

А. Ю. Сологубов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

andrewsteelmaker@gmail.com

О МЕТОДАХ И ИНСТРУМЕНТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Изложено представление о тех методах и инструментах, которые, при их соответствующем применении, помогут подтвердить или опровергнуть существование синергетических эффектов, влияющих на эффективность гелиоэнергетических установок.

Ключевые слова: *метод, инструмент, мехатроника, синергетический эффект, система слежения за Солнцем.*

A. Yu. Sologubov

South Ural State University, Chelyabinsk

ABOUT THE METHODS AND INSTRUMENTS FOR STUDYING SOLAR POWER DEVICES

The idea of those methods and tools that, with their appropriate application, will help to confirm or deny the existence of synergistic effects that affect the efficiency of solar power plants, is presented.

Keywords: *method, tool, mechatronics, synergistic effect, sun tracking system.*

Введение. Повышение эффективности выработки электрической энергии с помощью гелиоэнергетических установок с системой слежения за Солнцем является ценной с практической точки зрения задачей. Как правило, классическая компоновка таких систем включает одно- либо двухкоординатные электроприводы (управляемые центральным вычислительным устройством (ЦВЧУ), или т. н. «траекторным контроллером»), чья совместная работа предназначена для аккуратного позиционирования солнечного

модуля в точку максимально возможной энергоэффективности, а также компенсации суточных и сезонных изменений углов азимута и зенита. Траектория может быть сформирована с использованием светочувствительных сенсоров [1] или помощью алгоритмов вычисления солнечной позиции [2].

Возможность повышения эффективности классических компоновок практически исчерпана. В случае их видоизменения (применение нетрадиционных типов электрических машин или наделение системы адаптивно-интеллектуальными свойствами и т. д.) возможно появление новых, ранее не исследованных синергетических эффектов. Подтвердить или опровергнуть их существование возможно с опорой на мехатронные подходы (например V-методологию [3]).

Совокупность методов и инструментов исследования. V-методология является одной из разновидностей мехатронного подхода и стремится интегрировать и комбинировать разные научные области (синтез знаний по электрическим машинам, силовой электронике, преобразовательной технике, теории автоматического управления, теоретической механике и динамике многопараметрических систем).

Недостатком этой методологии является её итеративный характер, однако, степень соответствия требуемых характеристик электромехатронной системы требуемому значению осуществляется на каждой итерации. Основные характеристики данной методологии таковы:

1. Система слежения за Солнцем разделяется на подсистемы с иерархией от вышестоящих подсистем к нижестоящим. Модули разделены на т. н. «фреймы». Процесс сквозной с обязательным моделированием для проверки организации требуемого характера протекания технологического процесса;

2. Системная интеграция – этот процесс идёт от нижестоящих модулей к вышестоящим и начинается с интеграции компонентов (электродвигателей, преобразователей, сенсоров, системы управления, опорно-поворотного механизма), в «фреймы» и модули

и, наконец, в законченный электротехнический комплекс с проверкой и валидацией на всех уровнях. Это позволяет достигать исходных требований непосредственно к моменту окончания процесса проектирования.

Вышеописанная последовательность проектирования может быть сгруппирована в шесть основных стадий, включающих входные и выходные результаты, а также инструментарий. Системный выход должен являться окончательным решением для требуемой мехатронной системы слежения за Солнцем.

Эти стадии кратко представляются следующим образом.

1. Выявления регулярных особенностей движения рабочего органа, угловое положение которого регулируется в эвклидовом пространстве. Эту информацию можно получать обработкой данных об угловом положении Солнца в заданных географических координатах. В своих исследованиях мы используем алгоритм NREL SPA, точность которого составляет $\pm 0,0003^\circ$ по углу азимута или зенита [4].

2. Кинематические и динамические расчёты на основе данных об особенностях движения солнечного модуля для определения требуемых характеристик координатных электроприводов с помощью инструментов решения обратных задач, вывода уравнений движения с помощью уравнений Лагранжа и принципа виртуальных работ [5].

3. Расчётные параметры компонентов корректируются в соответствии с оптимальными данными, полученными на основе одного из алгоритмов оптимизации.

4. Разработка адаптивно-интеллектуальных систем управления на основе инструментов поиска экстремума мощности. Основные перспективы и структурные схемы таких систем управления для систем слежения за Солнцем были рассмотрены в докладе [6], а некоторые результаты многопараметрического поиска максимума мощности были рассмотрены в статьях [7, 8].

5. Анализ и моделирование: математические модели компонентов разрабатываются с использованием моделей различных

видов, например, нестационарных объектов Хаммерштейна-Винера. Рассмотрение таких систем в качестве действующих в нелинейном пространстве состояний видится наиболее естественным. В этом случае возможна модельная демонстрация существования системного характера работы и синергетических эффектов.

6. Системная интеграция с оборудованием включает пространственную интеграцию компонентов, сенсоров, приводов, кабелей, калибровки и прецизионную настройку системы. Программная интеграция стадии включает разработку прототипов для верификации и валидации. Наконец, необходимые эксперименты исследуются в реальных условиях, оценивается рентабельность, безопасность. Следующий шаг – это производство.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90156.

Список использованных источников

1. Сологубов А. Ю., Кирпичникова И. М. Обзор современных сенсорных технологий в системах слежения за Солнцем // Технический оппонент. 2019. Т. 1, № 2. С. 54–60.
2. Sologubov A. Y., Kirpichnikova I. M. Calculation of the Parameters of the Daily Movement of the Sun. Contour Maps of Kinematic Parameters // 2019 International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM 2019), Sochi, 25-29 March 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICIEAM.2019.8742935
3. Flores-Hernández D. A., Palomino-Resendiz S., Lozada-Castillo N., Luviano-Juárez A., Chairez I. Mechatronic design and implementation of a two axes sun tracking photovoltaic system driven by a robotic sensor // Mechatronics. 2017, November. Vol. 47. P. 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.09.014>
4. Сологубов А. Ю., Кирпичникова И. М. Кинематические свойства электротехнических комплексов с системой слежения за Солнцем, полученные методом полиномиальной аппроксимации небесных координат // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Энергетика. 2019. Т. 19, № 3. С. 72–83. DOI: 10.14529/power190308
5. Астроследящие системы / Б. К. Чемоданов, В. Л. Данилов, В. Д. Нефедов [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Б. К. Чемоданова. М. : Машиностроение, 1977. 304 с.
6. Сологубов А. Ю., Кирпичникова И. М. Перспективы использования систем экстремального регулирования ориентации гелиоустановок // Электротехнические комплексы и системы : материалы международной научно-практической конференции / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Уфа, 19 октября 2017 г. В 2 т. Уфа : УГАТУ, 2017. С. 42-47.

7. Kirpichnikova I. M., Sologubov A. Y. Multivariable Control of Solar Battery Power by Extremum Seeking : Starting from Linear Analysis // Machines. 2019. Vol. 7, № 4. P. 64. <https://doi.org/10.3390/machines7040064>
8. Андреев С. М., Сологубов А. Ю., Парсункин Б. Н. Синтез поисковой системы автоматической оптимизации процессом сжигания топлива // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2016. Т. 4, № 1. С. 74–83.