

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С РЕЗЕРВНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ ОТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Якоби Анна Александровна, [jakobi.anna@yandex.ru](mailto:jakobi.anna@yandex.ru)

### **Аннотация:**

В статье рассматривается моделирование гибридной энергетической установки (ГЭУ) с резервным источником питания от аккумуляторных батарей. Проведен анализ факторов, сдерживающих внедрение ГЭУ, рассмотрены их основные характеристики, а также примеры моделирования основных компонентов.

**Ключевые слова:** энергия, источник питания, гибридная установка, аккумуляторная батарея, система, резервный источник, моделирование, накопитель энергии, нагрузка, электроэнергия, ВИЭ, генератор.

Гибридные энергетические установки (ГЭУ) становятся все более популярными в современной энергетике. Они объединяют различные источники энергии для обеспечения непрерывного и эффективного питания.

Вместе с тем, главной проблемой, которая сдерживает внедрение ГЭУ, является вариативность в достаточно широких пределах различных факторов. К этим факторам могут относиться как системные, так и внешние факторы, которые приводят к нестабильности выработки электрической энергии. Для решения этой проблемы создаются автономные комплексные энергетические системы, состоящие как из установок использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ), так и генераторные установки на углеводородном топливе, а также накопители энергии [1].

Гибридные энергетические установки - это системы, в которых комбинируются различные источники энергии, такие как солнечные панели, ветряные турбины и дизельные генераторы. Такое сочетание позволяет более эффективно использовать доступные источники энергии и снизить зависимость от традиционных источников питания.

Эффективность работы ГЭУ обеспечивается равенством между потребляемой и вырабатываемой энергией, при этом накопители энергии обеспечивают равномерность графика суточной нагрузки. Т.е., если, например, фотоэлектрическая система не работает в темное время суток, а ветрогенератор не вырабатывает достаточное количество электроэнергии, то в работу системы включаются накопители. Если же запасенной в накопителях энергии не достаточно, то включается генератор, который работает на жидком или газообразном моторном топливе. Таким образом, в гибридных системах потребитель использует электроэнергию от ВИЭ, но в некоторых случаях в работу включается резервный источник питания, который может работать независимо от внешних факторов. К

внешними факторам в данном случае относятся изменения мощности солнечного излучения и силы ветра в течении суток или в течении года.

Резервный источник питания в гибридной энергетической установке играет роль «запасного родителя». Он включается только в случае, когда другие источники энергии не могут обеспечить необходимое питание. Типичным резервным источником питания являются аккумуляторные батареи (АКБ), которые могут хранить энергию для длительного времени. Аккумуляторные батареи имеют ряд преимуществ по сравнению с другими резервными источниками питания. Во-первых, они более экологичны, так как не производят выбросов, их можно перерабатывать и использовать многократно. Во-вторых, они обеспечивают более быстрый запуск, что критически важно в случае отключения основного источника питания. Кроме того, аккумуляторы обладают высокой энергоемкостью и способностью хранить энергию на длительное время.

В настоящее время для использования в качестве накопителей энергии, наиболее подходящими являются аккумуляторные батареи на основе LiFePO<sub>4</sub>. Такие накопители позволяют осуществлять энергообеспечение с фактически полностью заряженными АКБ, и реализовать выбранную стратегию энергообеспечения, при которой происходит плавное снижение заряда АКБ за счет превышения значения среднего потребления над средней генерацией [1].

Моделирование гибридной установки с аккумуляторами.

Для эффективного проектирования и оптимизации гибридной установки с аккумуляторными батареями используются специальные программные средства. Эти инструменты позволяют создавать математические модели системы и проводить различные симуляции для определения оптимальной конфигурации. При моделировании гибридной энергетической установки с аккумуляторами необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, необходимо выбрать подходящие аккумуляторные батареи с нужной емкостью и характеристиками. Во-вторых, необходимо определить оптимальное управление зарядом и разрядом батарей, чтобы обеспечить максимальную эффективность и снизить износ аккумуляторов.

Доступная генерируемая мощность от фотоэлектрических и ветряных турбин в дополнение к требуемой нагрузке в каждый момент времени определяет состояние заряда и разряда батареи. В случае если суммарная выработка электроэнергии ГЭУ больше энергии, потребляемой нагрузкой, АКБ заряжается до полной зарядки, остальная избыточная энергия, может отдаваться в централизованную сеть. Энергия АКБ в текущий момент времени  $t$  с учетом саморазряда может быть рассчитана по следующей формуле [2]:

$$E_{акб}(t) = E_{акб}(t - 1)(1 - \sigma) + \left( E_{сфм}(t) + E_{вм}(t) - \frac{E_{сн}(t)}{\eta_{инв}} \right) \eta_{акб}^3,$$

где  $E_{акб}(t)$  и  $E_{акб}(t - 1)$  – энергия, запасенная АКБ в момент времени  $t$  и  $(t - 1)$  соответственно, Вт·ч/сутки;  $\sigma$  – это скорость саморазряда АКБ (%);  $E_{сфм}(t)$  и  $E_{вм}(t)$  – энергия, вырабатываемая солнечным и ветровым модулями в момент

времени  $t$ , Вт·ч/сутки;  $E_{сн}(t)$  – энергия, потребляемая в момент времени  $t$ , кВт·ч/сутки;  $\eta_{инв}$  – КПД инвертора (%), преобразующего постоянный ток в переменный частотой 50 Гц;  $\eta_{акб}$  – эффективность заряда АКБ (%), зависит от типа контроллера заряда, потерь в соединениях и т. д.

