели рисунок 15 и график баланса мощностей при использовании всех солнечных модулей, рисунок 16.

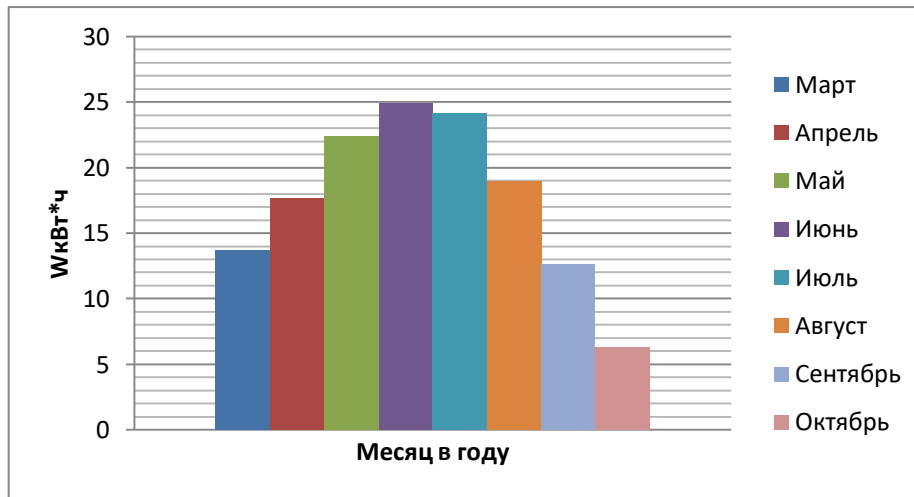


Рисунок 15 – График вырабатываемой мощности одного солнечного модуля

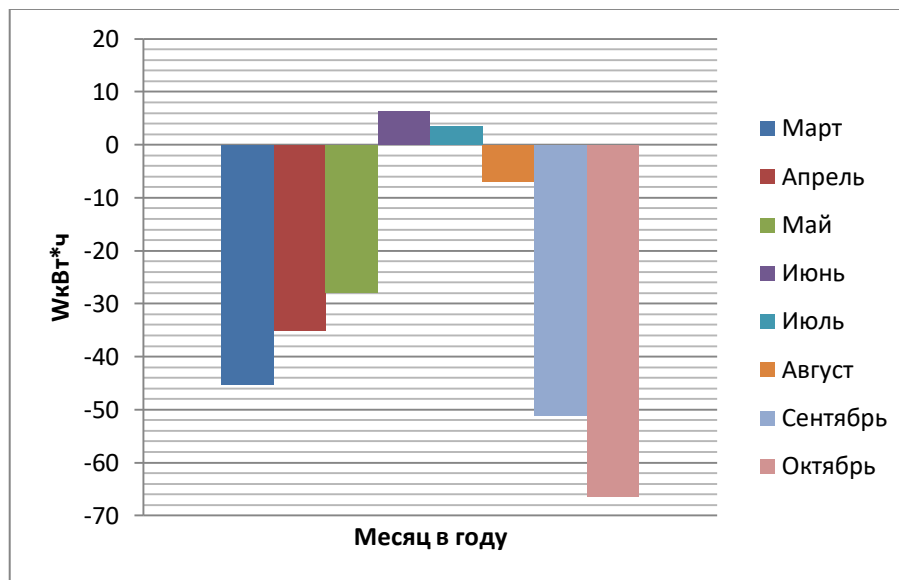


Рисунок 16 – Годовой баланс мощностей при использовании солнечных модулей

2.4.2 Выбор аккумуляторных батарей, инвертора и контроллера

Произведем расчет необходимой емкости накопителей для покрытия суточной потребности в электроэнергии. Напряжение батарей аккумуляторов принято равным $U_{\text{АКБ}}=12$ В, глубина разряда, с целью продления срока службы аккумуляторов, принята равной 30%. Тогда, требуемая емкость накопителей ($E_{\text{треб}}$):

$$E_{\text{треб}} = \frac{W_{\text{сут}}}{U_{\text{АКБ}} \cdot k} = \frac{2545}{12 \cdot 0,7} = 302,97 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

Зная требуемую емкость и емкость одного аккумулятора, можно найти необходимое количество накопителей:

$$N = \frac{E}{E_{\text{ячейки}}} = \frac{302,97}{120} = 2,52 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

Согласно с расчетом выбираем аккумулятор Delta Battery GX 12-120, технические характеристики приведены в приложении В.

С запасом к установке 3 АКБ(соединенных параллельно), емкость выбранного числа АКБ составит 360 А · ч.

Далее необходимо произвести выбор оборудования для этой системы, в частности, подобрать инвертор.

