

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка магистерской диссертации состоит из: __ стр., __табл., __рисунков, __ литературных источников, __приложений.

Тема диссертации: Солнечная электростанция для зарядки легких электромотоциклов.

В первом разделе проанализировано современное состояние развития солнечных панелей, дано краткое описание электростанции для зарядки электроциклов.

Во втором разделе представлены данные о солнечной инсоляции на плоскую поверхность, определен оптимальный угол наклона фотоэлектрических модулей, а также составлен профиль нагрузки потребителя, выполнен расчёт и обоснование солнечной электростанции для гарантированного бесперебойного питания зарядных устройств станции.

В третьем разделе определено количество электрической энергии вырабатываемой солнечными панелями на протяжении года, а также построены графики потребления и выработки энергии. Выполнено исследование на гарантированность энергообеспечения объекта, проанализировано и построены графики избытка/недостатка электроэнергии.

В экономической части было выполнено технико-экономическое обоснование внедряемого объекта, который включает в себя расчет стоимости, а срок окупаемости и коэффициент экономической эффективности.

Ключевые слова: ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ, ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ, АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ, ГАРАНТИРОВАННОСТЬ, СРОК ОКУПАЕМОСТИ.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається з: __ стор., __табл., __рисуноків, __ літературних джерел, __додатків..

Тема дисертації: **Сонячна зарядна станція для легких електромотоциклів.**

У першому розділі проаналізовано сучасний стан розвитку сонячних панелей, дано короткий опис електрзарядної станції для легких електроциклів.

У другому розділі представлені дані про сонячної інсоляції на плоску поверхню, визначено оптимальний кут нахилу фотомодулів, а також складено профіль навантаження споживача, виконаний розрахунок і обґрунтування сонячної електростанції для гарантованого безперебійного живлення зарядних пристроїв станції.

У третьому розділі визначено кількість електричної енергії, що виробляється сонячними панелями на протязі року, а також побудовані графіки споживання і вироблення енергії. Виконано дослідження на гарантованість енергозабезпечення об'єкта, проаналізовано і побудовані графіки надлишку/нестачі електроенергії.

В економічній частині було виконано техніко-економічне обґрунтування впроваджуваного об'єкта, який включає в себе розрахунок вартості, а термін окупності і коефіцієнт економічної ефективності.

Ключові слова: ЗАРЯДНІ СТАНЦІЇ, ФОТОМОДУЛІ, АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕИ, ГАРАНТУВАННЯ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

ABSTRACT

The explanatory note of the master thesis consists of: __ p., __ table., __ drawings, __ literary sources, __ applications.

Theme of the thesis: Solar power station for light-duty electric motor-bicycles.

The first section analyzes the current state of development of solar panels, a brief description of the electric charging station for lightweight electric cycles.

The second section presents data on solar insolation on a flat surface, determines the optimum angle of inclination of the photo modules, as well as compiled the load profile of the consumer, calculated and justified the solar power station to guarantee uninterrupted power to the station's chargers.

The third section determines the amount of electrical energy produced by solar panels throughout the year, as well as graphs of consumption and energy production. A study on the warranty of energy supply of the object was carried out, and the graphs of excess / shortage of electricity were analyzed and constructed.

In the economic part, a feasibility study of the object under implementation was performed, which includes the calculation of the cost, and the payback period and the coefficient of economic efficiency.

Keywords: CHARGE STATION, PHOTOELECTRIC MODULE, BATTERIES, WARRANTY, TERM OF PAYABILITY.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Современные подходы к энергообеспечению автозарядных станций на основе солнечных панелей

1.1 Фотоэлектрические элементы и их виды

1.1.1 Фотоэлементы из монокристаллического кремния

1.1.2 Фотоэлементы из поликристаллического кремния

1.1.3 Фотоэлементы из аморфного кремния

1.3 Преимущества солнечных панелей

1.4 Исходные данные энергообеспечения автозаправки для легких электро-циклов

1.5 Использование солнечных панелей для зарядки электромеханических средств передвижения

2. Расчёт солнечной электростанции для ЭАЗС

2.1 Анализ баз данных солнечной инсоляции для каждого дня за 2018 год

2.2 Профиль электрической нагрузок электрозаправочной станции для заряда электротранспорта

2.3 Анализ электрической нагрузки потребителей

2.3.1 Перерасчёт солнечной энергии, падающей на поверхность ЭАЗС, и выбор оптимального угла установки солнечных панелей

2.4 Выбор инвертора для фотоэлектростанции

2.5 Определение необходимой емкости аккумуляторных батарей и их количества

2.6 Расчёт количества панелей и выбор поликристаллического ФЭМ

Выводы по разделу 2

3. Обеспечение гарантированности энергоснабжения автозарядной станции

3.1 Определение количества производимой электрической энергии солнечными панелями на протяжении года

Выводы по разделу 3

4. Расчёт технико-экономических показателей систем электроснабжения на основе солнечной энергетики

4.1. Расчет капитальных инвестиций

4.2 Расчет эксплуатационных расходов

4.2.1 Расчет амортизационных отчислений

4.2.3 Расчет годового фонда заработной платы

4.2.4 Определение годовых расходов на техническое обслуживание и текущий ремонт

4.2.5 Расчёт стоимости электроэнергии

4.3 Определение годовой экономии от внедрения объекта проектирования

4.4 Расчет экономической эффективности и срока окупаемости

Выводы по разделу 4

Список литературы

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ФЭМ – фотоэлектрический модуль

NASA (англ. National Aeronautics and Space Administration) – национальное управление по авиации и исследованию космического пространства

КПД – коэффициент полезного действия

АСЭ – автономная солнечная электростанция

СБ – солнечные батареи

СЭС – солнечная электростанция

АКБ – аккумуляторная батарея

ФЭС – фотоэлектрическая система

ВВЕДЕНИЕ

Без преувеличения можно сказать, что история развития общества это и история энергетики, причем первыми источниками энергии для преобразовательной деятельности человека были именно возобновляемые источники энергии мускульная сила животных, ветер, реки, приливы. Затем в ход пошли запасы ископаемого топлива и в частности ядерное горючее. Постоянно растущие потребности в энергии так или иначе удовлетворялись за счет вовлечения новых ресурсов, совершенствования технологии переработки топлива, совершенствования потребления. И вот здесь, когда казалось, что перспективы ставшей традиционной энергетики на ископаемом топливе (именно оно в настоящее время является основным источником энергии) достаточно устойчивы, в нарастающем темпе стали проявляться связанные с ней негативные эффекты: тепловое, химическое, радиоактивное загрязнение среды в сочетании с быстрым уменьшением легкодоступных запасов топлива, особенно нефти, газа, высококачественного угля[1].

Со стремительным ростом числа электромобилей проблема достаточного количества станций для их быстрой зарядки становится все более и более актуальной. Ведь при использовании «чистого экологичного транспорта», было бы актуально и желательно использовать «зеленую» электроэнергию, тем самым свести к минимуму загрязнение окружающей среды.

Солнечная батарея зарядной станции получает энергию Солнца, а аккумуляторная батарея накапливает за день, после чего позволяет ночью заряжать электромобиль. Экологичность и экономность такой зарядки очевидны – они используют энергию солнца и совсем не зависят от розетки, позволяя зарядить машину – не потратив при этом ни каких средств. Но также, возникает возможность при достаточном количестве солнечных батарей использовать и их как зарядку для электрокаров и в дневное время суток.

1. Современные подходы к энергообеспечению автозарядных станций на основе солнечных панелей

На сегодняшний день, одним из наиболее сложных моментов, удерживающих развитие индустрии для электромобилей и электроциклов, следовательно, рост их популярности, есть отсутствие большого количества зарядных станций, в коих они – очень нуждаются.

Для того, чтобы заменить бензиновых собратьев и целый день оставаться в строю – одной ночной зарядки не хватает, а обычных зарядных станций пока еще очень мало даже в самых развитых странах.

В Украине, здесь пока насчитывается небольшое количество электрозаправок. Такая ситуация отпугивает автолюбителей и существенно тормозит популяризацию экологического транспорта.

Карта расположения электрозаправок в Украине представлена на рисунке 1.1.

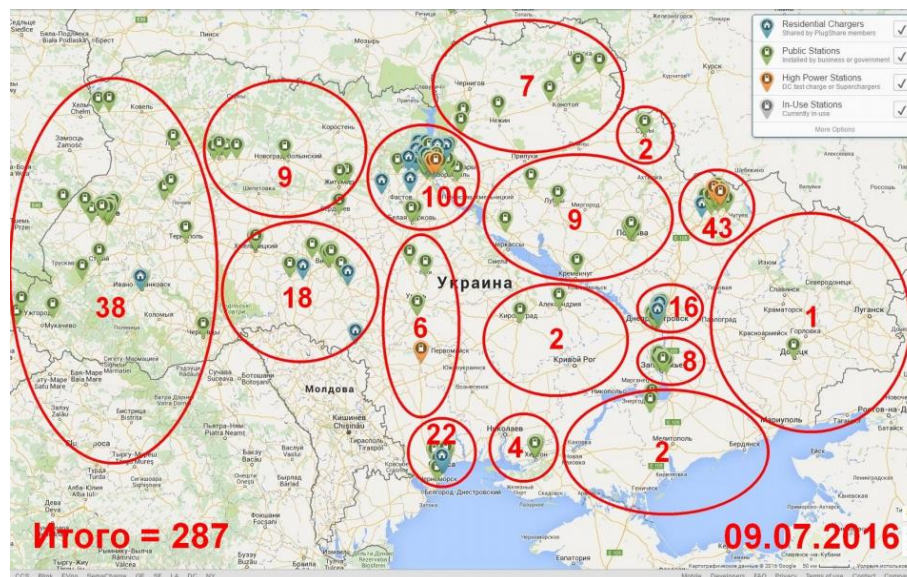


Рисунок 1.1 – Карта расположения электрозаправок

В данной дипломной работе предлагается использовать солнечные батареи (СБ) для зарядки электроциклов (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Внешний вид предлагаемой автозаправки с использованием системы СЭС

1.1 Фотоэлектрические элементы и их виды

Фотоэлектрические элементы представляют собой объединение множества фотоэлектрических преобразователей, зафиксированных на жесткой или гибкой подложке.

Каждый фотоэлемент панели состоит из двух пластин кремния с токоотводящими медными полосками. В месте соприкосновения пластины имеют тончайшее покрытие: одна – борное, другая – фосфорное. Под действием фотонов солнечного света в фотоэлементе появляются области с избытком и недостатком (так называемые «дыры») электронов. На стыке пластин, в месте полупроводникового р-п перехода, возникает электрогенерирующий эффект. Далее электрический ток по медным полоскам поступает к преобразователям напряжения (рисунок 1.3).

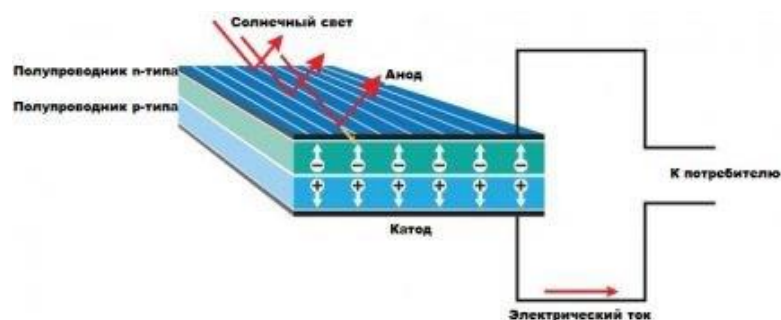


Рисунок 1.3 – Принцип работы солнечного элемента

На производительность солнечных панелей во многом влияет ориентация кристаллов и чистота кремния. Последние десятилетия разработчики бьются над улучшением этих параметров, удешевлением производства очищенного, однородного силициума. В качестве полупроводникового материала может выступать не только кремний, но принцип работы солнечных панелей остается тем же.

1.1.1 Фотоэлементы из монокристаллического кремния

Для производства солнечных панелей монокристаллического типа используют очищенный, самый чистый кремний. Такой вид солнечной панели выглядит как силиконовые соты, или ячейки, которые соединены в одну структуру. После того, как очищенный монокристалл затвердевает, его разделяют на супертонкие пластины, толщиной до 300 мкм. Такие готовые пластины соединены тонкой сеткой из электродов. В сравнении с аморфными батареями, такие стоят дороже, ведь технология их производства в разы сложнее. При этом такие батареи стоит выбрать хотя бы за их высокий коэффициент полезного действия(КПД). На уровне 20%. Да, для солнечных батарей это хороший показатель. Внешний вид панелей представлен на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Внешний вид монокристаллической панели

1.1.2 Фотоэлементы из поликристаллического кремния

Для того чтобы получить поликристаллы, кремниевую субстанцию медленно охлаждают. Такой подход к технологии производства значительно дешевле чем в предыдущем типе панелей, поэтому и стоит этот вид дешевле. При этом для изготовления требуется меньше энергии, а это ещё раз благотворно действует на цену. Поэтому у таких батарей КПД ниже — до 18%. Связано такое падение коэффициента с образованиями внутри поликристалла, которые снижают эффективность. Внешний вид такой панели представлен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Внешний вид панели из поликристаллического кремния

1.1.3 Фотоэлементы из аморфного кремния

Данный вид солнечных батарей можно отнести как к кремниевым (потому что материал изготовления — кремний) так и к плёночным, ведь изготовлены они по принципу производства плёночных батарей. Но всё же отличия есть.