Для АКБ работающих в составе ГЭУ важным является то, что при снижении разряда до 80% от номинальной ёмкости, нагрузка переключается на резервный источник питания. При этом, если резервный источник питания, например, дизельный генератор, обеспечивает нагрузку на 100%, то излишки генерации могут быть направлены на подзарядку аккумуляторов [2].

Как правило, моделирование ГЭУ с использованием ВИЭ выполняется с учетом мощности солнечного излучения в течении года. В зависимости от числа, типа и характеристик солнечных панелей, строятся графики вырабатываемой мощности, при этом используются соответствующие геоданные. Из полученных графиков будет видно, будет ли энергетический модуль полностью покрывать всю потребность в электроэнергии объекта электроснабжения. Пример моделирования представлен на рисунке 1 [3].

По аналогии с солнечными панелями, производится моделирование выработки ветрогенератора. Так же учитываются геоданные, направление, сила ветра и т.д.

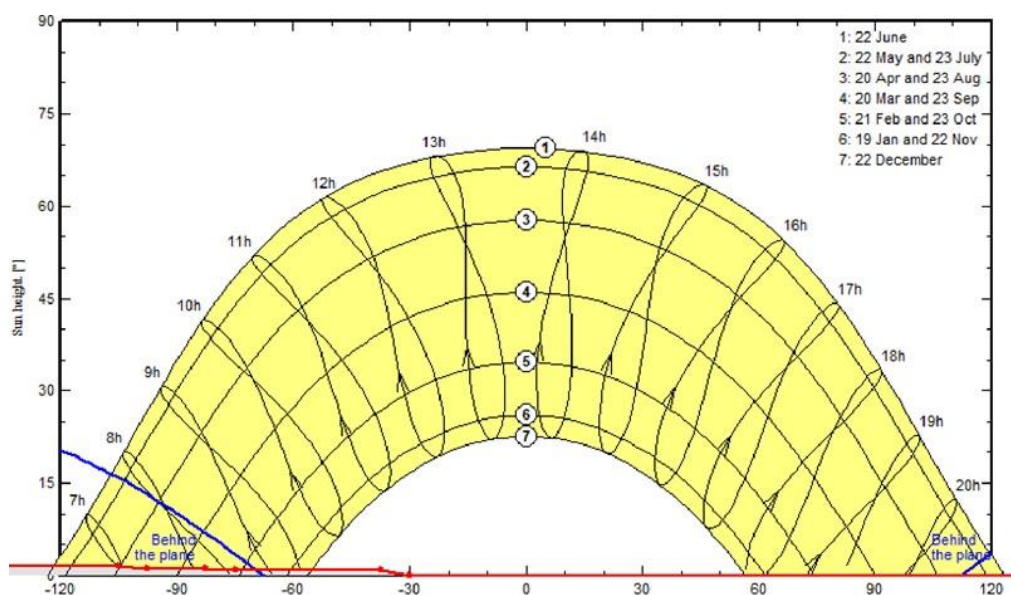


Рисунок 1 – Угол падения солнечных лучей на фотоэлектрический модуль

Управление и мониторинг работы ГЭУ, также как и других источников электрической энергии на основе ВИЭ является важным аспектом. Современные системы автоматизации позволяют контролировать работу каждого компонента системы, обеспечивая надежное и эффективное питание.

Гибридные энергетические установки с резервным источником питания от аккумуляторных батарей могут быть очень эффективными и экономически

выгодными. Они позволяют снизить использование традиционных источников энергии, таких как дизельные генераторы, что приводит к экономии ресурсов и снижению выбросов. Такие установки находят широкое применение в различных сферах, используются для электроснабжения удаленных объектов, где нет возможности подключения к сети, а также в телекоммуникационных системах, шахтах, лагерях ученых в полярных и далеких районах и т.д.

Гибридные энергетические установки имеют огромный потенциал в развитии новой энергетики. Они смогут обеспечить стабильное и экологически чистое энергоснабжение для городов, домов и предприятий. Благодаря развитию технологий аккумуляторных батарей, гибридные установки станут все более доступными и эффективными.

Моделирование гибридной энергетической установки с резервным источником питания от аккумуляторных батарей является важным инструментом для оптимизации системы электроснабжения. Выбор подходящих элементов и узлов ГЭУ, а также оптимальное управление ими, позволяют потребителям электроэнергии достичь максимальной эффективности и экономической выгоды.

### **Список используемой литературы**

1. Композиционное гибридное моделирование автономных комплексных энергетических систем / В. В. Борисов, М. И. Дли, Ю. В. Синявский, А. С. Федулов // Системы управления, связи и безопасности. – 2022. – № 4. – С. 1-37. – DOI 10.24412/2410-9916-2022-4-1-37. – EDN WFEZKV.
2. Митрофанов, С. В. Математическое моделирование гибридной энергетической установки с резервным источником питания от аккумуляторных батарей / С. В. Митрофанов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 5(139). – С. 33-38. – EDN JOUFWG.
3. Турганбаев, О. М. Построение автономной гибридной системы электроснабжения с использованием программного пакета PVsyst / О. М. Турганбаев, Р. М. Нигматуллин // Polish Journal of Science. – 2023. – № 62(62). – С. 108-113. – DOI 10.5281/zenodo.7936059. – EDN XJTYHO.

### **Информация об авторах**

Якоби А. А. – студентка группы Э-01, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

### **Научный руководитель**

Сташко В. И. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

### **Ссылка для цитирования**

Якоби, А. А. Моделирование гибридной энергетической установки с резервным источником питания от аккумуляторных батарей // Энерджинет. 2023. № 1, ч. 2. URL: <http://nopak.ru/231-038> (дата обращения: 03.02.2024).