Выбранный инвертор должен обеспечить необходимую выходную мощность, форму вырабатываемого тока, частоту и заряд аккумуляторов. Также он должен иметь входы постоянного тока, контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей, выпрямитель. Все оборудование внутри шкафа должно быть согласовано между собой. Суммарная потребляемая мощность в течение дня составляет 2,545 кВт. После анализа рынка, как наиболее оптимальный вариант, было выбран инвертор ИС2-12-3000 с суммарной мощностью 3кВт.

В качестве контроллера заряда был выбран *LandStar* LS3024В. Максимальный ток заряда для модели LS3024В составляет 30 Ампер, что уже само по себе рекорд для серии ШИМ контроллеров *LandStar*. Кроме того, как и все изделия *LandStar*, этот контроллер оснащен разъемом RS-485 для мониторинга и настройки работы через ПК. Электронные защиты от перегрузки, перезаряда, разряда аккумулятора и короткого замыкания гарантируют долгий срок жизни солнечной электростанции.

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через инвертор и контроллер заряда-разряда, который выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических

модулей выдается на постоянном токе, для приведения ее к стандартным параметрам в составе системы установлен инвертор, который преобразует энергию в переменный ток и потребитель получает полноценное напряжение 220В и частоту 50Гц.

2.5 Расчет системы электроснабжения ходовых огней и отмашек

Навигационные огни — совокупность светотехнических приборов, предназначенных для обозначения судна или воздушного судна, указания его типа, а также характера движения или стоянки в ночное время. Аналогом навигационных огней на сухопутном транспорте являются габаритные огни.

Типы навигационных огней в соответствии с ППВВП РФ:

- Топовый огонь — белый огонь или красный, расположенный в диаметральной плоскости судна, излучающий непрерывный свет по дуге горизонта в 225° и расположенный так, чтобы этот свет был виден с направления прямо по носу судна до $22,5^\circ$ позади траверза каждого борта;
- Бортовые огни — зеленый огонь на правом борту и красный огонь на левом борту, причем каждый из этих огней излучает непрерывный свет по дуге горизонта в $112,5^\circ$ и должен быть расположен так, чтобы этот свет был виден с направления прямо по носу судна до $22,5^\circ$ позади траверза соответствующего борта;
- Кормовой огонь — белый огонь, расположенный в кормовой части судна, излучающий непрерывный свет по дуге горизонта в 135° и расположенный так, чтобы этот свет был виден с направления прямо по корме до $67,5^\circ$ с каждого борта;
- Круговой (клотиковый) огонь — огонь, излучающий свет непрерывно по дуге горизонта в 360° ;
- Буксировочный огонь — желтый огонь, излучающий непрерывный свет по дуге горизонта в 135° и расположенный так, чтобы этот свет был виден с направления прямо по корме до $67,5^\circ$ с каждого борта;

- Светоимпульсная отмашка цветная или белая — проблесковый огонь, излучающий свет по дуге горизонта в $112,5^\circ$ от траверза судна к носу или корме с перекрытием диаметральной плоскости судна на $22,5^\circ$. Светоимпульсная отмашка является ночной и дневной сигнализацией. При отсутствии светоимпульсной отмашки разрешается применение ночью световой отмашки (мигание белым огнём), а днем — флага-отмашки.

Топовый огонь: напряжение питания – 12В, номинальная мощность – 10Вт. Устанавливается в верхней части судна (на мачте, верхней точке рубки). Линза Френеля способствует распределению светового потока в горизонтальной плоскости, что увеличивает дальность видимости огня при неизменной мощности лампы.

Расчет сечения кабеля.

Ток протекающий по кабелю определяется по формуле:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{10}{12} = 0,83\text{А};$$

Расчитанный по формуле ток равен 0,83А. Используя допустимое уменьшение напряжения для светодиодного светильника 0,8В, проведем расчет сопротивления провода для длины $L=15\text{м}$ по формуле:

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{0,8}{0,83} = 0,96 \text{ Ом};$$

где R – сопротивление кабеля, необходимое для данного тока I и допустимого изменения напряжения ΔU . Чтобы найти минимальное сечение кабеля

$$S_{\min} = \frac{\rho \cdot L}{R} = \frac{0,0175 \cdot 15}{0,96} = 0,27 \approx 0,75 \text{ мм}^2;$$

где $\rho=0,0175$ – удельное сопротивление медного провода при температуре $20^\circ\text{градусов Цельсия}$.