На сегодняшний день существует три поколения аморфных солнечных панелей (рисунок 1.6). И если эффективность первых образцов составляла всего лишь 4–5%, КПД последних разработок достигает 12%. На рынке же массово

представлены панели второго поколения с продуктивностью 8–9%. В течение стандартного для них срока службы 20–25 лет мощность аморфных фотоэлементов снижается на 15–20%.

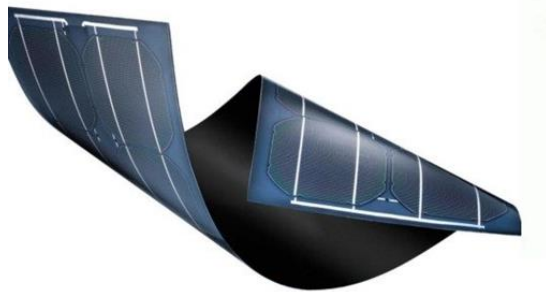


Рисунок 1.6 – Внешний вид панели из аморфного кремния

Однако низкое энергопотребление, простота производства и невысокая его стоимость, возможность производства больших по размерам элементов делает модули из аморфного кремния востребованными в самых широких сферах человеческой деятельности. Аморфный кремний достаточно широко применяется при производстве часов и калькуляторов, однако для установок большой мощности он неприменим вследствие меньшей стабильности. «Метод осаждения из газовой фазы», при помощи которого происходит изготовление аморфного кремния, состоит в осаждении тонкой пленки кремния на подложку и нанесении защитного покрытия. Вследствие такого осаждения образуются проводящие электричество p-n переходы. Такие модули эффективны даже в условиях слабой освещенности и облачности и лучше защищены от агрессивного влияния внешних факторов. Поскольку фотоэлектрические модули из аморфного кремния эффективнее работают при пониженной освещенности, то при одинаковой установленной мощности в сравнении с фотоэлектрическими модулями из монокристаллического кремния первые вырабатывают электроэнергии в течение года на 15-20% больше.

1.3 Преимущества солнечных панелей

- Низкие текущие расходы

Фотоэлементы работают на бесплатном топливе - солнечной энергии. Благодаря отсутствию движущихся частей, они не требуют особого ухода. Рентабельные фотоэлектрические системы являются идеальным источником электроэнергии для станций связи в горах, навигационных бакенов в море и других потребителей, расположенных вдали от линий электропередач.

- Экологичность

Поскольку при использовании фотоэлектрических систем не сжигается топливо и не имеется движущихся частей, они являются бесшумными и чистыми. Эта их особенность чрезвычайно полезна там, где единственной альтернативой для получения света и электропитания являются дизель-генераторы и керосиновые лампы.

- Низкие затраты на строительство

Размещают фотоэлектрические системы обычно близко к потребителю, а значит, линии электропередачи не нужно тянуть на дальние расстояния, как в случае подключения к линиям электропередач. Вдобавок, не нужен понижающий трансформатор. Меньше проводов означает низкие затраты и более короткий период установки.

- Применение фотомодулей

Солнечные фотоэлементы являются вполне реальной технической и экономически выгодной альтернативой ископаемому топливу в ряде применений. Солнечный элемент может напрямую превращать солнечное излучение в электричество без применения каких-либо движущихся механизмов. Благодаря этому, срок службы солнечных генераторов довольно продолжителен. Фотоэлектрические установки качают воду, обеспечивают ночное освещение, заряжают аккумуляторы, подают электричество в общую энергосистему и т. д. Они работают в любую погоду. При переменной облачности они достигают 80% своей потенциальной производительности; в

туманную погоду - около 50%, и даже при сплошной облачности они вырабатывают до 30% энергии.

В наше время можно найти не только фотоэлектрические панели. Разные фирмы предлагают фотоэлементы в виде легких, эластичных и прочных кровельных плит, а также несущих стен-перегородок для фасадных работ.

В некоторых регионах фотоэлементы повышают конкурентоспособность систем, подключенных к электросети.

1.4 Исходные данные энергообеспечения автозаправки для легких электроциклов

В данном дипломном проекте объектом исследования является процесс интеллектуального заряда электромеханических транспортных средств, а предметом исследования солнечно-зарядная электростанция для электробайков.

Исходные данные для проведения расчётов:

- Широта исследуемой области для ФЭС – 48 град. с.ш.
- Долгота исследуемой области для ФЭС – 34 град. в.д.
- Ориентация, принимающей солнечную энергию, поверхности – южная.
- Угол наклона воспринимающей поверхности – может варьироваться, от наклона ФЭС.
- Время эксплуатации – круглогодичная заправка, в любое время суток.
- В расчётах температуру нагрева фотомодулей не учитываем.

В результате работы следует найти электрические нагрузки и рассчитать параметры фотоэлектрической станции, ёмкости накопительного элемента и инвертора, а также всего необходимого вспомогательного оборудования для ФЭС.

Климат Днепропетровска переходной от умеренно – континентального к континентальному, теплый. На микроклимат сильное влияние оказывает Днепр,

увеличивается влажность воздуха в весенне – осенний период. Зима сравнительно мягкая, с пасмурной погодой и частыми туманами. Средняя температура в январе -5. Часты оттепели до + 5 -10 градусов Цельсия. Лето теплое, засушливое.

Объект предлагается расположить на проспекте Слобожанський, 4, Днепр, Днепропетровская область, план-схема АЗС представлена на рисунке 1.7.

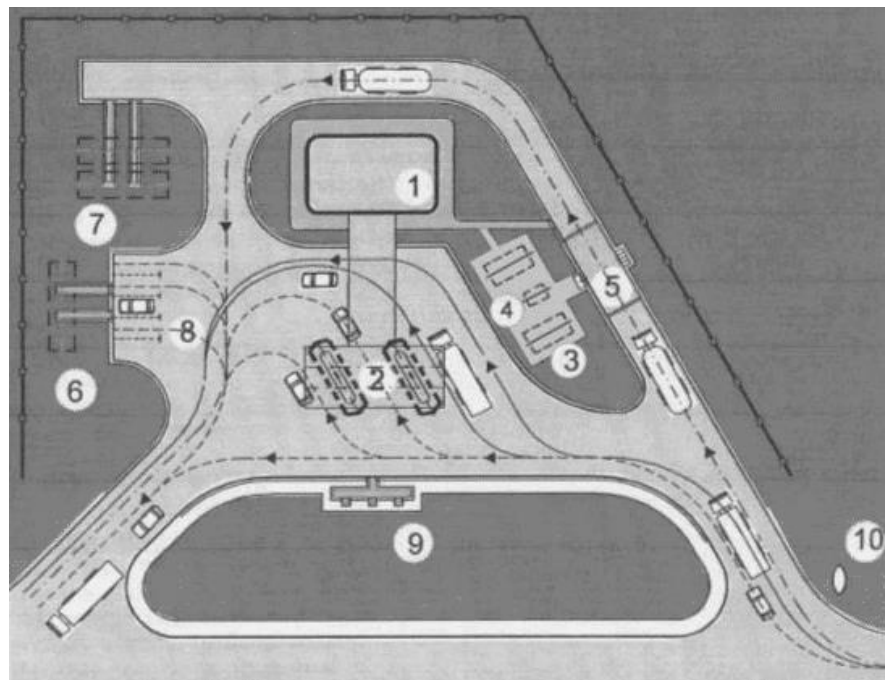


Рисунок 1.7 – План- схема АЗС

- 1 – здание операторной; 2 – навес над топливораздаточными колонками;
 3 – резервуарный парк; 4 – аварийные резервуар топлива;
 5 – площадка слива топлива; 6 – резервуар загрязненных и очищенных стоков;
 7 – резервуары противопожарного запаса воды;
 8 – площадка для стоянки автотранспорта; 9 – флагштоки;
 10 – информационная стена.

1.5 Использование солнечных панелей для зарядки электромеханических средств передвижения

В данной дипломной работе, предполагается использование электрозаправочную станцию на основе солнечной энергии (рисунок. 1.8).

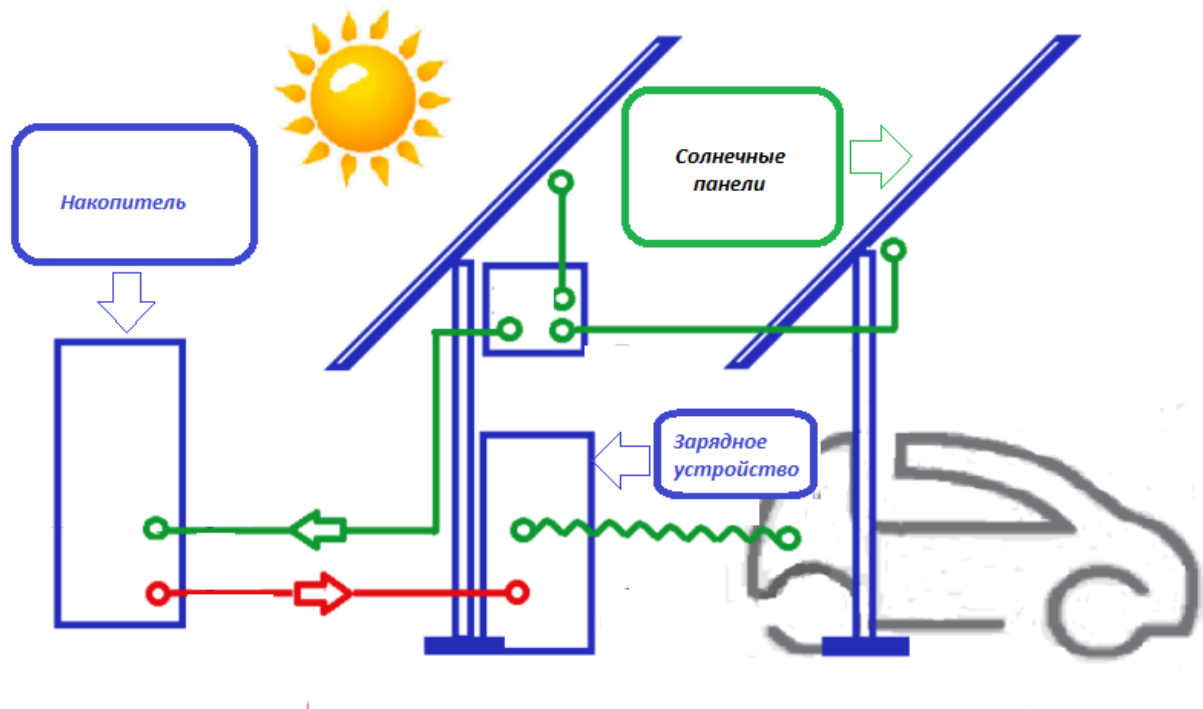


Рисунок 1.8 – Схема электрозаправочной станции на основе СЭС

Для заряда аккумулятора электромобиля электрическим током, существует несколько вариантов осуществления процедуры заправки:

1. Зарядка электромобиля от обычной бытовой розетки 220В, 50Гц, 16А (3,5кВт).

Преимущество данного метода: простота и возможность пополнить заряд аккумулятора где угодно, где есть обычная бытовая розетка.

Недостаток: медленный процесс зарядки, который требует 6-7 часов времени на заправку авто от 0 до 100% (на примере Nissan LEAF).

2. Зарядка на специальной зарядной станции переменного тока с использованием, к примеру, зарядного кабеля с разъемом SAE J1772, а для такой подводимая к автомобилю мощность позволит зарядить аккумулятор от 0 до 100% за 4 часа.

3. Зарядка на специальной быстрой зарядной станции постоянного тока стандарта с использованием «SMART CHARGE» – зарядка на таких «смартчарджерах» осуществляется за 20-30 минут от 0 до 80%.

Но, отсюда возникает потребность иметь постоянный заряд для питания электротранспорта, так как солнечные панели не работают в ночное время и очень слабо воспринимают энергию Солнца в пасмурное время суток, необходимо использовать накопитель, с целью обеспечения электробайков.

Исходя из этого, в данной дипломной работе рассматривается исследование процесса интеллектуального заряда электротранспорта.

Выводы по разделу 1:

В настоящее время альтернативой традиционным источникам является использования возобновляемых источников энергии, в частности, рассматривая солнечная энергетика. Всё больше широкое распространение получают фотоэлектрические установки с различными мощностями, которые варьируется от единиц ватт до сотен (в одном модуле).

Электрозаправки, на данный момент, не так широко используются в Украине, в связи с подорожанием цен электроэнергию, получаемую традиционным путем.

Особенностью при проектировании солнечных установок является прогнозирование, как потребления энергии, так и поступление солнечной инсоляции в месте установки модулей. При этом важно учитывать, как профиль поступления, так и профиль потребления энергии.

РАЗДЕЛ 2

РАСЧЁТ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЭАЗС

2.1 Анализ баз данных солнечной инсоляции для каждого дня за 2018 год

Для расчета солнечной электростанции, была использована информация ежесуточного поступления солнечной энергии для города Днепр согласно данным NASA [2]. Данные для анализа солнечной энергии были взяты за период с 1-го января 1988 года по 1-го января 2018 года. Зная значения за столь длительный период, можно спрогнозировать, с высокой долей вероятности, солнечную иррадиацию до конца 2018 года, эти данные занесены в таблицу 2.1-2.3 с помощью программного обеспечения «MS Exell».

