



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ НЕТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

**Жамолова З.Ж,
Бедрицкий И.М**

Ташкентский государственный транспортный университет

EFFICIENCY OF USING SOLAR PANELS FOR POWERING NON-TRACTION RAILWAY CONSUMERS.

**Jamolova Z.J,
Bedritskiy I.M**

Tashkent State Transport University

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы использования солнечной энергетики в условиях Республики Узбекистан. Проведен сравнительный анализ солнечных систем электроснабжения типов *on-grid*, *off-grid* и *hybrid*, выявлены их преимущества и недостатки. Обоснована целесообразность применения гибридных солнечных систем для электроснабжения трехфазных нагрузок на железнодорожных остановочных пунктах. Приведены инженерные расчеты требуемой мощности солнечных панелей и емкости аккумуляторных батарей на примере трехфазного асинхронного двигателя, используемого для перевода стрелок.

Abstract. This article examines the prospects of solar energy utilization in the Republic of Uzbekistan. A comparative analysis of *on-grid*, *off-grid* and *hybrid* solar power supply systems was conducted, identifying their advantages and disadvantages. The feasibility of using hybrid solar system for powering three-phase loads at railway stopping points has been substantiated. Engineering calculation for the required capacity of solar panels and storage batteries are presented, using the example of a three-phase induction motor used for operating railway switches.

Ключевые слова: солнечная энергетика, гибридная система, *on-grid*, *off-grid*, асинхронный двигатель, аккумуляторная батарея, инвертор, преобразователь числа фаз.

Keywords: solar energy, hybrid system, *on-grid*, *off-grid*, asynchronous motor, battery, inverter, phase number converter.

Введение

Солнечная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений развития возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан. Согласно статистическим данным, среднее количество солнечных дней в году составляет около

196 (в диапазоне от 170 до 230 дней). Для города Ташкента среднегодовое количество солнечной энергии, приходящейся на 1 м² поверхности, достигает 6700 МДж/м².

Такие климатические условия создают благоприятные предпосылки для широкого внедрения солнечных электростанций, особенно для электроснабжения малых предприятий и объектов инфраструктуры. В железнодорожной отрасли солнечная энергия может эффективно использоваться для питания остановочных пунктов и малых станций, где применяются трехфазные электроприемники, в частности асинхронные двигатели стрелочных переводов. Для обеспечения надежного электроснабжения таких нагрузок требуется использование преобразователей числа фаз (ПЧФ) и современных солнечных энергетических систем.

Виды солнечных систем электроснабжения и их анализ

Система on-grid показана на рис. 1. Она представляет собой солнечную электростанцию, работающую параллельно с внешней электрической сетью. Основным преимуществом данной системы является отсутствие аккумуляторных батарей, что позволяет снизить стоимость оборудования примерно на 40 % по сравнению с другими конфигурациями. В солнечные дни вырабатываемая энергия может превышать собственное потребление, а избыточная электроэнергия передается в сеть, что создает возможность получения дополнительного дохода.

Однако система on-grid полностью зависит от состояния внешней сети. При аварийных отключениях инвертор автоматически отключается, что приводит к прекращению электроснабжения потребителей. Кроме того, резкие перепады напряжения в сети могут привести к повреждению инвертора. В связи с этим применение системы on-grid для железнодорожных электроприемников с повышенными требованиями к надежности является ограниченным.

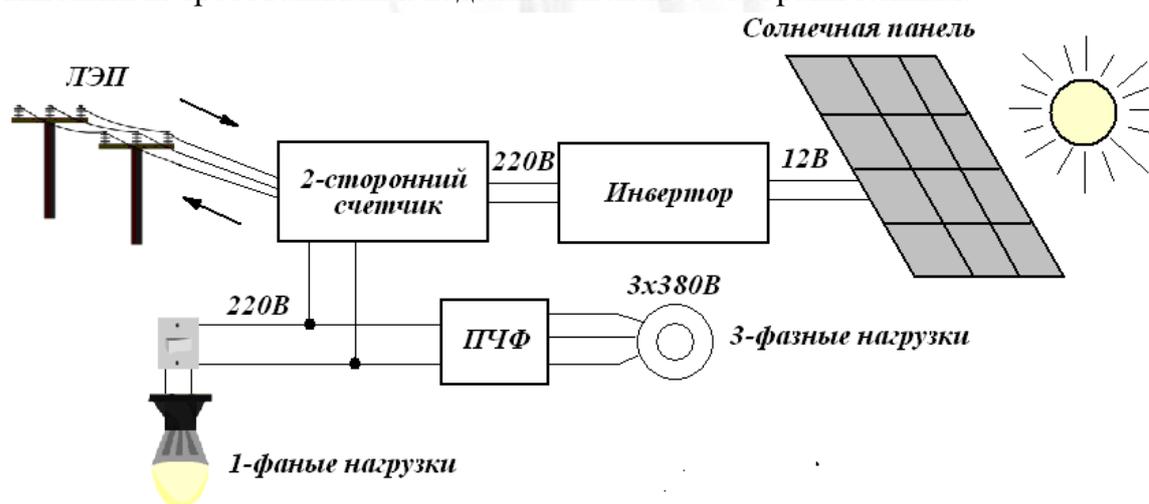


Рис. 1. Структурная схема системы on-grid в сочетании с ПЧФ

Система off-grid показана на рис. 2. Она является полностью автономной и не зависит от внешней электрической сети. Электроэнергия, вырабатываемая солнечными панелями, накапливается в аккумуляторных батареях, что обеспечивает защиту от аварийных режимов внешней сети. Данный тип системы особенно

эффективен для удаленных районов, где строительство линий электропередачи связано с большими затратами.