Рисунок 17 – Топовый огонь

Бортовые огни: напряжение питания – 12В, номинальная мощность – 2,4Вт. Бортовые (красный и зеленый) навигационные огни. Инновационная конструкция линзы Френеля и использование ярких светодиодов обеспечивают данным огням отличную дальность видимости и ровную дугу освещения при минимальном потреблении электроэнергии и огромном ресурсе (до 50000 часов работы). Полная защита от воды и пыли. Защита от переплюсовки при подключении. Кожух из полированной нержавеющей стали. Светящиеся индикаторы в верхней части огней для облегчения визуального контроля со стороны судоводителя.

Расчет сечения кабеля.

Ток протекающий по кабелю определяется по формуле:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2,4}{12} = 0,2 \text{ А};$$

Рассчитанный по формуле ток равен 0,2А. Используя допустимое уменьшение напряжения для светодиодного светильника 0,8В, проведем расчет сопротивления провода для длины L=6м по формуле:

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{0,8}{0,2} = 4 \text{ Ом};$$

где R – сопротивление кабеля, необходимое для данного тока I и допустимого изменения напряжения ΔU . Чтобы найти минимальное сечение кабеля

$$S_{\min} = \frac{\rho \cdot L}{R} = \frac{0,0175 \cdot 6}{0,64} = 0,026 \approx 0,75 \text{ мм}^2;$$

где $\rho = 0,0175$ – удельное сопротивление медного провода при температуре 20 градусов Цельсия.



Рисунок 18 – Бортовой огонь

Кормовой огонь: напряжение питания – 12В, номинальная мощность – 10Вт. В данном случае сечение кабеля такое же, как у топового огня и составляет $0,75 \text{ мм}^2$.



Рисунок 19 – Кормовой огонь

Клотовый огонь: напряжение питания – 12В, номинальная мощность – 1,8Вт. Дальность видимости — 2 мили. Шарнирная стойка высотой 600 мм позволяет регулировать угол наклона огня.

Расчет сечения кабеля.

Ток, протекающий по кабелю, определяется по формуле:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1,8}{12} = 0,15 \text{ А};$$

Рассчитанный по формуле ток равен 0,15А. Используя допустимое уменьшение напряжения для светодиодного светильника 0,8В, проведем расчет сопротивления провода для длины L=6м по формуле:

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{0,8}{0,15} = 5,33 \text{ Ом};$$

где R – сопротивление кабеля, необходимое для данного тока I и допустимого изменения напряжения ΔU . Чтобы найти минимальное сечение кабеля

$$S_{\min} = \frac{\rho \cdot L}{R} = \frac{0,0175 \cdot 4}{5,33} = 0,013 \approx 0,75 \text{ мм}^2;$$

где $\rho = 0,0175$ – удельное сопротивление медного провода при температуре 20 градусов Цельсия.



Рисунок 20 – Кормовой огонь

Светоимпульсная отмашка: напряжение питания – 24В, номинальная мощность светодиодной отмашки – 1,8Вт.

Светоимпульсные отмашки (СИО) являются необходимым оборудованием на речных судах и судах смешанного плавания для обеспечения безопасности при расхождении и обгоне других судов. СИО состоит из блока управления, блока питания и четырех газоразрядных фонарей, которые устанавливаются на крылья рубки. Блок управления заключается в прочный металлический корпус, и, благодаря небольшим габаритам может быть установлен любом удобном месте в рубке.

Сигнальные фонари изготавливаются в нескольких вариантах с корпусом из нержавеющей стали или в белом пластике. Рассеивающая линза всегда выполняется из стекла. Хорошая герметизация исключает попадание воды и влаги в сигнальные фонари. Светоимпульсные отмашки играют важную роль в обеспечении безопасного маневрирования/расхождения, как днем, так и в темное время суток. Сечение кабеля такое же, как у клотикового огня и составляет $0,75\text{мм}^2$.



Рисунок 21 – Светоимпульсная отмашка

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью научно-технического исследования является обоснование и исследование автономной системы электроснабжения маломерного судна. Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ конкурентоспособности технического решения;
- определение затрат на установку и эксплуатацию технического оборудования;
- провести оценку эффективности[19].

3.1 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день на рынке представлено большое множество различных солнечных модулей. Наибольшее распространение получили панели из монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических элементов, ввиду оптимального соотношения цены и КПД. В данном проекте выбор стоял между этими двумя модулями.

Энергоэффективность: Различные солнечные батареи в зависимости от своего типа, имеют разный показатель. Разница основана на различном КПД этих типов батарей. Эффективность преобразования солнечной энергии это ключевой момент, ведь чем лучше панель преобразовывает энергию, тем больше генерируется электричества. Монокристаллические модули имеют КПД до 22%, в то время как поликристаллические до 18%.