Таблица 2.1 – Значение солнечной инсоляции для каждого дня
г. Днепр

Дата	Месяц			
	Январь	Февраль	Март	Апрель
	Солнечная инсоляция, кВтч/м ² /день			
1	0,86	1,49	2,08	3,19
2	0,86	1,57	2,31	3,56
3	0,84	1,59	2,23	3,68
4	1,03	1,71	2,37	4,11
5	0,91	1,72	2,52	4,01
6	1,01	1,77	2,54	3,86
7	0,98	1,82	2,71	3,23
8	0,94	1,88	2,64	3,23
9	0,95	1,89	2,86	3,38
10	0,93	1,87	2,95	3,39
11	1,021	1,89	2,8	3,54
12	0,98	1,89	2,66	3,81

Продолжение таблицы 2.2

13	1,086	1,71	3,05	4,14
14	1,089	1,80	3,23	4,05
15	1,10	1,79	3,05	3,71
16	1,0	1,85	3,01	4,01
17	1,16	2,22	2,89	4,36
18	1,15	2,32	2,87	4,42
19	1,1	2,27	2,9	4,14
20	1,18	2,09	3,06	4,03
21	1,04	2,13	3,33	4,24
22	1,25	2,46	3,51	4,49
23	1,19	2,41	3,65	4,3
24	1,25	2,54	3,5	4,72
25	1,32	2,66	3,46	4,72
26	1,25	2,64	3,28	5,03
27	1,32	2,61	3,61	5,02
28	1,37	2,62	3,190	5,23
29	1,17	2,50	3,59	4,99
30	1,48	-	4,29	5,44
31	1,31	-	3,95	-

Таблица 2.2 – Значение солнечной инсоляции для каждого дня г. Днепр

Дата	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
	Солнечная инсоляция, кВтч/м ² /день			
1	2	3	4	5
1	5,71	5,57	5,94	5,92
2	5,45	5,12	5,92	5,93
3	4,99	5,99	6,05	5,81
4	5,35	6,22	6,1	5,29
5	5,62	5,94	5,95	5,88
6	5,095	5,96	6,22	5,81
7	5,48	6,1	5,89	5,73
8	5,094	5,83	5,9	5,73
9	5,45	6,36	5,96	5,66
10	5,58	6,08	5,91	5,84
11	5,55	6,17	5,73	5,84
12	5,39	5,74	6,14	5,52
13	6,24	6,06	5,99	5,17
14	5,602	6,23	6,06	4,85
15	5,79	6,04	5,75	5,71
16	5,77	5,88	5,79	5,63
17	6,12	5,67	5,68	5,61
18	5,55	5,82	5,58	5,37
19	5,97	5,79	6,25	5,21
20	5,78	5,55	6,081	5,1
21	5,61	5,405	6,16	5,072
22	5,77	5,64	6,22	4,93
23	5,69	6,004	5,87	4,907

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
24	5,66	5,86	5,65	4,9
25	5,86	5,47	5,62	5,2
26	5,6	5,3	5,71	4,86
27	5,808	5,35	5,84	4,53
28	5,46	5,46	6,019	4,59
29	5,63	5,509	5,59	4,47
30	5,505	5,76	5,702	4,53
31	5,34	-	5,53	4,32

Таблица 2.3– Солнечная иррадиация по дням

День	Месяц			
	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	Солнечная инсоляция, кВтч/м ² /день			
1	4,57	3,24	1,71	0,95
2	4,33	2,93	1,62	1,006
3	4,34	3,19	1,48	0,97
4	4,54	2,93	1,47	0,97
5	4,2	2,97	1,51	0,93
6	3,95	2,82	1,39	0,83
7	4,062	2,84	1,402	0,93
8	3,91	2,88	1,35	0,91
9	3,76	2,43	1,41	0,91
10	4,018	2,7	1,21	0,9
11	4,018	2,54	1,31	0,94
12	4,027	2,42	1,23	0,79

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
13	3,98	2,63	1,1	0,78
14	4,02	2,54	1,16	0,82
15	4,05	2,44	1,07	0,81
16	3,8	2,32	1,021	0,94
17	3,77	2,2	1,16	0,93
18	3,9	1,86	1,11	0,91
19	3,58	1,86	1,053	0,90
20	3,758	2,029	0,968	0129
21	3,263	1,86	0,95	0,823
22	3,26	1,96	0,895	0,84
23	3,535	2,008	1,08	0,93
24	2,93	1,775	0,993	0,8
25	2,968	1,828	0,864	0,87
26	3,275	1,647	1,02	0,90
27	3,193	1,63	0,93	0,74
28	3,0743	1,71	0,92	0,82
29	3,118	1,81	0,84	0,89
30	2,8	1,67	0,86	0,83
31	-	1,57	-	0,95

Таблица 2.4 – Среднесуточное суммарное количество солнечной энергии за год на 1 м^2 приходящую на горизонтальную плоскость

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$Q_{\text{ср}}$
г. Днепр	1,2	1,9	2,9	4,0	5,5	5,5	5,7	5,0	3,6	2,2	1,2	0,96	3,3

Профили поступления солнечной энергии на протяжении года представлены на рисунке 2.1.

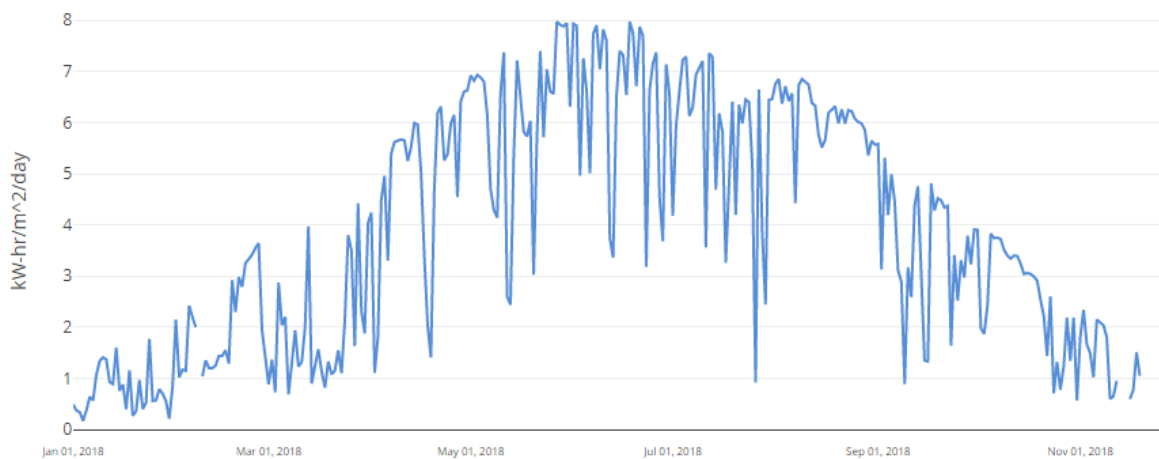


Рисунок 2.1 – График поступления солнечной энергии на протяжении 2018 года [2].

2.2 Профиль электрической нагрузки электрозаправочной станции для заряда электротранспорта

Под электрической нагрузкой понимается величина мощности, потребляемой отдельными приемниками электроэнергии или их группами. При проектировании электроснабжения любого объекта, в том числе и дачного поселка, главное правильно определить электрические нагрузки, которые являются основой для выбора всех элементов системы и в первую очередь

энергоисточника. От правильного прогнозирования нагрузок (определение расчетных нагрузок) зависят капиталовложения в систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, стабильность и надежность работы потребителей.

2.3 Анализ электрической нагрузки потребителей

Потребления электрической энергии (мощности) за отчетный период формируется на основании интегральных значений потребления электрической энергии (в случае предоставления потребителем интегральных данных за расчетный период) либо на основании договорной величины электрической энергии (при отсутствии статистической информации).

Расчетный профиль потребления электрической энергии (мощности) – почасовой объем потребления формируется путем распределения объема электрической энергии, пропорционально расчетным коэффициентам за выбранный типовой рабочий и выходной день с использованием типового суточного графика нагрузки.

В данной дипломном проекте рассматривается одновременный подзаряд электротранспорта в количестве 2-х единиц.

Типовые (усредненные) данные о мощности электроустройств представленные в (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Перечень электроприборов

№	Потребитель	Мощность в кВт
1	Электромотоцикл MYBRO GODSPEED	2,16
2	Электроскутер CityCoco Harley	2
Всего:		4,16

Время работы заряда электротранспорта на электрозаправочной станции планируется на протяжении 20 часов, то есть, непрерывная зарядка устройств

на протяжении заданного периода времени. На данный момент, этот вариант является менее вероятным, но мы учитываем максимальные загрузки станции.

2.3. Перерасчёт солнечной энергии, падающей на поверхность ЭАЗС, и выбор оптимального угла установки солнечных панелей

Так как планируемые панели будем устанавливать непосредственно на крыше навеса, электрорядных зарядных устройств, возникает необходимость учитывать угол установки солнечных модулей. Расчёт проводим согласно методике [3]. Для определения ежедневной облученности наклонной площадки необходимо среднемесячное поступление солнечного излучения в кВт·ч/месяц на площадку, имеющую тот же угол наклона, что и солнечные панели, разделить на количество дней месяца.

Солнечно-электрическая подзарядка планируется быть энергоавтономной и полностью работать от солнечных батарей.

Произведем расчёт для августа месяца, так как это середина года.

Склонение Солнца (угол между линией, соединяющей центры Земли и Солнца, и ее проекцией на плоскость экватора) в средний день месяца, град:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) = 23.45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+228}{365}\right) = 22.10^\circ \quad (2.1)$$

где n – порядковый номер дня, отсчитанный от 1 января (номер среднего расчетного дня для каждого месяца года).

Для остальных месяцев расчёт проводится аналогично и занесен в таблицу 2.6, для наглядности данные таблицы, с помощью программного обеспечения «MS Excel» перенесены на график (рис. 2.2).

Таблица 2.6 – Угол склонения Солнца по месяцам

МЕСЯЦ	ЯНВ	ФЕВ	МРТ	АПР	МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГ	СЕНТ	ОКТ	НОЯ	ДЕК
δ_c , град	-21,27	-13,29	-2,82	9,41	18,79	23,31	21,52	13,78	2,22	-9,60	-19,00	-23,34

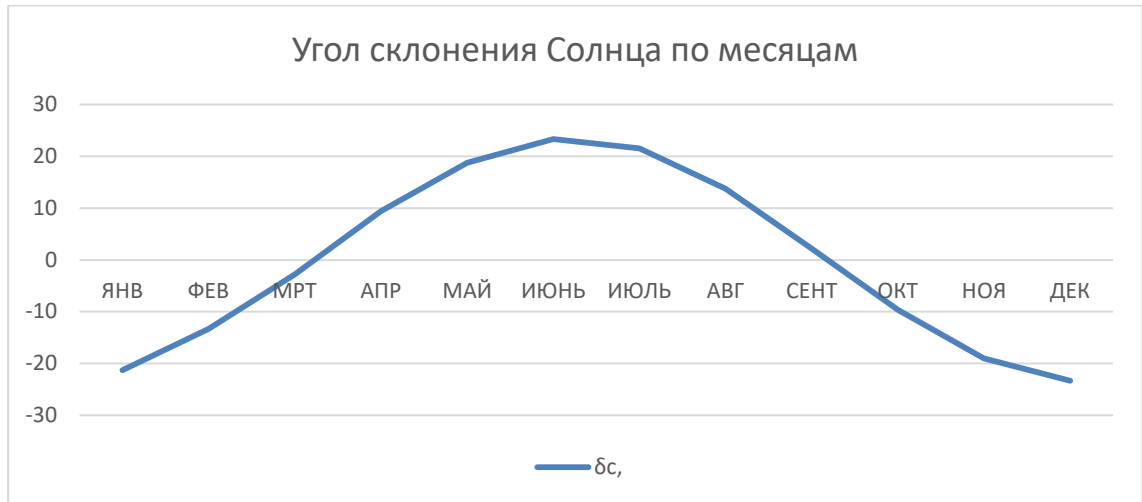


Рисунок 2.2 – Угол склонения Солнца по месяцам

Для обеспечения условий поглощения солнечной энергии солнечными панелями, его поглощающая поверхность должна быть ориентирована на юг с углом наклона $\beta_{\text{опт}}$, который будет равен:

$$\beta_{\text{опт}} = \varphi_p - \delta_c \quad (2.2)$$

де φ_p – широта местности, где рассматривается проектирование ФЭС.

