

ОБЗОР СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

М.А. Яхъяев¹, Х.Ш. Садаев¹, Я.Ю. Малькова²

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный

²Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: И.Х. Саламов, старший преподаватель кафедры АТПП, ГГНТУ
им. акад. М. Д. Миллионщикова

Для проведения оценки экономической эффективности солнечных электростанций необходимо точно спрогнозировать выработку используемых в них фотоэлектрических модулей [1]. Процесс проектирования солнечных электростанций и прогнозирования их выработки включает в себя несколько этапов:

- расчет интенсивности солнечного излучения локально, в месте потенциального размещения электростанции;
- выбор типа фотоэлектрических модулей;
- определение параметров инверторов и другой электроники, физического размещения фотоэлектрических модулей на местности.

Для оценки фактического уровня инсоляции на конкретной территории используются различные базы данных, в том числе базы данных Национального агентства аэронавтики и исследований космического пространства США – NASA [2]. Также существуют системы [3], например, Global Solar Atlas [4], включающие в себя необходимый набор программных инструментов для проектирования энергоустановок. В данной работе проанализированы три существующие системы проектирования и прогнозирования выработки солнечных энергоустановок: Global Solar Atlas, SolarEdge Designer [5] и Калькулятор E-Solarpower [6]. Для верификации полученных прогнозных данных были использованы реальные данные с сетевой солнечной электростанции мощностью 15 кВт, функционирующей на территории Чеченской Республики. Характеристики данной сетевой станции приведены далее, в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики сетевой солнечной электростанции 15 кВт

Характеристика	Значение
Тип инвертора	Сетевой, GoodWe GW15KN-DT
Номинальная мощность инвертора	15 кВт
Максимальный КПД инвертора	98,3 %
Тип фотоэлектрических модулей	Монокристаллический кремний, Технология HJT
КПД фотоэлектрических модулей	19,17 %
КПД фотоэлектрических ячеек	23,5 %
Общая номинальная мощность	15,55 кВт

Оценка эффективности [7, 8] применения этих трех систем проектирования и прогнозирования выработки солнечных энергоустановок проведена посредством моделирования работы солнечной электростанции, с характеристиками, приведенными в табл. 1, для обеспечения возможности осуществления последующей верификации полученных результатов с фактическими историческими данными с данной электростанции. Территория для прогнозирования выработки – Чеченская Республика.

Прогноз выработки фотоэлектрической системы мощностью 15 кВт в Global Solar Atlas – 18,10 кВт·ч ежегодно. Отметим, что данное значение (из трех рассчитанных) наиболее приближено к фактической выработке за рассматриваемый период – с января по декабрь 2023 г. Фактическая выработка и рассчитанные прогнозные значения по месяцам приведены далее, в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение прогнозных значений и фактической выработки солнечной электростанции 15 кВт за 2023 г., МВт·ч

Месяц	Фактическая выработка	Global Solar Atlas	E-Solarpower	SolarEdge
Январь	0,81	0,90	1,00	0,79
Февраль	1,00	1,10	1,20	0,93
Март	1,40	1,50	1,67	1,55
Апрель	1,30	1,70	2,15	2,00
Май	1,83	1,90	2,37	2,11
Июнь	1,99	2,00	2,58	2,30
Июль	2,20	2,10	2,55	2,33
Август	2,10	2,10	2,57	2,17
Сентябрь	1,70	1,70	2,20	1,93
Октябрь	1,30	1,40	1,58	1,27
Ноябрь	0,90	1,00	1,10	0,84
Декабрь	0,70	0,70	0,84	0,73
Итого:	17,23	18,10	21,81	18,95

На рис. 1 приведена диаграмма, отражающая отклонение прогнозных значений от фактической выработки. Как видим, наиболее точный месячный прогноз получен посредством применения системы Global Solar Atlas, за исключением существенного отклонения в апреле (что имеет место для всех трех систем). Менее же точным оказался прогноз, рассчитанный в Калькуляторе E-Solarpower, при том, что в описании данной системы указано использование баз данных NASA.

Одной из особенностей систем проектирования и прогнозирования выработки солнечных энергоустановок является то, что в них используются разные базы данных метеорологических условий. В то же время, даже при использовании одних и тех же баз данных по уровню инсоляции на конкретной территории, в месте потенциального размещения электростанции, например, что может быть реализовано в системах Global Solar Atlas и Калькулятор E-Solarpower, прогнозные данные не являются идентичными. Калькулятор E-Solarpower не учитывает метеоусловия, что в данном случае (рис. 1) приводит к существенному завышению прогнозных значений относительно фактических (практически на треть, а именно на 27 %).

На фактическую выработку солнечной электростанции, помимо уровня инсоляции, влияет множество факторов [9], в том числе таких как температура окружающей среды, облачность, роза ветров и т. д. Таким образом, наиболее точным является прогноз с использованием локальной базы данных по метеорологическим условиям (по нескольким параметрам) на конкретной территории, на которой планируется размещение солнечной электростанции, например, с собственной метеостанции.