Ресурсы: Разница в производительности связана с различным подходом к производству и качеству солнечных батарей. Конкретнее, для монокристаллического кремния используют только кремний высокой степени очистки, а для поликристаллического используют и вторичное сырьё, отходы, переработанные материалы. Конечно при таком подходе к производству, второй вариант панелей намного хуже не только по уровню КПД, но и по надёжности, а также у них значительно меньше рабочих

ресурс. Начинаются микротрещины, попадание кислорода в систему и разрушение структурных элементов. Зато, стоимость таких батарей, ниже.

Качество и эффективность: Необходимо помнить два этих фактора панелей имеют прямое воздействие на площадь. Здесь важно понимать, что при различной эффективности и качестве материалов, солнечные панели будут занимать разные площади при одной и той же мощности.

Стоимость: Конечно, один из самых интересных моментов для потребителя — цена солнечной панели. Понятное дело, что стоимость монокристаллов выше, чем стоимость поли, ведь качество у этих двух разных типов батарей существенно отличается.

Таблица 15 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентоспособность | |
|---|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | Б _{к1} | Б _{к2} | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 1. Энергоэффективность | 5 | 5 | 4 | 25 | 20 |
| 2. Ресурсы | 5 | 5 | 4 | 25 | 20 |
| 3. Качество | 5 | 5 | 3 | 25 | 15 |
| 4. Эффективность | 5 | 5 | 4 | 25 | 20 |
| 5. Надежность | 5 | 5 | 3 | 25 | 20 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | |
| 1. Цена | 5 | 4 | 5 | 20 | 25 |
| 2. Предполагаемый срок эксплуатации | 5 | 5 | 4 | 25 | 20 |
| Итого | 35 | 34 | 27 | 170 | 140 |

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Подводя небольшой итог, можно сказать, что наиболее подходящим для нашего проекта является монокристаллический фотоэлектрический солнечный модуль – который имеет большие КПД и меньшую площадь, нежели поликристаллические.

3.2 Расчет затрат на установку и эксплуатацию солнечной станции

Несмотря на то что солнечные батареи по стоимости установки являются довольно дорогостоящим удовольствием, их монтаж выгоден. Вычисляя, сколько стоит установка солнечных батарей, не стоит забывать про окупаемость вложений и про то, что, когда вложенные средства окупятся, получение энергии станет вообще бесплатным.

В стоимость монтажа солнечных панелей входит: установка каркаса на крыше, крепеж панелей к каркасу, определение ориентации и угла наклона солнечной панели, сбор и подключение всей системы.

Важным условием правильной работы и окупаемости системы солнечной электростанции является наличие лица (или службы), ответственного за эксплуатацию и мониторинг системы.

Если налажен мониторинг работы системы, то обслуживание солнечных панелей и других элементов системы не представляет больших трудностей.

Мониторинг включает в себя несколько важных параметров оценки жизнедеятельности солнечной электростанции:

- Состояние крепежных элементов системы солнечных панелей. Ослабление, отсутствие и коррозия креплений солнечных панелей может привести к выходу из строя системы.
- Состояние каждого фотоэлектрического модуля очень важно. При начальной инсталляции обязательно необходимо проверять каждый модуль на работоспособность, так как даже 1 модуль в системе

приведет к большим потерям в генерации системы солнечной электростанции.

- Инверторы, как основной силовой элемент системы, преобразующий постоянный ток от солнечных панелей в переменный, имеют свойство накапливать пыль и страдать от перегрева. Своевременная очистка инверторов от пыли и особенно вентиляторов охлаждения, способна существенно продлить жизнь системы солнечной электростанции и не снижать ее КПД. Это касается всех типов инверторов, в том числе и наружной установки, предназначенных даже для суровых климатических условий эксплуатации.
- Заземление: прописная истина, но нелишне напомнить, что заземление является важным элементом безопасности любой электрической системы. Проверка состояния контактов и изоляции проводников обязательно и регулярно нужно проводить на Вашей солнечной электростанции.
- Электропроводка: состояние проводов, надежность контактов в местах соединений, механические повреждения электроизоляционных трубок, в которых проложены электрические провода – это те «мелочи», которые существенно влияют на потери при генерации и эксплуатации солнечной электростанции, а следовательно, на возврат инвестиций.
- Расположение системы, ее доступность для обслуживания и ремонта, отсутствие затенения солнечных панелей от появляющихся препятствий солнечному свету – все это влияет на оптимизацию работы солнечной электростанции.
- Самая простая и важная часть мониторинга и эксплуатации – поддержание чистоты солнечных панелей системы генерации. Чистые солнечные панели дают вам не менее 15 – 20% прибавки в генерации вашей солнечной электростанции.