К недостаткам off-grid систем относятся высокая стоимость оборудования за счет применения аккумуляторных батарей, контроллеров заряда и автономных инверторов, а также ограниченный срок службы аккумуляторов (в среднем 3–5 лет). Кроме того, отсутствует возможность продажи избыточной электроэнергии в сеть. При длительной облачной погоде возможно полное разряжение аккумуляторов, что снижает надежность электроснабжения железнодорожных объектов.

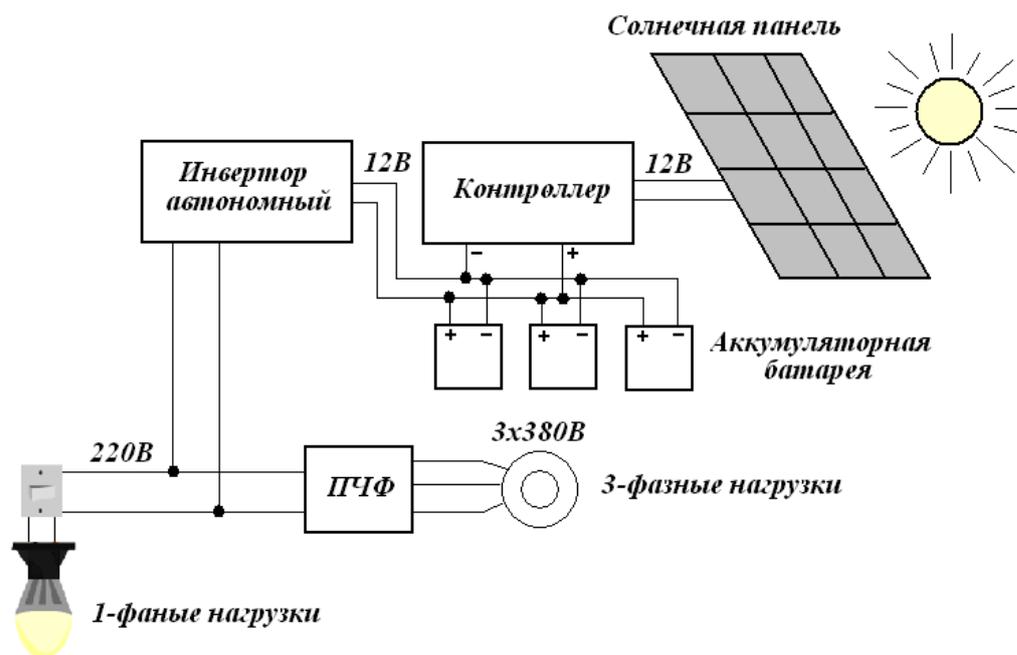


Рис. 2. Структурная схема системы off-grid в сочетании с ПЧФ

Гибридная система показана на рис. 3. Она сочетает в себе преимущества on-grid и off-grid систем. Она может работать как совместно с внешней электрической сетью, так и в полностью автономном режиме. В солнечные дни электроэнергия может накапливаться в аккумуляторных батареях или передаваться в сеть, в зависимости от выбранного режима работы гибридного инвертора.

Гибридные системы обеспечивают высокую надежность электроснабжения и соответствуют требованиям первой категории электроприемников. Срок окупаемости оборудования составляет около 7 лет, а общий срок эксплуатации достигает 30 лет при условии периодической замены аккумуляторов. Учитывая режимы работы железнодорожных потребителей, гибридная система является наиболее рациональным решением.