Расчёты занесены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Оптимальный угол установки фотоэлементов

МЕСЯЦ	ЯНВ	ФЕВ	МРТ	АПР	МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГ	СЕНТ	ОКТ	НОЯ	ДЕК
$\beta_{\text{опт.}}$, град	26,73	34,71	45,8	57,41	66,76	71,31	69,52	61,78	50,22	38,4	29	24,66

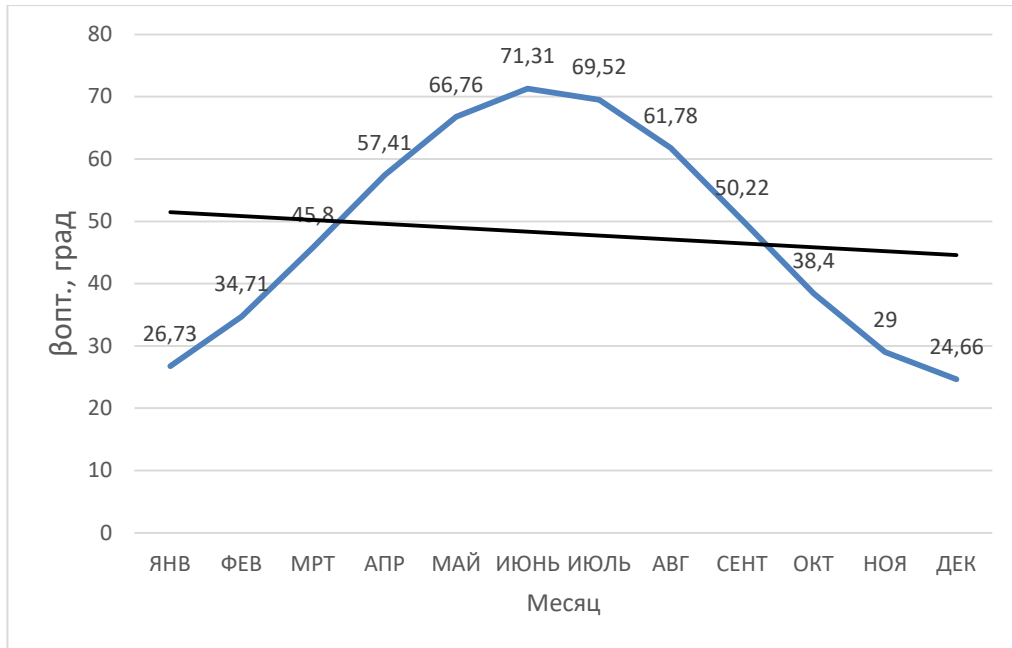


Рисунок 2.3 – Оптимальный угол установки фотоэлементов

Согласно рисунку 2.3 оптимальным углом наклона солнечных батарей для полного автономного снабжения электростанции составит 45 градусов, что показывает аппроксимация на графике.

Расчёт будем проводить для зимнего месяца, так как это самый неблагоприятный месяц.

Найдем часовой угол захода Солнца для наклонной поверхности с южной ориентацией:

$$\omega_{\text{зн}} = \arccos[-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta] = \arccos(-tg(45 - 90) \cdot tg(22.10)) = 91,62^\circ \quad (2.2)$$

где φ – широта местности, град;

β – угол наклона поверхности солнечной батареи к горизонту;

$\beta=45^\circ$ градуса, так как он самый оптимальный для нашей местности, исходя из графика, показанного на рисунке 2.3.

Часовой угол захода (восхода) Солнца для горизонтальной поверхности:

$$\omega_3 = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta) = \arccos(-tg(48) \cdot tg(22.10)) = 116.8^\circ \quad (2.3)$$

Среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi-\beta) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_{3H} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{3H} \cdot \sin(\varphi-\beta) \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\delta} =$$

$$\frac{\cos(48-45) \cdot \cos(22.10) \cdot \sin(91.68) + \frac{\pi}{180} \cdot 91.62 \cdot \sin(48-45) \cdot \sin(22.1)}{\cos(48) \cdot \cos(22.1) \cdot \sin(116.8) + \frac{\pi}{180} \cdot 116.8 \cdot \sin(48) \cdot \sin(22.1)} = 0,8689 \quad (2.4)$$

где β - угол наклона солнечной батареи к горизонту, град;

Коэффициент пересчета с горизонтальной плоскости на наклонную с южной ориентацией равен сумме трех составляющих, соответствующих прямому, рассеянному и отраженному солнечному излучению:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1+\cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1-\cos\beta}{2} = \left(1 - \frac{0,6}{0,96}\right) \cdot 0,8689 + \frac{0,6}{0,96} \cdot$$

$$\frac{1+0,719}{2} + 0,2 \cdot \frac{1-0,719}{2} = 1,23 \quad (2.4)$$

где E_p – среднемесячное дневное количество рассеянного солнечного излучения, поступающего на горизонтальную поверхность; таблица 2.8 согласна данным NASA [2].

Таблица 2.8 – Среднемесячное значение за сутки диффузное излучение, падающего потока на горизонтальную поверхность

Месяц	ЯНВ	ФЕВ	МРТ	АПР	МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГ	СЕН	ОКТ	НОЯ	ДЕК	ИТОГО
E_p , (кВт·ч / м ² / день)	0.73	1.06	1.60	2.13	2.47	2.67	2.55	2.21	1.73	1.15	0.73	0.60	1.64

E_p/E – среднемесячная дневная доля рассеянного солнечного излучения;

R_{π} – среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность;

β – угол наклона поверхности солнечной батареи к горизонту;

$\beta=45^\circ$ градуса, так как он самый оптимальный рассмотренной местности.

Расчёт угла взят согласно с оптимального разрешения использования и получения солнечной энергии, так как панели стационарны и не поворачиваются за солнцем, а также отсутствует система наклона.

Поэтому зимой, солнце низко, панель должна быть – аналогично, летом – наоборот. Исходя из этого угол взят 45° .

ρ – коэффициент отражения (альbedo) поверхности Земли и окружающих тел, обычно принимаемый равным 0,7 для зимы и 0,2 для лета, принимаем для зимнего времени, чтобы уточнить количество энергии припадаемой на Землю.

Если солнечные панели устанавливаются под некоторым углом β к горизонту, то среднемесячное дневное количество прямой солнечной энергии, поступающее на наклонную поверхность, может быть найдено по формуле:

$$E_{авг} = R \cdot E = 1,23 \cdot 0,96 = 1,1808 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 \quad (2.6)$$

где $E_{авг}$ – среднемесячное дневное суммарное количество прямой солнечной энергии, поступающей на горизонтальную поверхность, кВт · ч / м² / день . Это в свою очередь показывает, под углом 45 градусов, наши панели будут работать в номинальном режиме, соответственно КПД установки будет снижаться из-за температуры, что в свою очередь показывает необходимость проведение дальнейших исследований. Но, для проектирования СЭС учитываем только перерасчёт энергии на наклонную поверхность.

2.4 Выбор инвертора для фотоэлектростанции

Выбор инвертора одна из самых важных задач ФЭС, определим основные параметры инвертора, которые стоит отметить при выборе:

- Входное напряжение.

Рекомендуется выбирать напряжение:

- 12 В при мощности до 600 Вт,
- 24 В при мощности от 600 до 1500 Вт,
- 48 В при мощности более 1500 Вт.

В нашем случае принимаем к установке инвертор на напряжение 48 В.

Произведем расчет нагрузки переменного тока $W_{пост}$ и результат занесен в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

Нагрузка переменного тока.

№	Нагрузка переменного тока	Мощность в кВт
1	Зарядная станция для электробайков	4,16

Число ампер-часов в неделю, требуемое для покрытия нагрузки переменного тока, определяется по формуле:

$$q_{сут} = \frac{P \cdot t}{U} = \frac{4160 \cdot 20}{48} = 1733,2 \text{ А} \cdot \text{ч}. \quad (2.6)$$

Где, t – количество часов, при которых идет заряд электротранспорта, ч.

- Номинальная и пиковая выходная мощность.

В идеале, номинальная выходная мощность инвертора должна быть равна сумме мощностей всех нагрузок. Однако, в реальности чаще делают выбор по нагрузке с максимальной мощностью.

- Защиты.

Качественный инвертор должен обладать максимальным количеством защит:

- от высокого и низкого напряжения аккумуляторной батареи,
- от короткого замыкания (КЗ) по выходу,
- от перегрузки по выходу,
- от перегрева.

Наличие защит предотвратит выход из строя в экстренных ситуациях.

- КПД.

Коэффициент полезного действия солнечного инвертора в конечном счете определяет сколько энергии будет потрачено впустую (просто на то, чтобы он работал). Современные модели имеют КПД 90-95%. При КПД ниже 90% более 10% энергии будет истрачено впустую, что не допустимо для солнечной электростанции.

Принимаем гибридный инвертор для солнечных батарей AbiSolar 5048, технические характеристики инвертора сведены в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Технические характеристики инвертора

Модель инвертора	5кВА
Номинальная мощность	5кВкВт
Форма выходного напряжения	Чистая синусоида
Выходное напряжение	230В±5 %
Выходная частота	50Гц
Эффективность	90%
Защита от перегрузки	5с при ≥150% нагрузки, 10с при 110% - 150% нагрузки

Макс. мощность	2 номинальные мощности в течение 5с
Напряжение постоянного тока	48В
Напряжение холодного пуска	46,0В

Характеристики заряда представлены в табл. 2.11

Таблица 2.11 – Данные и характеристика заряда от инвертора

Ток, потребляемый инвертором		20/30А (при U=230В)
Напряжение основного заряда	Жидкий ЭЛ-Т	58,4
	AGM / Gel	56,4
Напряжение поддерживающего заряда		54В
График заряда		
Ток заряда (ШИМ)		50А
Напряжение АКБ		48В
Диапазон рабочих напряжений		60 - 72В
Макс. напряжение хол.хода		90В
Потребление в режиме ожидания		2Вт
Допуск напряжения		+/-0.3%

2.5 Определение необходимой емкости аккумуляторных батарей и их количества

Для того чтобы, рассчитать необходимое количество АКБ, необходимо определиться с типом системы: автономная либо с поддержкой сети.

Так как, у нас гибридная автономная система ФЭС, количество дней без солнца, определяем исходя из таблицы 2.11.

Определим суммарная емкость аккумуляторов, учитывающая количество дней без солнца N_{bc} :

$$q_N = q_{см} \cdot N_{bc} = 1733,2 \cdot 1 = 31197,6A \cdot ч \quad (2.7)$$

Для определения оптимального количества АКБ, необходимо учесть, что чем больше глубина разряда, тем быстрее батареи выйдут из строя. Рекомендуется учитывать значение глубины разряда 20% - 50%. Соответственно коэффициент использования γ составит от 0,2 до 0,5.

Заряд аккумуляторной батареи с учетом глубины разряда:

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{1773,2}{0,5} = 3546,2A \cdot ч \quad (2.8)$$

С учетом места хранения АКБ в тех. помещении и то что, температура этого помещения составит не менее 21С, принимаем коэффициент α , который учитывает температуру окружающей среды в помещении.

Общая требуемая емкость аккумуляторных батарей:

$$q_{общ} = q_\gamma \cdot \alpha = 3546,2 \cdot 1,14 = 4042,68A \cdot ч \quad (2.9)$$

Согласно полученной емкости, определим тип аккумуляторной батареи, который будет использоваться, в данном проекте предложено использовать гелевые аккумуляторы.

Гелевый аккумулятор EverExceed Solar ES250-12G (12V250Ah) Свинцово-кислотные необслуживаемые герметичные аккумуляторы EverExceed серии Solar производятся по технологии GEL.

Аккумуляторы серии Solar Gel отлично зарекомендовали себя при использовании и во многих других устройствах: в навигационных приборах, в телекоммуникационных, осветительных, охранных системах, в электротранспорте. Особенно широко герметизированные Аккумуляторы серии Solar Gel применяются в быту, например, в мини-электростанциях и генераторах, где не требуется специальное обслуживание.

Аккумулятор EverExceed ES250-12G отличается большим сроком службы и отличным циклическим ресурсом при работе в режиме глубокого разряда: при разряде 80%, аккумуляторы этой серии способны выдать до 1000 циклов. Аккумулятор имеет достаточно низкий показатель саморазряда - 2%, низкое внутренне давление и минимальный показатель газовыделения. Аккумулятор EverExceed ES200-12G имеет прочную, усиленную конструкцию, укомплектован защитными колпачками для полюсов, соединительными планками. Соответствует стандартам ICAO, IATA и DOT.

Номинальные характеристики аккумуляторных батарей представлены в (табл. 2.12).

Таблица 2.12 – Номинальные характеристики аккумуляторных батарей

Характеристика	Значение
Емкость	250 Ач
Напряжение, В	12
Габариты (д/ш/в), мм	520/269/220

Характеристика	Значение
Срок службы	До 12 лет
Циклический ресурс (при 100% разряде)	800 циклов
Циклический ресурс (при 50% разряде)	1750 циклов

Выбираем тип и количество аккумуляторных батарей, которые будут использоваться в нашей энергосистеме.

Для определения параллельно соединённых батарей необходимо разделить общую требуемую емкость батарей $q_{общ}$ на номинальную емкость выбранной аккумуляторной батареи, а полученное значение округлить до ближайшего большего целого. Это будет количество батарей, соединенных параллельно:

$$N_{пар}^{АКБ} = \frac{q_{общ}}{q_{ном}} = \frac{4042,68}{250} = 16,17 \approx 17 \text{ штук} \quad (2.11)$$

Рассчитаем количество последовательно соединенных батарей, для этого необходимо разделить номинальное напряжение постоянного тока системы $U_{инв}$ на номинальное напряжение аккумуляторной батареи:

$$N_{посл}^{АКБ} = \frac{U_{инв}}{U_{ном}} = \frac{48}{12} = 4 \quad (2.12)$$

Полное количество аккумуляторных батарей составит:

$$N^{АКБ} = N_{пар}^{АКБ} \cdot N_{посл}^{АКБ} = 17 \cdot 4 = 68 \text{ штук} \quad (2.13)$$

Габариты одной батареи составит $0,08 \text{ м}^2$, согласно производителю [8].
Занимаемая площадь АКБ составит:

$$S_{пл} = S_{бат} \cdot n \cdot k = 0,08 \cdot 68 \cdot 1,2 = 6,52 \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

где, k – учитывает 20% запаса места под кабели и другие предметы для подключения АКБ.