Производители обычно рекомендуют проводить плановые работы по обслуживанию солнечных панелей и элементов системы не менее 2-х раз в

год. Но реальная частота проведения таких работ зависит от условий расположения и эксплуатации солнечной электростанции. В состав электростанции входят:

Таблица 16 – Состав солнечной электростанции

| Оборудование | Количество | Цена | Стоимость, руб. |
|---|------------|-------|-----------------|
| Монокристаллический солнечный модуль ФСМ-200М – 2 шт. | 2 | 12862 | 25724 |
| Аккумуляторные батареи Delta GX 12-120 – 3 шт. | 3 | 16855 | 50565 |
| Контроллер заряда ШИМ LandStar LS3024В, 30А, 12/24В | 1 | 4050 | 4050 |
| Преобразователь напряжения ИС2-12-3000 | 1 | 25700 | 25700 |
| Кабель черный 62.7426-91021, FLEX-SOL-XL, 2,5мм - 20м | 1 | 2252 | 2252 |
| Итого | | | 108291 |

Стоимость установки солнечной станции, как правило, составляет 15% от стоимости. В данном случае это 16244 рублей. Так же возможна установка своими руками.

3.3 Оценка эффективности

Общие капиталовложения составляют

$$K = K_{\text{уст}} + K_{\text{стр}}; \text{ руб.}$$

$$K = 108291 + 16244 = 124535 \text{ руб.};$$

где $K_{\text{уст}}$ -стоимость комплектного оборудования (руб); $K_{\text{стр}}$ - стоимость строительных и монтажных работ по установке электростанции (руб).

Средняя выработка энергии солнечной электростанцией в летний период — 1,6 кВт*ч в сутки или 49,7 кВт*ч в месяц. За год солнечная электростанция в среднем вырабатывает 281 кВт*ч. При питании от береговой сети стоимость 1 кВт*ч согласно тарифу составляет 2,17 руб., то в год это 610 рублей. При питании от дизельного двигателя стоимость 1 кВт*ч может варьироваться в диапазоне от 100 до 120 рублей, в год это 30 910 рублей.

Окупаемость солнечных батарей составляет:

$$PP = \frac{K_0}{CF_{ст}} = \frac{124535}{30910} = 4,02 \text{ года};$$

где K_0 – полная стоимость электростанции, $CF_{ст}$ – стоимость электроэнергии в год.

3.4 Определение стоимости 1 кВт электроэнергии

От маршевого двигателя: питания от дизельного двигателя стоимость 1 кВт*ч может варьироваться в диапазоне от 100 до 120 рублей, будем использовать среднее значение 110 рублей.

От солнечной батареи:

$$C_{эл} = \frac{p_n \cdot K + C}{W}; \text{ руб.}$$

$$C_{эл} = \frac{0,04 \cdot 133189}{281} = 18,95 \text{ руб.};$$

где: C – общие годовые эксплуатационные расходы (руб), в нашем случае они равны нулю, следовательно не учитываем.

$p_n - 1/T$ – нормативный коэффициент рентабельности, T – экономический срок службы оборудования (лет);

W – общее количество электрической энергии, вырабатываемое электростанцией в течение года.

Таблица 17 – Стоимость 1кВт электроэнергии

| | Стоимость 1кВт, рублей |
|------------------------|------------------------|
| От береговой сети | 2,17 |
| От маршевого двигателя | 110 |
| От солнечной батареи | 18,95 |

Таким образом, самым дешевым является питание от береговой сети, но всегда есть возможность его использования. Когда судно находится в автономном плавании использование солнечной электростанции весьма эффективно, это значительно снижает расход дизельного топлива, а следовательно и затраты на выработку электрической энергии.

Заключение

В проделанной работе была рассмотрена и спроектирована система электроснабжения обстановочного теплохода 457 проекта с использованием возобновляемого источника энергии.

Проведен расчет нагрузки, потребляемой электрооборудованием на судне. На основании графиков нагрузки и энергетических параметров возобновляемого источника были составлены энергетические балансы.

В качестве основного энергетического оборудования ВИЭ было выбрано 2 солнечных модуля ФСМ- 200 по 200Вт каждый, сетевой инвертор ИС2-12-3000 и контроллер LandStar LS3024В.