Завышение прогнозных значений приводит к завышению ожидаемой экономической эффективности от рассчитываемой солнечной электростанции, ввиду чего при проведении анализа инвестиционной привлекательности того или иного объекта генерации на базе возобновляемых источников энергии крайне важно использовать точные и эффективные инструменты для прогнозирования потенциальной выработки и в целом, оценки функционирования данного объекта.

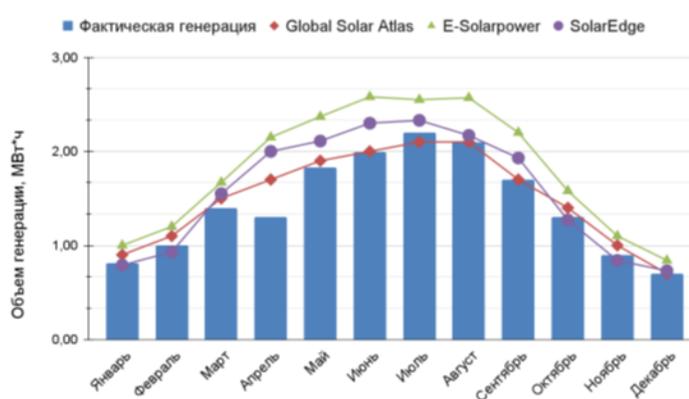


Рис. 1. Сравнительная диаграмма прогнозных значений и фактической выработки солнечной электростанции 15 кВт за 2023 г. (помесечно) в климатических условиях Чеченской Республики

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекиров Э.А., Сокут Л.Д. Основные этапы расчета параметров солнечной электростанции // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2013. – № 17(139). – С. 29–35.
2. Ярымбаш Д.С., Даус Ю.В. Особенности идентификации интенсивности солнечной радиации при проектировании солнечных электростанций // Электротехника и энергоэнергетика. – 2014. – № 1. – С. 74–78.
3. Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учеб. пособие / под ред. В.И. Виссарионова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 144 с.
4. Глобальный атлас инсоляции GLOBAL SOLAR ATLAS // Energydata.info. – URL: [https:// globalsolaratlas.info/map](https://globalsolaratlas.info/map) (дата обращения: 15.11.2024).
5. Конструктор солнечных станций Designer // SolarEdge. – URL: <https:// designer.solaredge.com/> (дата обращения: 15.11.2024).
6. Калькулятор солнечных батарей // E-Solarpower. – URL: <https:// e-solarpower.ru/kalkulyator-vyrabotki-sb/> (дата обращения: 15.11.2024).
7. Тюньков Д.А., Сапилова А.А., Грицай А.С., Алексеенко Д.А., Хамитов Р.Н. Методы краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии солнечными электростанциями и их классификация // ЭСиК. – 2020. – № 3(48). – С. 4–10.
8. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: учеб. пособие. – 6-е изд., перераб. – М.: Дело, 2004. – 576 с.
9. Моргоева А.Д., Гудиев Т.Т., Хасцаев Б.Д., Хмара В.В. Повышение эффективности функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления с помощью разработки подсистемы прогнозирования электрической нагрузки на примере подстанции 110 кВ // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2023. – Т. XIX. – № 4(34). – С. 15–25.

ПОВЫШЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА ВИРТУАЛЬНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

М.О. Перцевой

Саяно-Шушенский филиал СФУ, ГГЭЭС, группа ГЭ22-01Б

Научный руководитель: А.А. Ачитаев, к.т.н., ведущий специалист департамента инновационного развития ПАО «РусГидро»

Анализ проблематики

Поскольку альтернативные источники энергии в составе с инвертором, работающим в режиме «ведомый» не обладают инерционными свойствами, то при изменении солнечной инсоляции, скорости ветра и т. д. фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ) теряет связь с ЭЭС, происходит мгновенное изменение баланса мощности системы, что приводит к падению активной мощности и, как следствие, уменьшению частоты ЭЭС. Данное явление вызывает «лавину» частоты, при которой происходит выход ЭЭС из строя с последующим отключением потребителей. Кроме того, при изменении выработки безынерционных машин в ЭЭС протекают низкочастотные и субсинхронные колебания, соответствующие высшим гармоникам. Низкочастотные колебания – периодическое изменения режимных параметров с частотой до 3 Гц. Высшие гармоники – токи или напряжения, которые больше частоты ЭЭС и кратны данным частотам. Данные явления приводят к асинхронному режиму работы СГ, повреждению трансформаторов, пробоем изоляторов сетей, перегрузке линий электропередач (ЛЭП), срабатыванию средств релейной защиты и автоматики, а также большим электрическим потерям генератора. На рис. 1 представлен сигнал, соответствующий высшим гармоникам ЭЭС магнитудой 10 %.

Кроме того, на рис. 2 представлен экспериментальный результат частотной характеристики системы, показывающий провал частоты изолированной ЭЭС, содержащей альтернативные возобновляемые источники энергии.