2.6 Расчёт количества панелей и выбор поликристаллического ФЭМ

Принимаем к установке солнечные батареи JA Solar JAP72S01 330Вт из поликристаллического кремния, так как количество пасмурных дней довольно высокое на протяжении года, а как известно поликристаллический кремний способен улавливать рассеянный свет, исходящий из Солнца [4].

Характеристики выбранной панели представлены в табл. 2.13

Таблица 2.13 – Характеристики солнечной панели

Наименование параметра	Мощность, Вт	Ток КЗ, А	Напряжение х.х., В	Номинальное напряжение, В	Рабочий ток, А	Длина, мм	Ширина, мм
	330	18,33	37,65	24	13,75	1960	961

Согласно методике [3] необходимая емкость с учётом потерь на заряд-разряд аккумуляторной батареи:

$$q_{з-р} = q_{сут} \cdot \zeta = 1733,2 \cdot 1,2 = 2079,84 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (2.15)$$

ζ – поправочный коэффициент на заряд – разряд АКБ, $\zeta = 1,2$.

Значение тока, который должны генерировать солнечные батареи:

$$I_{сб} = \frac{q_{з-р}}{i} = \frac{2079,84}{3,4} = 611,71 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (2.16)$$

i – число пиковых солнце-часов для заданной местности,

$i = 3,4$ (данные с сайта NASA по оценке солнечной инсоляции) [10].

Определим число модулей, соединенных параллельно, разделить значение тока, вырабатываемого батареями, на максимальный ток I_{mpp} одного модуля и округлить полученное до ближайшего большего целого:

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{I^{\text{СБ}}}{I_{\text{mpp}}} = \frac{611,71}{18,33} = 33,37 = 34 \text{ штук} \quad (2.17)$$

где I_{mpp} – максимальный ток (ток кз), А.

Число модулей, соединенных последовательно:

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{инв}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{СБ}}} = \frac{48}{24} = 2 \quad (2.18)$$

Где $U_{\text{инв}}$ – напряжение на инверторе, вход от солнечных панелей, В

Общее количество требуемых фотоэлектрических модулей:

$$N^{\text{СБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} \cdot N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = 34 \cdot 2 = 68 \text{ штук}$$

Площадь солнечных батарей:

$$S^{\text{СБ}} = N^{\text{СБ}} \cdot S_1^{\text{СБ}} = 68 \cdot 1,95 = 132,6 \text{ м}^2$$

где $S_1^{\text{СБ}}$ – площадь одной солнечной батареи.

Выводы по разделу 2:

В данном разделе представлены данные о солнечной инсоляции на плоскую поверхность, определен оптимальный угол наклона фотомодулей, для

автономного обеспечения автозарядной станции, выполнен перерасчёт солнечной инсоляции на наклонную плоскость. Составлен профиль нагрузки потребителя, а также выполнен расчёт необходимого количества солнечных панелей и аккумуляторов, для гарантированного бесперебойного питания зарядных устройств станции.

РАЗДЕЛ 3
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАННОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
АВТОЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ

3.1 Определение количества электрической энергии солнечными панелями на протяжении года

Исходя из расчёта, представленного в разделе 2, на планируемой автозарядной станции предполагается использовать 68 солнечных панелей.

Данные о выработке электроэнергии одним модулем на 1м² представлены в таблицах 3.1-3.3.

Таблица 3.1 – Сводная таблица выработки электроэнергии одной панелью в течение года

Дата	Месяц			
	Январь	Февраль	Март	Апрель
	Выработка электроэнергии, кВт*ч			
1	0,35802	0,62985	0,845325	1,375725
2	0,39117	0,699465	0,95472	1,74369
3	0,37128	0,65637	1,064115	1,733745
4	0,401115	0,772395	0,958035	1,90944
5	0,32487	0,745875	1,123785	1,945905
6	0,37791	0,818805	1,1934	1,786785
7	0,387855	0,851955	1,326	1,514955
8	0,348075	0,871845	1,2597	1,541475
9	0,401115	0,88842	1,488435	1,780155

Продолжение таблицы 3.1

10	0,348075	0,891735	1,488435	1,64424
11	0,394485	0,938145	1,302795	1,84314
12	0,387855	0,93483	1,163565	1,793415
13	0,434265	0,865215	1,428765	2,032095
14	0,427635	0,86853	1,40556	1,853085
15	0,44421	0,84864	1,40556	1,94922
16	0,348075	0,91494	1,442025	1,88955
17	0,460785	1,064115	1,342575	2,164695
18	0,42432	1,183455	1,27959	2,250885
19	0,374595	1,123785	1,196715	2,08845
20	0,421005	1,12047	1,37241	2,08182
21	0,367965	1,110525	1,51827	1,84314
22	0,47736	1,196715	1,55142	2,277405
23	0,500565	1,25307	1,68402	2,10834
24	0,500565	1,263015	1,74369	2,24094
25	0,560235	1,15362	1,700595	2,376855
26	0,533715	1,2597	1,548105	2,416635
27	0,51714	1,209975	1,54479	2,489565
28	0,49725	1,23981	1,58457	2,303925
29	0,47073	0,891735	1,627665	2,27409
30	0,64974	-	1,959165	1,64424
31	0,586755	-	1,972425	-

Таблица 3.2 – Сводная таблица выработки электроэнергии одной панелью в течение года

Дата	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
	Выработка электроэнергии, кВт*ч			
1	2,423265	2,68515	2,589015	2,83764
2	2,5857	2,622165	2,57244	2,734875
3	2,648685	2,648685	2,54592	2,65863
4	2,44647	2,529345	2,661945	2,7846
5	2,62548	2,9172	2,887365	2,87742
6	2,54592	2,68515	2,589015	2,83764
7	2,317185	2,622165	2,57244	2,734875
8	2,390115	2,648685	2,54592	2,65863
9	2,211105	2,529345	2,661945	2,7846
10	2,449785	2,9172	2,887365	2,87742
11	2,602275	2,99676	3,01002	2,87079
12	2,36691	2,91057	2,834325	2,913885
13	2,290665	2,88405	2,827695	2,668575
14	2,63874	2,774655	2,953665	2,83101
15	2,661945	2,79123	2,668575	2,781285
16	2,761395	2,90394	3,0498	2,787915
17	2,94372	2,854215	2,688465	2,80449
18	2,9835	2,82438	2,748135	2,920515
19	2,661945	2,61885	2,65863	2,814435
20	2,84427	2,66526	2,794545	2,768025
21	2,542605	2,93709	2,675205	2,77797
22	2,80449	2,781285	2,70504	2,3205
23	2,77797	2,582385	2,595645	2,164695

Продолжение таблицы 3.2

24	2,93046	2,714985	3,053115	2,62548
25	2,893995	2,88405	2,867475	2,489565
26	2,648685	2,77134	2,768025	2,396745
27	2,652	2,734875	2,681835	2,502825
28	2,854215	2,49951	2,754765	2,28735
29	2,754765	2,37354	2,75145	2,54592
30	2,522715	2,589015	2,840955	2,43984
31	2,93046	-	3,053115	2,62548

Таблица 3.3 – Сводная таблица выработки электроэнергии одной панелью
в течение года

День	Месяц			
	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	Солнечная инсоляция, кВтч/м ² /день			
1	2,20779	1,43871	0,759135	0,308295
2	2,151435	1,548105	0,792285	0,33813
3	1,94922	1,501695	0,70941	0,35139
4	2,025465	1,53153	0,865215	0,334815
5	1,97574	1,422135	0,77571	0,367965
6	2,1216	1,5912	0,76245	0,35802
7	2,06856	1,481805	0,759135	0,348075
8	2,032095	1,594515	0,62985	0,37128
9	2,07519	1,316055	0,639795	0,35139
10	1,886235	1,249755	0,626535	0,288405
11	1,86966	1,38567	0,613275	0,361335
12	1,886235	1,33926	0,65637	0,334815

Продолжение таблицы 3.3

13	1,760265	1,33926	0,600015	0,348075
14	1,75032	1,004445	0,580125	0,354705
15	1,97574	1,25307	0,47736	0,35802
16	2,10834	1,123785	0,49725	0,281775
17	1,932645	1,02765	0,55692	0,31824
18	2,018835	1,18677	0,45747	0,321555
19	1,81662	1,07406	0,45084	0,35139
20	1,853085	0,9945	0,387855	0,414375
21	1,86303	0,997815	0,361335	0,38454
22	1,90281	0,94146	0,467415	0,38454
23	1,80999	0,818805	0,50388	0,361335
24	1,773525	0,838695	0,467415	0,321555
25	1,660815	0,885105	0,328185	0,334815
26	1,448655	0,865215	0,407745	0,31824
27	1,455285	0,885105	0,38454	0,39117
28	1,481805	0,858585	0,513825	0,3315
29	1,26633	0,78234	0,36465	0,33813
30	1,256385	0,865215	0,3568	0,367965
31	-	1,33926	-	0,29172

Согласно полученным данным, для наглядности, электроэнергия выработанная солнечной панелью представлена на рисунке 3.1, а всей ФЭС – рис. 3.2.



Рисунок 3.1 – Выработка электроэнергии одним фотомодулем на протяжении года

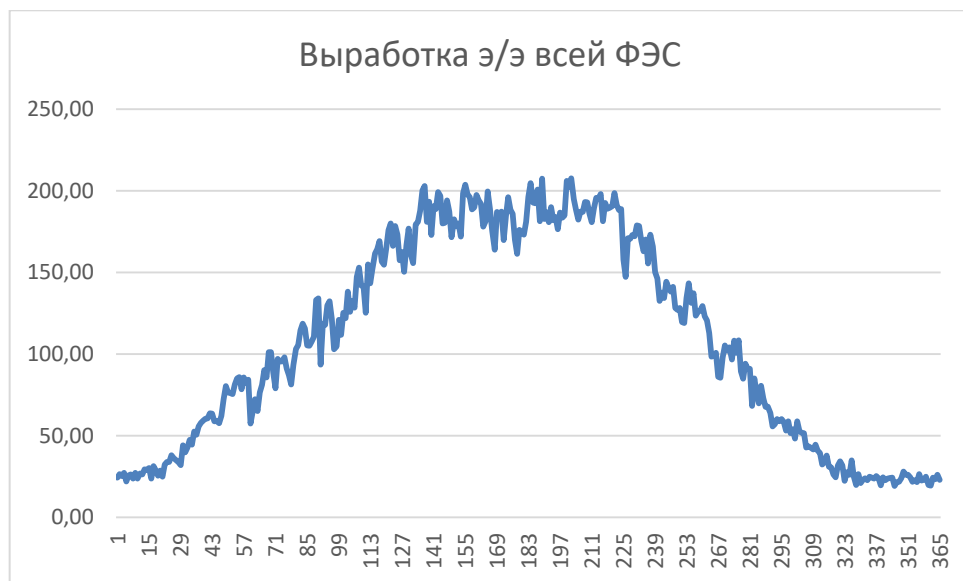


Рисунок 3.2 – Выработка электроэнергии всей ФЭС на протяжении года
Данные о выработке всей солнечной станции представлены в таблицах 3.4-3.6

Таблица 3.4– Сводная таблица выработки электроэнергии всей ФЭС

Дата	Месяц			
	Январь	Февраль	Март	Апрель
	Выработка электроэнергии, кВт*ч			
1	24,35	39,90	57,48	134,12
2	26,60	42,83	64,92	93,55
3	25,25	47,56	72,36	118,57
4	27,28	44,63	65,15	117,89
5	22,09	52,52	76,42	129,84
6	25,70	50,72	81,15	132,32
7	26,37	55,68	90,17	121,50
8	23,67	57,93	85,66	103,02
9	27,28	59,29	101,21	104,82
10	23,67	60,41	101,21	121,05
11	26,82	60,64	88,59	111,81
12	26,37	63,79	79,12	125,33
13	29,53	63,57	97,16	121,95
14	29,08	58,83	95,58	138,18
15	30,21	59,06	95,58	126,01
16	23,67	57,71	98,06	132,55
17	31,33	62,22	91,30	128,49
18	28,85	72,36	87,01	147,20
19	25,47	80,47	81,38	153,06
20	28,63	76,42	93,32	142,01
21	25,02	76,19	103,24	141,56

Продолжение таблицы 3.4

22	32,46	75,52	105,50	125,33
23	34,04	81,38	114,51	154,86
24	34,04	85,21	118,57	143,37
25	38,10	85,89	115,64	152,38
26	36,29	78,45	105,27	161,63
27	35,17	85,66	105,05	164,33
28	33,81	82,28	107,75	169,29
29	32,01	84,31	110,68	156,67
30	44,18	-	133,22	125,33
31	32,46	-	105,50	-