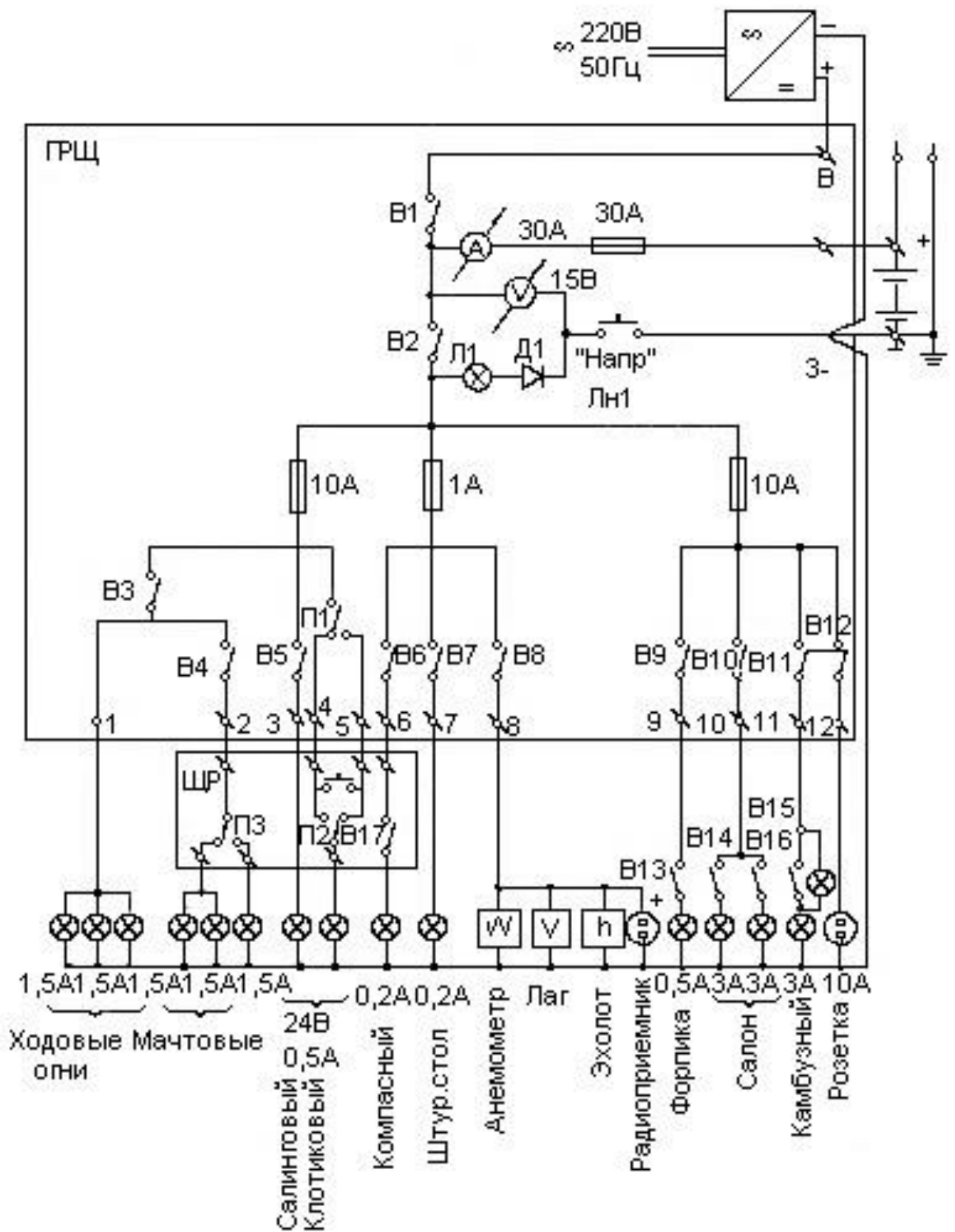
В целом, в рассматриваемом регионе не сильно высокий потенциал возобновляемых источников энергии. Однако, использование новейшего и высокоэффективного оборудования, позволяет использовать альтернативную энергетику в этом районе.

Список использованных источников

1. Виссарионов В. И. Дерюгина Г. В. Кузнецова В. А., Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов/ Под. Ред. В. И Виссарионова-М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 320 с.
2. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 231 с
3. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства/ И. А. Будзко Т. Б. Лещинская - М.: Колос, 2000. - 536 с.
4. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред.М.М. Колтуна.–М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
5. Типовые схемы подключения ВИЭ. URL: <http://www.termocool.ru>
6. Устройство и общий принцип действия аккумуляторов. URL: <http://electrohobby.ru>
7. Аккумуляторы глубокого циклирования для автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии. URL: <http://solarhome.ru>
8. Дизельный двигатель СМД – 18Н, описание, технические характеристики. URL: <http://www.ruskt.ru>
9. Производство и эксплуатация солнечного оборудования. URL: <http://www.hevelsolar.ru/>
10. Инверторы. URL: <http://sibcontact.com/>
11. Солнечные панели. Исследование и режим работы. URL: <http://www.solarenergo.ru/>
12. Солнечные элементы. Монтаж и эксплуатация. URL: <http://www.solarempire.ru/>
13. Интеллектуальные энергосистемы. URL: <http://www.smartgrid.ru/>
14. Производство и продажа гелевых АКБ. URL: <http://www.delta-battery.ru/>
15. Производство и продажа гелевых АКБ. URL: <http://greentok.ru/>