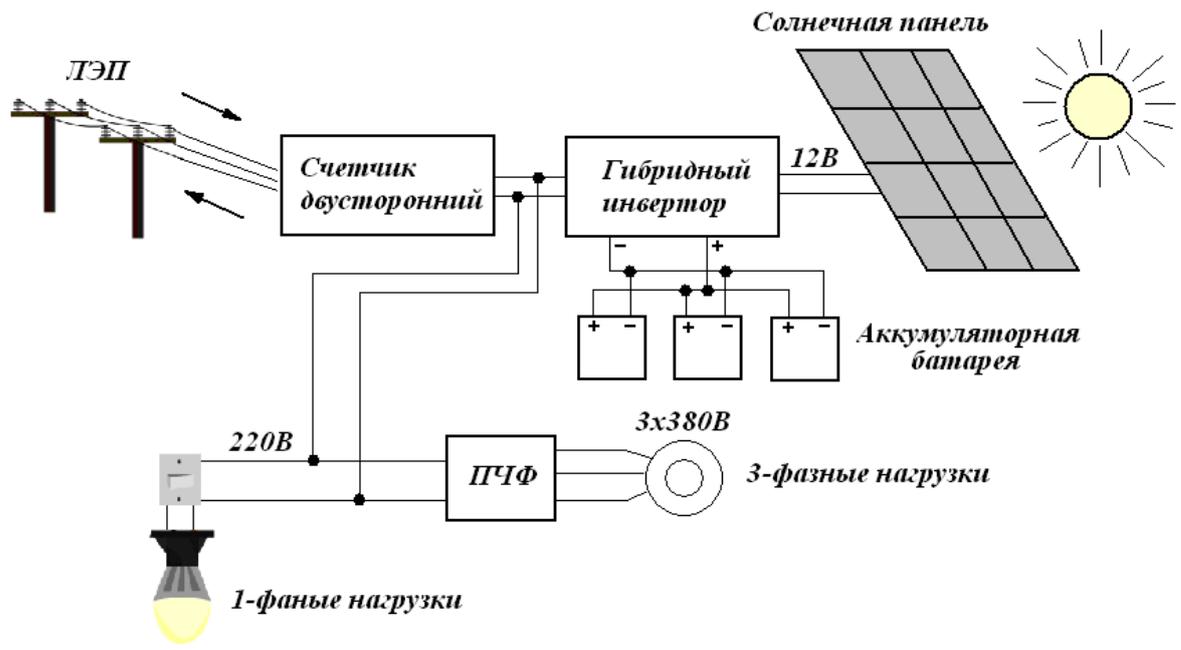


Рис. 3. Структурная схема системы hybrid в сочетании с ПЧФ

Рассчитаем параметры гибридной системы, предназначенной для питания двигателей перевода стрелок и управления шлагбаумом остановочного пункта.

Исходными являются следующие данные:

- Месячное потребление электроэнергии: $Q_{мес} = 200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
- Мощность асинхронных двигателей: $РАД = 2,2 \text{ кВт}$
- Количество двигателей: 2
- Количество пар поездов в сутки: $n = 10$
- Режим работы двигателей: кратковременный

Расчет мощности солнечных панелей

Суточное потребление электроэнергии определяется по формуле:

$$Q_{сут} = Q_{мес} / 30 = 6,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

При условии, что эффективное время работы солнечных панелей составляет 10 часов в сутки, требуемая установленная мощность панелей равна:

$$P_{пан} = Q_{сут} / 10 = 0,66 \text{ кВт} \approx 700 \text{ Вт}$$

Расчет емкости аккумуляторных батарей

Для перевода стрелок асинхронный двигатель работает 0,5 минуты на один проход поезда. С учетом количества поездов суточное время работы двигателя составляет:

$$T_{сут} = 0,5 \cdot n \cdot 2 = 10 \text{ минут}$$

Суточное потребление электроэнергии:

$$Q = РАД \cdot t_{сут} = 3 \cdot 1/6 = 0,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

где мощность двигателя принята равной 3 кВт с учетом КПД.

При использовании аккумуляторной батареи напряжением 12 В и емкостью 200 А·ч, КПД инвертора 80 % и допустимой глубине разряда 30 % время автономной работы составляет около 12 минут, что превышает расчетное значение.

При применении аккумуляторов на основе LiFePO₄ с допустимой глубиной разряда 80 % система может работать в непрерывном режиме до 31 минуты, при этом срок службы аккумуляторов превышает 20 лет.

Заключение

Проведенные исследования показали, что для электроснабжения нагрузок на железнодорожных остановочных пунктах наиболее эффективным и надежным решением является использование гибридных солнечных систем. Такие системы обеспечивают автономную работу при авариях внешней сети, повышают надежность электроснабжения и являются экономически целесообразными в долгосрочной перспективе. Применение аккумуляторов LiFePO₄ позволяет значительно увеличить срок службы системы и продолжительность автономной работы.

Литература

1. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития.//Под ред академика Салимова А.У. Ташкент.: «Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi».- 2021 г. – с. 952.
2. Амиров С.Ф., Болтаев О.Т. Магнитланиш эгри чизиқларини аппроксимациялаш усуллари// Информатика ва энергетика муаммолари. – Тошкент, 2017. – №6. – 71-80 б. (05.00.00 №5).
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. — 3-е изд., доп. и перераб. -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. -636 с., илл.
4. Бедрицкий И.М. Параметрические источники вторичного электропитания феррорезонансной природы: анализ и моделирование. Дисс.доктора наук. Ташкент.– 2021
5. Бедрицкий И.М. Параметрические источники вторичного электропитания с ферромагнитными элементами (монография). Ташкент.: «Нашриёт», 2020 г.– с. 162.
6. Бедрицкий И.М., Жураева К.К., Базаров Л.Х.. Устойчивость работы преобразователя числа фаз при работе с солнечной панелью//Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспортный потенциал Казахстана: истоки и перспективы», 2021 й. 29 сентябрь, с 195-198.