Таблица 3.5 – Сводная таблица выработки электроэнергии всей ФЭС

Дата	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
	Выработка электроэнергии, кВт*ч			
1	154,64	182,59	174,93	180,79
2	164,78	178,31	173,12	189,35
3	175,83	180,11	181,01	195,66
4	180,11	172,00	196,34	195,21
5	166,36	198,37	204,68	198,14
6	178,53	203,78	192,73	181,46
7	173,12	197,92	192,28	192,51
8	157,57	196,12	200,85	189,13
9	162,53	188,68	181,46	189,58
10	150,36	189,80	207,39	190,71
11	166,59	197,47	182,82	198,60

Продолжение таблицы 3.5

12	176,95	194,09	186,87	191,38
13	160,95	192,06	180,79	188,23
14	155,77	178,08	190,03	188,90
15	179,43	181,24	181,91	157,79
16	181,01	199,72	183,94	147,20
17	187,77	189,13	176,50	171,09
18	200,17	175,60	186,65	170,64
19	202,88	163,88	183,49	172,90
20	181,01	187,10	184,84	172,22
21	193,41	185,97	206,03	178,76
22	172,90	187,32	202,43	178,53
23	190,71	169,74	207,61	169,29
24	188,90	184,62	194,99	162,98
25	199,27	196,12	188,23	170,19
26	196,79	188,45	182,36	155,54
27	180,11	185,97	187,32	173,12
28	180,34	169,97	187,10	165,91
29	194,09	161,40	193,18	150,13
30	187,32	176,05	192,96	146,30
31	171,54	-	185,97	132,55

Таблица 3.6 – Сводная таблица выработки электроэнергии всей ФЭС

День	Месяц			
	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	Солнечная инсоляция, кВтч/м ² /день			
1	137,73	104,14	52,75	22,77

Продолжение таблицы 3.6

2	134,35	96,71	51,85	25,02
3	144,27	108,20	51,62	24,35
4	140,66	100,76	42,83	23,67
5	138,18	108,43	43,51	25,25
6	141,11	89,49	42,60	23,89
7	128,26	84,98	41,70	19,61
8	127,14	94,23	44,63	24,57
9	128,26	91,07	40,80	22,77
10	119,70	91,07	39,45	23,67
11	119,02	68,30	32,46	24,12
12	134,35	85,21	33,81	24,35
13	143,37	76,42	37,87	19,16
14	131,42	69,88	31,11	21,64
15	137,28	80,70	30,66	21,87
16	123,53	73,04	26,37	23,89
17	126,01	67,63	24,57	28,18
18	126,69	67,85	31,78	26,15
19	129,39	64,02	34,26	26,15
20	123,08	55,68	31,78	24,57
21	120,60	57,03	22,32	21,87
22	112,94	60,19	27,73	22,77
23	98,51	58,83	26,15	21,64
24	98,96	60,19	34,94	26,60

Продолжение таблицы 3.6

25	100,76	58,38	24,80	25,02
26	86,11	53,20	19,84	19,84
27	85,43	58,83	26,60	19,39
28	97,83	51,62	20,96	24,35
29	105,27	53,88	22,99	23,44
30	102,12	48,24	23,89	26,15
31	-	58,83	—	22,99

Анализируя полученные данные, оценим гарантированность потребления, как отношение выработанной электроэнергии к потребляемой, рисунок 3.3.



Рисунок 3.3 – Сравнительный график потребления и выработки электроэнергии

Так как мы знаем нагрузку наших потребителей, она у нас постоянна 83,2 кВт·ч/день, на протяжении года, можно оценить нехватку и переизбыток электроэнергии.

В зимний месяцы, электроэнергии будет не хватать, но в летние – с избытком.

Для того чтобы рассчитать профиль избытка и недостатка энергии нужно:

- из первого члена размещения поступления вычитается первый член размещения расхода;
- если разность положительная или равна нулю, результат приплюсовывается ко второму члену размещения поступления, если отрицательная - записывается в отдельный ряд;
- из второго члена размещения поступления (сумма его собственного значения и приплюсованной первой положительной разности) вычитается второй член размещения расхода;
- если разность положительная или равна нулю, результат приплюсовывается к третьему члену размещения поступления, если отрицательная - записывается в отдельный ряд;
- операции повторяются для всех размещений поступления и всех размещений расхода и результат записывается в (табл. 3.1).

Таблица 3.7 – Профили избытка и недостатка энергии

№	Порядковый номер дня	Поступившая энергия с учётом избытка предыдущих суток, Вт·час/сутки	Профиль потребления Вт·час/сутки	Профиль избытка(недостатка) энергии, Вт·час/сутки
1	1	А	Б	а-б
2	2	в+(а-б)	Г	в+(а-б)-г
...д	...е
к-1	п-1	Ж	З	ж-з
К	Н	и+(ж-з)	Л	и+(ж-з)-л
Всего				М

где,

а - поступившая энергия в первые сутки;

б - потреблённая энергия в первые сутки;

а - б - избыток энергии после первых суток;

в +(а - б) - сумма поступления энергии во вторые сутки и избытка от первых суток;

г - потреблённая энергия во вторые сутки;

в +(а -б) г - избыток энергии после вторых суток;

д - потреблённая энергия в n -2 сутки;

е - избыток энергии после n -2 сутки; - ж - сумма поступления энергии в n-1 сутки и избытка от n -2 суток;

з - потреблённая энергия в n - 1 сутки;

ж - з - избыток энергии после n - 1 сутки;

и + (ж - з) - сумма поступления энергии в n сутки и избытка от n - 1 суток

и + (ж - з) - л - избыток энергии после n суток;

м - суммарная энергия профиля избытка за весь период работы.

В последнем столбце таблицы избыток берётся с положительным знаком, недостаток с отрицательным.

Фрагмент массива данных для определения профиля избытка и недостатка энергии представлен в таблицу 3.8. (ПРИЛОЖЕНИЕ А)

Таблица 3.8 – Фрагмент профиля избытка и недостатка энергии

№	Порядковый номер дня	Поступившая энергия с учётом избытка предыдущих суток, Вт·час/сутки	Профиль потребления Вт·час/сутки	Профиль избытка(недостатка) энергии, Вт·час/сутки
1	1	24,35	83,2	83,2
2	2	-32,26	83,2	-115,46
3	3	-31,35	83,2	-146,81
4	4	-30,68	83,2	-145,23
5	5	-33,83	83,2	-147,71
6	6	-35,41	83,2	-152,44
7	7	-31,13	83,2	-149,74

Продолжение таблицы 3.8

8	8	-33,16	83,2	-147,48
9	9	-32,26	83,2	-148,61
10	10	-32,26	83,2	-147,71
11	11	-32,71	83,2	-148,16
12	12	-30,00	83,2	-145,91
13	13	-27,30	83,2	-140,50
14	14	-24,59	83,2	-135,09
15	15	-23,91	83,2	-131,71
16	16	-29,32	83,2	-136,44
17	17	-28,20	83,2	-140,72
18	18	-23,01	83,2	-134,41
19	19	-28,87	83,2	-135,09
20	20	-29,10	83,2	-141,17
21	21	-29,55	83,2	-141,85

Аналогично производится расчет для остальных месяцев (см. Приложение А).

График нехватки/избытка электроэнергии представлен на рисунке 3.4



Рисунок 3.4 – График нехватки/избытка электроэнергии

Выводы по разделу 3:

В данном разделе определено количество электрической энергии вырабатываемой солнечными панелями на протяжении года, а также построены графики потребления и выработки энергии. Согласно полученным данным, можно сказать, что мы обеспечили гарантированность энергообеспечением потребителя, так как сумма недостатка/избытка по дням составила 67504,09 кВт·ч. В зимние месяцы, нехватку солнечной энергии, будет компенсировать, выбранный накопитель.

РАЗДЕЛ 4

РАСЧЁТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Введение

В данной магистерской диссертации исследован потенциал солнечной энергии на исследуемой территории г. Днепр. с целью определения необходимого количества емкостных накопителей и фотомодулей для обеспечения автозарядной станции, а также определение гарантированности энергоснабжения.

В результате исследования доказано достаточность солнечного потенциала и предложена система электроснабжения, для зарядки электромотоциклов, основываясь на солнечных панелях из поликристаллического кремния и высоко-ёмкостных накопителях.

В данном разделе был выполнен расчет технико-экономических показателей и показателей эффективности для предложенного варианта энергообеспечения зарядных устройств с целью обоснования экономической целесообразности их применения.

4.1. Расчет капитальных инвестиций

Капитальные инвестиции для реализации проектного технического решения включают:

- расходы на приобретение оборудования, техники, технологии,
- технических средств контроля и учета, устройств диагностики
- состояния оборудования;
- расходы на строительные-монтажные работы;
- расходы на монтажно-наладочные работы;

• прочие расходы. При определении величины проектных капиталовложений можно воспользоваться формулой:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{мн}} + Z_{\text{мн}} + Z_{\text{мн}}, \quad (3.1)$$

Где, $K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ - затраты на приобретение оборудования, техники, технологии, технических средств контроля и учета, устройств диагностики состояния оборудования, суммарная стоимость комплектующих i -го вида, необходимых для реализации принятого технического решения, грн.;

$Z_{\text{тр}}$ - транспортно-заготовительные расходы, $Z_{\text{тр}} = 0,05 \cdot K_{\text{об}}$, грн;

$C_{\text{м}}$ - расходы на монтажно-наладочные работы, $Z_{\text{м}} = 0,07 \cdot K_{\text{об}}$, грн.;

$Z_{\text{дем}}$ - затраты на демонтаж устаревшего оборудования, руб.;

$Z_{\text{пр}}$ - прочие расходы, $Z_{\text{пр}} = 0,3 \cdot Z_{\text{м}}$, грн.

Стоимость оборудования и комплектующих взята на основании прайс-лист оптовых цен на электрооборудование предприятия «PROM.ua».

Интернет адрес: <https://prom.ua> состоянию на 20.12.2018р.

Расходы на приобретение, монтаж и наладка оборудования приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Капитальные вложения тех. оборудования и комплектующих

№ п/п	Наименования	Кол-во, Шт	Цена, тис.грн	Стоимость, тис. грн	Монтаж/наладка (10%), тис. грн	Транспорт. затраты, (5%), тис. грн	Другие расходы, тис. грн (30%)	Всего
1	AbiSolar 5048	1	32,83	32,83	3,283	1,6415	9,849	47,6
2	EverExceed ES250-12G	68	7,5	510	51	25,5	153	736,8
3	Солнечные панели JA Solar JAP72S01	68	5,5	374	37,4	18,7	112,2	542,3
Всего								1326,7

Таким образом, капитальные инвестиции, необходимые для установки системы на основе поликристалла, согласно ф. 3.1. составят:

$$K_{\text{пр1}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{мн}} + Z_{\text{мн}} + Z_{\text{мн}} = 47,6 + 736,8 + 542,3 = \\ = 1326,7 \text{ тис. грн.}$$

4.2 Расчет эксплуатационных расходов

К основным статьям эксплуатационных расходов по электротехнические оборудования относятся:

- Амортизационные отчисления (C_a).
- Заработная плата обслуживающего персонала ($C_з$).
- Единый социальный взнос (C_c).
- Расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования и сетей ($C_{\text{пр}}$).
- Стоимость затрат электроэнергии ($C_э$).
- Другие расходы (СДР).

Таким образом годовые эксплуатационные расходы по объекту проектирования составляют:

$$Z = C_a + C_з + C_c + C_{\text{пр}} + C_э + C_{\text{др}} \quad (4.2)$$

4.2.1 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления - отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа.

Амортизация объекта основных средств начисляется исходя и времени его использования. Время полезного использования объекта основных средств начисляется исходя из времени его полезного использования. Срок полезного использования объектов основных средств и нематериальных активов 5 лет,

исходя из ожидаемых экономических выгод, технических и качественных характеристик основного средства, морального и физического износа, а также других факторов, которые могут повлиять на возможность использования. Срок полезного использования внедряемого оборудования составляет 12 лет.

Норма амортизации при прямолинейном методе постоянна в течение всего амортизационного периода и равна:

$$H_a = \frac{\Phi_n}{\Phi_n \cdot T_n} \cdot 100, \%$$

Норма амортизации составит:

$$H_a = 1326,7 / (1326,7 \cdot 12) \cdot 100\% = 8,33\%,$$

Тогда годовые амортизационные отчисления АО при прямолинейном методе:

$$AO = \frac{H_a \cdot \Phi}{100} ; \quad (4.4)$$

Годовые амортизационные отчисления составят:

$$AO = (8,33 \cdot 1326,7) / 100 = 110,51 \text{ тыс.грн};$$

4.2.3 Расчет годового фонда заработной платы

Расчет заработной платы не выполняется, так как для этой системы профилактические и другие виды работ для поддержания всех систем энергообеспечения проводятся не реже одного раза в год, месяцев ремонтными электробригадами, подрядной организации.

4.2.4 Определение годовых расходов на техническое обслуживание и текущий ремонт

Компания, которая предоставляет услуги по доставке/продаже энергетических систем на основе солнечной энергии, производит тех. обслуживание согласно прайсу [14], в размере 150 грн/панель

Для варианта с 68ми солнечными панелями сумма затрат на годовое оборудование составит в 10,2 тыс. грн.