16. Контроллеры для солнечных батарей. URL: <http://www.npower.com.ua/>
17. Инверторы. URL: <http://elektrik.info/main/energy/868-invertor-dlya-domashney-solnechnoy-elektrostantsii.html>
18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с
19. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". Утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78.
20. СП 9.13130.2009 « Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
21. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности / Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф.. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
22. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
23. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
24. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. Государственная противопожарная служба, Москва. – 2003.
25. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Приложение Б – Возможная схема электроснабжения



**Приложение В – Технические характеристики солнечного модуля
Exmork ФСМ-200М**

| Материалы | |
|---|---|
| Рама | Анодированный алюминий |
| Стекло | Специальное защитное стекло для солнечных модулей |
| Светопроницаемость стекла | 97% |
| Ветровая нагрузка | До 60 м/с |
| Фронтальный ламинат | Ni-sheet RC 02B (0.45 мм. толщина) |
| Подкладка | фольгированный материал, PTL3-38/75(0.17 мм. толщина) |
| Температурные режимы работы | |
| Оптимальная температура без потери мощности | До + 47 °С |
| Рабочий диапазон | От – 47 °С до + 85 °С |
| Степень герметизации | IP 65 (корпус, распределительная коробка) |
| Энергетические показатели | |
| Паспортная мощность | 200 Вт |
| Номинальное напряжение | 24 В |
| Напряжение при пиковой мощности | 36,21 В |
| Напряжение V_{oc} | 43,44 В |
| Напряжение максимальное в системе V_{dc} | 1000 В |
| Ток I_{mp} | 5,54 А |
| Ток I_{sc} | 6,07 А |
| Прочие характеристики | |
| Коннекторы | МС 4 |
| Длина кабеля | 900 мм |
| Сечение кабеля | 4 мм ² |
| Количество диодов | 6 шт |
| Массо-габаритные характеристики | |
| Размер одной панели | 1326×990×35 мм |
| Вес без упаковки | 15 кг |

Приложение Г – Технические характеристики АКБ DELTA BATTERY GX 12-120



GX 12-120

12В 120Ач

Герметизированные, необслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы DELTA серии GX изготовлены по технологии GEL. В качестве электролита используется композитный гель - загущенный раствор серной кислоты, что обеспечивает устойчивость аккумуляторов Delta GX к глубоким разрядам и высокую температурную стабильность, а также увеличивает число циклов заряда/разряда, и продолжительность работы в тяжелых режимах систем на базе возобновляемых источников энергии. Аккумуляторы предназначены для работы как в буферном, так и в циклическом режимах. Рекомендуются для применения в автономных энергосистемах, а также совместно с системами на базе альтернативных источников энергии.



Конструкция батареи

| Компонент | Полож. пластина | Отриц. пластина | Корпус | Крышка | Клапан | Клеммы | Сепаратор | Электролит |
|-----------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|
| Материал | Диоксид свинца | Свинец | ABS | ABS | Каучук | Медь | Стекловолокно | Серная кислота |

Технические характеристики

| | |
|--|-----------------------------|
| Номинальное напряжение | 12 В |
| Число элементов | 6 |
| Срок службы | 10-12 лет |
| Номинальная емкость (25°C) | |
| 10 часовой разряд (12 А; 1.80 В/эл) | 120 Ач |
| 5 часовой разряд (20 А; 1.75 В/эл) | 100 Ач |
| 1 часовой разряд (71.1 А; 1.65 В/эл) | 71.1 Ач |
| Саморазряд | 3% емкости в месяц при 20°C |
| Внутреннее сопротивление полностью заряженной батареи (25°C) | 4.3 МОм |

Рабочий диапазон температур

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Разряд | -20÷60 |
| Заряд | -10÷60 |
| Хранение | -20÷60 |
| Макс. разрядный ток (25°C) | 950 А (5с) |
| Циклический режим (2.3÷2.35 В/эл) | |
| Макс. зарядный ток | 24 А |
| Температурная компенсация | 30 мВ/°C |
| Буферный режим (2.23÷2.27 В/эл) | |
| Температурная компенсация | 19.8 мВ/°C |

Сферы применения

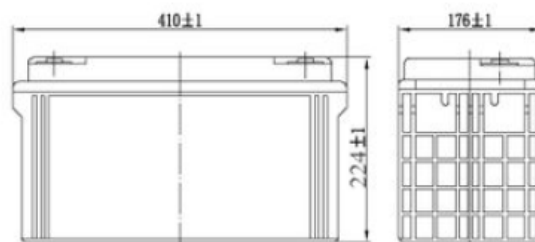
- Источники бесперебойного питания
- Системы связи и телекоммуникаций
- Системы солнечной и ветроэнергетики
- Автономные системы электроснабжения

Особенности

- Продолжительный срок службы;
- Устойчивость к глубоким разрядам;
- Температурная стабильность характеристик;
- Исключены утечки кислоты, гарантирована безопасная эксплуатация с другим оборудованием;
- Отсутствует газовыделение, достаточно естественной вентиляции;
- Нет необходимости в контроле уровня и доливе воды;
- Корпус аккумулятора выполнен из пластика ABS, не поддерживающего горение.

