

# Подходы к предиктивному обслуживанию солнечных панелей

С неуклонным ростом возобновляемой энергетики также растёт роль систем обслуживания по состоянию и предиктивной аналитики энергетических установок. В этой статье мы рассмотрим современные тенденции развития таких систем применительно к фотоэлектрическим установкам. Статья в большой степени основывается на [1] с небольшими вставками от авторов.

Исследователи в материале [1] выделяют четыре основных подхода к обслуживанию установок солнечных электростанций:

- на основе ручных измерений;
- на основе анализа видов и последствий отказов;
- на основе машинного обучения;
- на основе оперативных измерений.

Системы ручной диагностики основываются на периодических измерениях отдельных параметров солнечных панелей. К таким параметрам относят степень загрязнения поверхности панелей, вольт-амперные и температурные характеристики. Широко применяется термографирование солнечных панелей при помощи дронов. Такие измерения не позволяют реализовывать сложные методы аналитики, при этом требуя наименьших затрат на внедрение.

При подходе на основе анализа видов и последствий отказов (FMEA) определяются наиболее уязвимые компоненты на основании массивов о повреждениях и отказах существующих установок. В частности, в разных исследованиях было определено, что уязвимыми компонентами являются инвертор, система заземления, системы мониторинга и связи. На основании этих данных строится модель предиктивного обслуживания установки, позволяющая спланировать оптимальное количество запчастей, расходных материалов или обслуживающего персонала для минимизации времени простоя в случае поломок или необходимости обслуживания.

Системы мониторинга на основе машинного обучения используют алгоритмы машинного обучения для исследования и прогнозирования ключевых факторов, влияющих на производительность солнечных панелей. Среди таких факторов ключевым является уровень солнечного излучения, помимо которого также прогнозируют температуру и давление воздуха. Подход позволяет эффективнее управлять солнечными электростанциями на основе прогнозирования их производительности на отдельных временных промежутках.

Системы обслуживания на основе онлайн-измерений параметров солнечных панелей позволяют как проводить диагностику текущего состояния, так и реализовывать автоматическое управление солнечными панелями. Диапазон параметров, доступных для измерения на солнечных электростанциях достаточно обширен и включает в себя параметры генерируемой мощности, данные об ориентации панелей в пространстве, данные вспомогательных систем (система смазки, гидропривода), температурные параметры, параметры работы инверторов, данные о текущих погодных условиях. Все эти измерения позволяют выполнять диагностирование состояния солнечных панелей и реализовывать комплексные алгоритмы автоматического управления, чему способствует

также развитие технологий беспроводной передачи данных и промышленного Интернета вещей.

Объединением преимуществ двух последних подходов может считаться применение к солнечным панелям технологии цифровых двойников, в рамках которого используются данные измерений параметров панелей и современные методы анализа данных для построения полнофункциональных моделей солнечных электростанций. Коммерческие продукты такого рода уже доступны на рынке, например, SunSat от компании Reuniwatt [2] или Apollo от Pratiti Technologies [3].

Несмотря на стремительный рост солнечной генерации, методы долгосрочного планирования и управления жизненным циклом солнечных панелей часто не получает достаточного внимания. Тем не менее, дальнейшее развитие этих методов будет идти ускоряющимися темпами, чему также будет способствовать развитие сопутствующих технологий Индустрии 4.0.

## Источники

1. *L. Bosman, W. Leon-Salas et al. PV System Predictive Maintenance: Challenges, Current Approaches, and Opportunities. MDPI Energies, 17 March 2020.*
2. *Reuniwatt: SunSat* <https://reuniwatt.com/en/sunsat-digital-twin/>
3. *Pratiti Technologies: Apollo* <https://www.pratititech.com/solutions/solar-energy-monitoring-software-system-using-iot>