Также принимаем расходы в размере 300 грн в месяц для персонала автозаправки, который будет протирать солнечные панели от пыли.

$$C_T = 10,2 + 0,3 \cdot 12 = 13,8 \text{ тыс.грн/год}$$

Таким образом годовые эксплуатационные затраты составят:

$$C_1 = C_a + C_p = 110,51 + 13,8 = 124,31 \text{ тыс. грн};$$

4.2.5 Расчёт стоимости электроэнергии

Так как наша система не потребляет энергию, расчёт стоимости электроэнергии не производим.

4.3 Определение годовой экономии от внедрения объекта проектирования

Полная годовая экономия от внедрения принятого технического решения определяется с учетом эксплуатационных расходов по данному объекту:

$$E_{\text{год повн}} = E_{\text{год}} - C_{\text{пр}}, \text{ тыс. грн,} \quad (4.6)$$

где,

$E_{\text{год}}$ - прибыль за произведенную электроэнергию на основе возобновляемых источников энергии и продана по зеленому тарифу, тыс. грн.

Найдем прибыль за произведенную «зеленую» энергию:

$$E_{\text{год}} = W_1 \cdot a + W_2 \cdot b, \text{ тыс. грн} \quad (4.7)$$

где,

a -тарифы за кВт электроэнергии по зеленому тарифу (составляет 5 грн 32 коп. за 1 кВт) по данным <http://eenergy.com.ua/zelenij-tarif/tsina-na-zelenij-tarif/> «Стоимость электроэнергии на 1 января 2017 - 31 декабря 2019», так как объект не является промышленным, а мощность установок менее 30кВт).

b – тариф на продажу э/э, не учитывающий зеленый тариф (составляет 1,68 для предприятий свыше 600кВтч).

W_1 – годовая выработка э/э, $W_1 = 67504$ кВт· ч/год;

W_2 – проданная электроэнергия потребителям автозарядной станции, по обычному тарифу, $W_2 = 30368$ кВт· ч/год.

Количество произведенной энергии составит согласно приложению Д:

$$E_{\text{год}} = 67504 \cdot 5,32 + 30368 \cdot 1,68 = 410,113 \text{ тыс. грн}$$

Годовая полная экономия составит:

$$E_{\text{повн.год}} = E_{\text{год}} - C = 410,113 - 124,31 = 285,803 \text{ тыс.грн}$$

4.4 Расчет экономической эффективности и срока окупаемости

Период окупаемости можно найти по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пр}}}{E_{\text{год повн}}}, \text{ лет} \quad (4.9)$$

Для проектного варианта, период окупаемости составит:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1326,7}{285,803} = 4,64 \text{ года}$$

Проект капитальных вложений считается целесообразным, если выполняется условие:

$$E_p > E_n \quad (4.10)$$

E_n - нормативное значение коэффициента эффективности определяется исходя принятой индивидуальной нормы доходности:

$$E_n = 1/T_{\text{ож}} \quad (4.11)$$

где, $T_{\text{ож}} = 12$ лет, ожидаемый, принятый срок окупаемости капитальных вложений.

Тогда нормативное значение коэффициента эффективности составит:

$$E_n = 1/12 = 0,083$$

Расчетный коэффициент эффективности (прибыльности) капитальных расходов E_p для двух вариантов:

$$E_{p1} = \frac{E_{\text{год повн}}}{K_{\text{пр}}} = \frac{285,803}{1326,7} = 0,215 \quad (4.12)$$

Тогда проверяем на выполнение условия:

$$E_p > E_n$$

$$0,215 > 0,083;$$

Выводы по разделу 4

В результате выполнения технико-экономического анализа был сделан расчет стоимости внедряемого проекта, а в частности электрозаправочную станцию, капиталовложения которой составило 1326,7 тыс.грн, а срок окупаемости 4,64 года, что для объектов на основе возобновляемых источников – довольно быстро. Также рассчитана экономическая эффективность от его внедрения.

Было установлено, что при использовании такой системы происходит экономия средств, а «чистый» доход будет приноситься менее чем через 5 лет, что говорит о целесообразности использования данных технологий.

ВЫВОДЫ

В результате проведённых исследований получены следующие результаты:

1. Анализ современных литературных источников показал, что отрасль солнечной энергетики переживает стремительный рост, по всему миру, активно исследуются возможности увеличения эффективности солнечных батарей.

2. Определен оптимальный угол наклона солнечных батарей, которые обеспечат автономное энергоснабжение автозарядных станций.

4. В результате проведенной работы, был построен профиль поступления энергии на горизонтальную плоскость, выполнен перерасчет на наклонную поверхность.

5. Был произведен анализ выбранного оборудования для автономной солнечной электростанции, определен тип и мощность инвертора, аккумуляторов, а также выбраны солнечные панели с мощностью 330Вт, определено избыток/недостаток электрической энергии. Исследование показало, что система в течение теплых месяцев будет накапливать электроэнергию, тем самым покрывает дефицит её в зимний период.

6. В экономической части произведено технико-экономическое обоснование внедряемого проекта, что в свою очередь является целесообразным, так как срок окупаемости составил 4,64 года.

Список литературы

1. Инновационное производство энергии. [Электронный ресурс].
Режим доступа : <https://www.siemens.com/ru/ru/home/produkty/energetika/proizvodstvo-energii.html>.
2. Сайт «NASA» [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. –
Режим доступа: <https://www.nasa.gov/> , свободный.
3. Гребенюк А.М. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Солнечная энергетика» проектированию. . [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://vde.nmu.org.ua/ua/lib/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%96%D0%B2%D0%BA%D0%B8%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf>
4. Отслеживание солнца по двум осям увеличивает мощность солнечной станции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/pvw/volume-2/issue-6/solarenergy/dual-axis-tracking-generates-more-power.html> .
5. Розрахунок системи автономного енергопостачання з використанням фотоелектричних перетворювачів/А.Н. Гребенюк // Матеріали / М-во освіти і науки України ; Нац. гірн. ун-т. – Д., 2015.
6. Инвертор для солнечных батарей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solarsoul.net/invertor-dlya-solnechnyx-batarej>.
7. Сайт производитель аккумуляторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://navitech.com.ua/product/everexceed-es250-12g-3768>.

8. Солнечные батареи. [Электронный ресурс].
<https://www.civicsolar.com/product/ja-solar-jap72s01-330sc-325w-poly-slvwht-1500v-solar-panel>
9. Развитие фотоэлементов . [Электронный ресурс].
<http://solarsoul.net/razvitiefotoelementov>.
10. Солнечная панель. [Электронный ресурс]. Режим доступа :
<https://elektro.in.ua/home-catalog/solnechnye-paneli/solnechnaya-panel-perlightplm-270-p.html>.
11. Сайт «NASA» [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/> , свободный.
12. Моисеев С.В. Выбор оптимальных номинальных параметров УТДУ для работы на ГРС / С.В. Моисеев, А.В. Бурняшев, В.П. Сарапин // Наукові праці: Техногенна безпека. – Миколаїв: ЧДУ ім. П. Могили, 2007. – Т. 77, №64.
13. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.- Л.: Гидрометеоиздат.
14. Андреев С.В. Солнечные электростанции. М.: Наука 2002.
15. Солнечная энергия [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://www.rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>.
16. Некоторые вопросы о солнечных батареях. [Электронный ресурс].
Режим доступа:
http://www.solarroof.ru/products/6/36/%2036.Vitokhttps://avtonom.com.ua/stati/towari_alternativnoy_energetiki/solnechnie_batarei/dav%20ajte-vkrattse-razberem-nekotorye-voprosy-o-solnechnyh-batarejah
17. .В. А. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев, Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения, Наука, 1989. – 310с.
18. Проектирование солнечных батарей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://slavapril.narod.ru/proektirovanie_solnechnoi_batarei.html.
19. Повышение эффективности работы гелиоэнергетических установок. У.: УУВШ, 2007

20. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика основа устойчивого развития. СПб.: ФРТУ, 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Профиль избытка и недостатка энергии

№	Порядковый номер дня	Поступившая энергия с учётом избытка предыдущих суток, Вт·час/сутки	Профиль потребления Вт·час/сутки	Профиль избытка(недостатка) энергии, Вт·час/сутки
1	1	24,35	83,2	83,2
2	2	-32,26	83,2	-115,46
3	3	-31,35	83,2	-146,81
4	4	-30,68	83,2	-145,23
5	5	-33,83	83,2	-147,71
6	6	-35,41	83,2	-152,44
7	7	-31,13	83,2	-149,74
8	8	-33,16	83,2	-147,48
9	9	-32,26	83,2	-148,61
10	10	-32,26	83,2	-147,71
11	11	-32,71	83,2	-148,16
12	12	-30,00	83,2	-145,91
13	13	-27,30	83,2	-140,50
14	14	-24,59	83,2	-135,09
15	15	-23,91	83,2	-131,71
16	16	-29,32	83,2	-136,44
17	17	-28,20	83,2	-140,72
18	18	-23,01	83,2	-134,41
19	19	-28,87	83,2	-135,09
20	20	-29,10	83,2	-141,17

21	21	-29,55	83,2	-141,85
----	----	--------	------	---------

Продолжение таблицы А1

24	24	-25,72	83,2	-138,47
25	25	-16,70	83,2	-125,62
26	26	-15,12	83,2	-115,02
27	27	-11,07	83,2	-109,39
28	28	-8,81	83,2	-103,08
29	29	-11,74	83,2	-103,75
30	30	-14,22	83,2	-109,16
31	31	-17,38	83,2	-114,80
32	32	-7,01	83,2	-107,59
33	33	0,88	83,2	-89,33
34	34	-0,47	83,2	-82,79
35	35	7,19	83,2	-76,48
36	36	9,00	83,2	-67,01
37	37	13,96	83,2	-60,25
38	38	20,04	83,2	-49,20
39	39	23,20	83,2	-39,96
40	40	30,41	83,2	-29,59
41	41	34,02	83,2	-18,77
42	42	36,50	83,2	-12,68
43	43	37,85	83,2	-8,85
44	44	41,23	83,2	-4,12

45	45	44,16	83,2	2,19
46	46	39,20	83,2	0,17

Продолжение таблицы А1

47	47	34,69	83,2	-9,30
48	48	33,57	83,2	-14,94
49	49	36,72	83,2	-12,91
50	50	51,38	83,2	4,90
51	51	69,63	83,2	37,81
52	52	73,69	83,2	60,13
53	53	69,41	83,2	59,90
54	54	68,51	83,2	54,72
55	55	73,69	83,2	59,00
56	56	83,39	83,2	73,88
57	57	87,89	83,2	88,08
58	58	81,13	83,2	85,82
59	59	80,91	83,2	78,84
60	60	84,74	83,2	82,44
61	61	83,39	83,2	84,92
62	62	58,59	83,2	58,77
63	63	39,20	83,2	14,59
64	64	54,08	83,2	10,08
65	65	54,31	83,2	25,19
66	66	58,36	83,2	29,47

67	67	74,37	83,2	49,53
68	68	88,12	83,2	79,29
69	69	92,63	83,2	97,55

Продолжение таблицы А1

70	70	103,67	83,2	113,10
71	71	119,23	83,2	139,70
72	72	106,60	83,2	142,63
73	73	84,51	83,2	107,92
74	74	93,08	83,2	94,39
75	75	109,53	83,2	119,41
76	76	107,96	83,2	134,29
77	77	110,44	83,2	135,19
78	78	106,15	83,2	133,39
79	79	95,11	83,2	118,06
80	80	85,19	83,2	97,10
81	81	91,50	83,2	93,49
82	82	113,37	83,2	121,67
83	83	125,54	83,2	155,71
84	84	136,81	83,2	179,15
85	85	149,88	83,2	203,49
86	86	151,01	83,2	217,70
87	87	137,71	83,2	205,52
88	88	127,12	83,2	181,63

89	89	129,60	83,2	173,51
90	90	135,23	83,2	181,63
91	91	160,70	83,2	212,74
92	92	184,15	83,2	261,65

Продолжение таблицы А1

93	93	144,47	83,2	245,42
94	94	128,92	83,2	190,19
95	95	153,27	83,2	198,99
96	96	164,54	83,2	234,60
97	97	178,96	83,2	260,30
98	98	170,62	83,2	266,39
99	99	141,32	83,2	228,74
100	100	124,64	83,2	182,76
101	101	142,67	83,2	184,11
102	102	149,66	83,2	209,13
103	103	153,94	83,2	220,40
104	104	164,09	83,2	234,83
105	105	176,93	83,2	257,82
106	106	180,99	83,2	274,73
107	107	175,36	83,2	273,15
108	108	177,84	83,2	269,99
109	109	192,49	83,2	287,13
110	110	217,06	83,2	326,35

111	111	211,87	83,2	345,73
112	112	200,38	83,2	329,05
113	113	183,70	83,2	300,88
114	114	197,00	83,2	297,49
115	115	215,03	83,2	328,83

Продолжение таблицы А1

116	116	212,55	83,2	344,38
117	117	230,81	83,2	360,16
118	118	242,76	83,2	390,37
119	119	250,42	83,2	409,98
120	120	242,76	83,2	409,98
121	121	228,11	83,2	387,66
122	122	236,22	83,2	381,13
123	123	257,41	83,2	410,43
124	124	272,74	83,2	446,95
125	125	263,27	83,2	452,81
126	126	261,69	83,2	441,76
127	127	268,46	83,2	446,95
128	128	247,49	83,2	432,75
129	129	236,90	83,2	401,19
130	130	229,68	83,2	383,38
131	131	233,74	83,2	380,22
132	132	260,34	83,2	410,88