Габариты (±1мм)

| | |
|-------------------|-----|
| Длина, мм | 410 |
| Ширина, мм | 176 |
| Высота, мм | 224 |
| Полная высота, мм | 224 |
| Вес (±3%), кг | 38 |



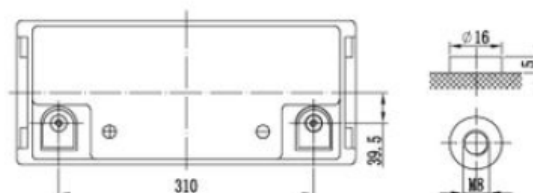
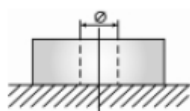
Корпус

В



Тип клемм

под болт М8



Приложение Д – Технические характеристики инвертора ИС2-12-3000

| Наименование характеристики | ИС-12/24 -3000 |
|---|-------------------|
| Номинальное входное напряжение, В | 13,8 |
| Повышенное входное напряжение выключения преобразователя, В | 16,5 |
| Пониженное входное напряжение «медленного» выключения преобразователя с выдержкой времени 1 мин, В | 9,6 |
| Низкое входное напряжение мгновенного выключения преобразователя, В | 9 |
| Входное напряжение включения преобразователя, не менее, В | 11 |
| Номинальный ток потребления при номинальном напряжении питания, А | 240 |
| Ток холостого хода: - в активном режиме, не более, А - в энергосберегающем режиме «спящий», не более, А | 4 0,04 |
| Выходное напряжение, В | 220 ± 10 |
| Частота выходного напряжения, Гц | 50 ± 0,2 |
| Форма выходного напряжения | синусоидальная |
| Коэфф. искажения синусоидальности выходного напряжения, % | 5 |
| Номинальная выходная мощность, Вт | 3000 |
| Максимальная выходная мощность, Вт | 6000 |
| Время работы на максимальной выходной мощности, сек. | 2 |
| Коэфф. полезного действия, не менее, % | 92 |
| Защита от КЗ | + |
| Защита от перегрузки | + |
| Защита от переплюсовки | - |
| Защита от повышения напр. пит. | + |
| Тепловая защита | + |
| Гальваническая развязка | + |
| Режим энергосбережения | + |
| Защита от импульсных помех | + |
| Масса, не более, кг | 5,0 |
| Габаритные размеры, мм | 165x245x198 |

Приложение Е – Технические характеристики контроллера LandStar LS3024B

| | |
|--|----------------|
| Технические характеристики | |
| Напряжение системы, В | 12/24 |
| Максимальный ток заряда АБ, А | 30 |
| Максимальная мощность СБ, Вт | 360/720 |
| Максимальное напряжение аккумуляторов, В | 50 |
| Механические характеристики | |
| Габаритные размеры, мм | 200,6x101,3x57 |
| Вес, гр | 500 |
| Степень защиты от внешних воздействий, | IP30 |
| Диаметр провода, мм ² | 10 |
| Температурные данные | |
| Температура хранения, °С | -35 ~+55 |
| Температура эксплуатации, °С | -35 ~+55 |
| Допустимая влажность (без образования конденсата), % | 95 |

Особенности:

- Высокая эффективность ШИМ зарядки с температурной компенсацией
- 3 светодиода показывают уровень зарядки батареи, статус нагрузки и солнечного массива;
- Внешний датчик температуры
- Канал связи RS-485
- Открытый протокол связи Modbus
- Функция обновления программного обеспечения
- Больше функций с помощью панели индикации MT50 или ПК
- Разнообразные режимы управления нагрузкой: управление ON/OFF, таймер освещенности, управление временем;
- Выбор типа аккумуляторной батареи: гелевая, герметичная, с жидким электролитом и тип пользователя;

Встроенные электронные защиты:

- Защита от короткого замыкания;
- Защита от обратной полярности PV;
- Защита от перезаряда батареи;
- От полного разряда батареи;
- От обратной полярности батареи;
- От короткого замыкания нагрузки;
- От перегрузки нагрузки
- От перегрева