133	133	254,70	83,2	431,84
134	134	233,52	83,2	405,02
135	135	252,00	83,2	402,31
136	136	277,25	83,2	446,05
137	137	285,59	83,2	479,63
138	138	304,75	83,2	507,13

Продолжение таблицы А1

139	139	319,85	83,2	541,40
140	140	300,69	83,2	537,34
141	141	291,22	83,2	508,71
142	142	283,11	83,2	491,13
143	143	280,40	83,2	480,31
144	144	296,41	83,2	493,61
145	145	304,97	83,2	518,18
146	146	312,86	83,2	534,64
147	147	293,70	83,2	523,37
148	148	277,25	83,2	487,75
149	149	291,22	83,2	485,27
150	150	298,21	83,2	506,23
151	151	275,67	83,2	490,68
152	152	270,93	83,2	463,40
153	153	277,70	83,2	465,43
154	154	275,22	83,2	469,72

155	155	268,91	83,2	460,92
156	156	287,17	83,2	472,87
157	157	318,95	83,2	522,91
158	158	318,50	83,2	554,25
159	159	310,83	83,2	546,13
160	160	301,59	83,2	529,23
161	161	295,28	83,2	513,67

Продолжение таблицы А1

162	162	304,07	83,2	516,15
163	163	308,35	83,2	529,23
164	164	302,94	83,2	528,10
165	165	286,94	83,2	506,68
166	166	276,12	83,2	479,86
167	167	297,76	83,2	490,68
168	168	305,65	83,2	520,21
169	169	281,53	83,2	503,98
170	170	256,28	83,2	454,61
171	171	267,78	83,2	440,86
172	172	289,87	83,2	474,45
173	173	290,10	83,2	496,77
174	174	273,87	83,2	480,76
175	175	271,16	83,2	461,83
176	176	297,53	83,2	485,49

177	177	301,37	83,2	515,70
178	178	291,22	83,2	509,39
179	179	272,74	83,2	480,76
180	180	248,17	83,2	437,71
181	181	254,25	83,2	419,22
182	182	267,78	83,2	438,83
183	183	264,85	83,2	449,43
184	184	270,93	83,2	452,58

Продолжение таблицы А1

185	185	294,15	83,2	481,89
186	186	317,82	83,2	528,78
187	187	314,22	83,2	548,84
188	188	301,82	83,2	532,83
189	189	309,93	83,2	528,55
190	190	299,11	83,2	525,84
191	191	305,65	83,2	521,56
192	192	307,00	83,2	529,45
193	193	286,49	83,2	510,29
194	194	284,46	83,2	487,75
195	195	287,62	83,2	488,88
196	196	288,74	83,2	493,16
197	197	282,66	83,2	488,20
198	198	277,25	83,2	476,70

199	199	279,95	83,2	474,00
200	200	286,94	83,2	483,69
201	201	285,14	83,2	488,88
202	202	307,68	83,2	509,61
203	203	325,26	83,2	549,74
204	204	326,84	83,2	568,90
205	205	319,40	83,2	563,04
206	206	300,01	83,2	536,21
207	207	287,39	83,2	504,20

Продолжение таблицы А1

208	208	286,49	83,2	490,68
209	209	291,22	83,2	494,51
210	210	297,08	83,2	505,11
211	211	302,94	83,2	516,83
212	212	295,73	83,2	515,48
213	213	283,56	83,2	496,09
214	214	286,94	83,2	487,30
215	215	301,82	83,2	505,56
216	216	307,68	83,2	526,30
217	217	310,16	83,2	534,64
218	218	296,41	83,2	523,37
219	219	290,77	83,2	503,98
220	220	298,44	83,2	506,01

221	221	295,51	83,2	510,74
222	222	297,08	83,2	509,39
223	223	306,10	83,2	519,98
224	224	306,78	83,2	529,68
225	225	296,41	83,2	519,98
226	226	293,93	83,2	507,13
227	227	263,50	83,2	474,22
228	228	221,79	83,2	402,09
229	229	235,09	83,2	373,69
230	230	258,54	83,2	410,43

Продолжение таблицы А1

231	231	260,34	83,2	435,68
232	232	261,92	83,2	439,06
233	233	267,78	83,2	446,50
234	234	274,09	83,2	458,67
235	235	264,62	83,2	455,51
236	236	249,07	83,2	430,49
237	237	249,97	83,2	415,84
238	238	242,53	83,2	409,30
239	239	245,46	83,2	404,79
240	240	255,83	83,2	418,09
241	241	232,84	83,2	405,47
242	242	213,23	83,2	362,87

243	243	195,64	83,2	325,67
244	244	187,08	83,2	299,52
245	245	188,88	83,2	292,76
246	246	195,42	83,2	301,10
247	247	201,73	83,2	313,95
248	248	195,64	83,2	314,18
249	249	196,10	83,2	308,54
250	250	186,18	83,2	299,07
251	251	172,20	83,2	275,18
252	252	172,20	83,2	261,20
253	253	164,76	83,2	253,76

Продолжение таблицы А1

254	254	155,52	83,2	237,08
255	255	170,17	83,2	242,49
256	256	194,52	83,2	281,49
257	257	191,59	83,2	302,90
258	258	185,50	83,2	293,89
259	259	177,61	83,2	279,91
260	260	166,34	83,2	260,75
261	261	169,50	83,2	252,64
262	262	172,88	83,2	259,17
263	263	169,27	83,2	258,95
264	264	160,48	83,2	246,55

265	265	150,34	83,2	227,61
266	266	128,24	83,2	195,38
267	267	114,27	83,2	159,31
268	268	116,52	83,2	147,59
269	269	103,67	83,2	137,00
270	270	88,34	83,2	108,82
271	271	100,07	83,2	105,21
272	272	119,90	83,2	136,77
273	273	124,19	83,2	160,89
274	274	123,06	83,2	164,05
275	275	117,65	83,2	157,51
276	276	121,71	83,2	156,16

Продолжение таблицы А1

277	277	125,76	83,2	164,27
278	278	125,99	83,2	168,55
279	279	114,72	83,2	157,51
280	280	91,28	83,2	122,79
281	281	96,01	83,2	104,08
282	282	102,10	83,2	114,90
283	283	98,94	83,2	117,83
284	284	76,17	83,2	91,91
285	285	70,31	83,2	63,28
286	286	78,43	83,2	65,54

287	287	63,10	83,2	58,32
288	288	67,38	83,2	47,28
289	289	70,54	83,2	54,72
290	290	57,46	83,2	44,80
291	291	52,28	83,2	26,54
292	292	48,67	83,2	17,75
293	293	36,50	83,2	1,97
294	294	29,51	83,2	-17,19
295	295	34,02	83,2	-19,67
296	296	35,82	83,2	-13,36
297	297	35,82	83,2	-11,56
298	298	35,37	83,2	-12,01
299	299	28,38	83,2	-19,45

Продолжение таблицы А1

300	300	28,83	83,2	-25,98
301	301	27,26	83,2	-27,11
302	302	22,30	83,2	-33,65
303	303	18,92	83,2	-41,99
304	304	23,87	83,2	-40,41
305	305	28,38	83,2	-30,94
306	306	21,39	83,2	-33,42
307	307	20,27	83,2	-41,54
308	308	11,25	83,2	-51,68

309	309	3,14	83,2	-68,81
310	310	2,91	83,2	-77,15
311	311	1,11	83,2	-79,18
312	312	3,14	83,2	-78,96
313	313	2,23	83,2	-77,83
314	314	-2,95	83,2	-83,92
315	315	-11,29	83,2	-97,44
316	316	-16,93	83,2	-111,42
317	317	-11,52	83,2	-111,64
318	318	-14,22	83,2	-108,94
319	319	-21,43	83,2	-118,86
320	320	-26,17	83,2	-130,80
321	321	-32,26	83,2	-141,62
322	322	-26,85	83,2	-142,30

Продолжение таблицы А1

323	323	-17,15	83,2	-127,20
324	324	-17,15	83,2	-117,50
325	325	-29,10	83,2	-129,45
326	326	-33,16	83,2	-145,46
327	327	-29,32	83,2	-145,68
328	328	-22,11	83,2	-134,64
329	329	-23,46	83,2	-128,77
330	330	-38,57	83,2	-145,23

331	331	-36,76	83,2	-158,53
332	332	-35,64	83,2	-155,60
333	333	-39,24	83,2	-158,08
334	334	-36,31	83,2	-158,76
335	335	-36,54	83,2	-156,05
336	336	-35,41	83,2	-155,15
337	337	-33,83	83,2	-152,44
338	338	-35,19	83,2	-152,22
339	339	-34,28	83,2	-152,67
340	340	-34,06	83,2	-151,54
341	341	-39,69	83,2	-156,95
342	342	-39,02	83,2	-161,91
343	343	-35,86	83,2	-158,08
344	344	-36,76	83,2	-155,83
345	345	-35,41	83,2	-155,37

Продолжение таблицы А1

346	346	-34,73	83,2	-153,35
347	347	-39,69	83,2	-157,63
348	348	-42,40	83,2	-165,29
349	349	-39,69	83,2	-165,29
350	350	-37,44	83,2	-160,33
351	351	-31,13	83,2	-151,77
352	352	-28,87	83,2	-143,20

353	353	-30,90	83,2	-142,98
354	354	-32,48	83,2	-146,58
355	355	-36,76	83,2	-152,44
356	356	-38,57	83,2	-158,53
357	357	-38,79	83,2	-160,56
358	358	-34,96	83,2	-156,95
359	359	-34,06	83,2	-152,22
360	360	-37,67	83,2	-154,92
361	361	-35,19	83,2	-156,05
362	362	-38,34	83,2	-156,73
363	363	-43,98	83,2	-165,52
364	364	-39,47	83,2	-166,65
365	365	-35,41	83,2	-158,08

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

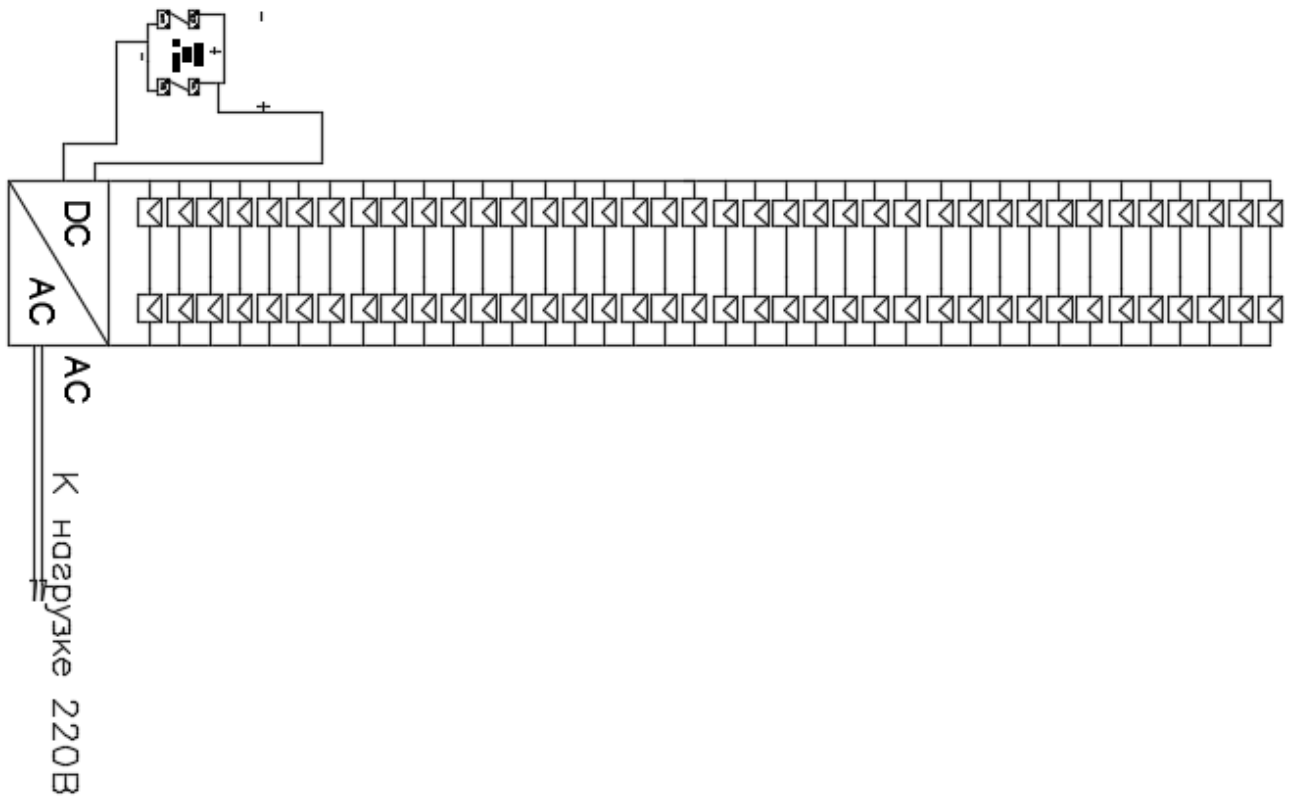


Рисунок Б.1 – Схема подключения ФЭС