АННОТАЦИЯ

диссертации на соискания ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика»

Сыздыкова Армана Базарбаевича

«Разработка аппаратно-программного комплекса по оптимизации поиска и отбора максимальной выходной мощности с солнечных панелей космических аппаратов и наземных солнечных станций»

Общая характеристика работы

В диссертационной работе представлены результаты разработки аппаратно-программного комплекса по оптимизации поиска и отбора максимальной выходной мощности с солнечных панелей космических аппаратов и наземных солнечных станций.

Актуальность темы исследования

Количество спутников на низкой околоземной орбите растет с каждым годом и к 2030 году достигнет 100 000 спутников. Размеры спутников уменьшаются благодаря развитию технологий в области электроники, но энергетические потребности космических аппаратов растут из-за увеличения полетного задания. Также растет число радарных спутников, которые используют активную полезную нагрузку, и их потребление значительно выше, чем у оптических космических аппаратов. Спутники на солнечно-синхронной орбите имеют ограниченное количество времени на солнечной стороне, поэтому задача состоит в том, чтобы ускорить заряд батареи во время прохождения освещенной части орбиты спутника.

Ограничение для космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на низкой орбите по времени нахождения на солнечной стороне не позволяет увеличить их энерговооруженность и, соответственно, производительность по съемке. Увеличение энерговооруженности путем увеличения площади солнечных панелей ведет к увеличению массы и внесению существенных изменений в конструкцию космического аппарата.

Наиболее приемлемым решением для повышения энерговооруженности космических аппаратов ДЗЗ видится в разработке аппаратно-программного комплекса (АПК) по оптимизации поиска и постоянного нахождения (maximum power point tracking) MPPT с солнечных батареи (СБ) КА на основе применения «умных» MPPT-контроллеров, что позволит увеличить количество отбираемой электроэнергии от солнечных панелей и повысит общую производительность космических аппаратов за счет уменьшения времени заряда аккумуляторных батарей.

Данная диссертация представляет решения по увеличению энерговооруженности космических аппаратов ДЗЗ путем сокращения времени заряда аккумуляторных батарей.

Связь темы с государственными инициативами и планами научных исследований

Исследования выполнялись в соответствие с утвержденным планом исследования, МНВО РК и в рамках научного проекта ПЦФ - BR05336483 «Оптимизация технических параметров и методического подхода к использованию данных дистанционного Земли отечественных космических аппаратов KazEOSat-1,2» (2018-2020 гг).

Объектом исследования является нахождения МРРТ с СБ КА и (наземных станции) НС.

Предметом исследования является АПК по оптимизации поиска и нахождения МРРТ.

Цель исследования:

Разработка АПК для обеспечения отбора максимальной мощности от СБ (система энергоснабжения) СЭС КА и НС электростанций путем использования различных алгоритмов.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

разработка технического задания (ТЗ) на разработку инженерных моделей АПК для контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС;

разработка математических и имитационных моделей функционирования различных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП);

разработка методов, алгоритмов и ПМО для решения задач по оптимизации определения МРРТ с СБ;

Проектирование, сборка и испытания инженерных моделей АПК контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС.

Способ достижения цели:

Формирование ТЗ на создание инженерных моделей АПК контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС. Разработка математических и имитационных моделей функционирования различных ФЭП и СБ;

Создание методов, алгоритмов и ПМО для решения задач по оптимизации определения МРРТ с СБ;

Разработанная, собранная и испытанная инженерных моделей АПК контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС.

Результаты исследования:

Созданы инженерные модели АПК для обеспечения постоянного нахождения МРРТ от ФЭП СЭС КА и НС.

Кроме того, разработаны: программно-математическое обеспечение решения оптимизационной задачи по нахождению МРРТ с СБ; инженерные модели АПК контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС, также было выполнено разработка, сборка и испытания инженерных моделей АПК контроля отбора мощности с СБ СЭС КА и НС.

Научная новизна диссертиционного исследования состоит в том, что в Казахстане впервые проведено научное исследование процесса нахождения МРРТ с СБ для обеспечения постоянного максимального заряда аккумуляторной батареи. Для этого разработаны математическая модель, алгоритмическое и оптимизационное программно-математическое обеспечение. Также разработаны проектная документация и опытные образцы аппаратно-программного комплекса в виде МРРТ-контроллера, который позволит постоянно находить точку максимальной мощности с высокой точностью, что обеспечит получение от солнечных панелей дополнительно более 10% электрической энергии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Разработанный аппаратно-программный комплекс для нахождения точки максимальной мощности позволяет в условиях выхода из строя части фотопреобразователей или их затенения найти максимальную мощность на 50% быстрее, чем стандартный метод сканирования по определению максимальной мощности.

2. Разработанный комплекс для измерения электрической мощности, генерируемой фотоэлектрическими преобразователями с использованием микроконтроллера космического стандарта (TMS 470) и физическое моделирование процесса получения вольт-амперной характеристики солнечной батареи, содействуют получению до 10 % дополнительной мощности от солнечных батарей по сравнению с традиционными устройствами и методами.

3. Разработанное устройство для определения точки с максимальной мощностью в условиях затенения солнечной батареи позволяет находить глобальный максимум мощности, в отличие от существующих традиционных методов и приводит к сокращению времени заряда аккумуляторной батареи на 10 %.

Значимость исследования в национальном и международном масштабах состоит в том, что результаты выполненных работ могут быть использованы практически во всех казахстанских и международных проектах, в которых необходимо получение МРРТ от ФЭП и других возобновляемых источников энергии.

Помимо этого, мировая тенденция к миниатюризации космических аппаратов ведет к снижению их веса и стоимости, что способствует росту их количества. Планируемый для разработки аппаратно-программный комплекс не требует внесения существенных изменений в конструкцию КА и наземных солнечных электростанций.

Научные и технологические нужды (экономическая и индустриальная заинтересованность)

В Казахстане удельная энерговооруженность находится на низком уровне и составляет 4 МВт*час/человека, тогда как в России 6,7 МВт*час/человека, США – 14 МВт*час/человека, в Китае – 35 МВт*час/человека. Этот показатель говорит о том, что для дальнейшего развития промышленности необходимо увеличить выработку

электроэнергии. Эти данные показывают, что существует социальная, экономическая и индустриальная заинтересованность в существенном увеличении выработки электрической энергии в Казахстане.

Кроме того, необходимо отметить, что результаты предлагаемой работы позволят существенно увеличить отбор электроэнергии с солнечных панелей космических аппаратов. В частности, для КА ДЗЗ, находящихся на солнечно-синхронных орбитах, существует необходимость быстрой зарядки аккумуляторных батарей, и применение «умных» MPPT-контроллеров позволит увеличить количество отбираемой от солнечных панелей электроэнергии и уменьшить время заряда аккумуляторных батарей, т.е. покрываются технологические и научные нужды.

Влияние полученных результатов на развитие науки и технологий и ожидаемый социальный и экономический эффект

Как уже было отмечено выше, применение аппаратно-программного комплекса MPPT-контроллера позволит существенно улучшить технологические показателя системы электроснабжения космических аппаратов без дополнительных существенных капитальных вложений.

Применение «умных» MPPT-контроллеров для наземных электростанций (солнечных и ветровых) также дает возможность без существенных капитальных вложений значительно поднять электрооотдачу солнечных панелей и ветровых блоков.

Результаты исследования

Результаты внедрены в учебный процесс Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева с проведением лабораторных работ со студентами и сотрудниками этого университета, будут проведены учебные семинары со специалистами ТОО «Ғалам». Это позволит наглядно представить результаты научных исследований в виде аппаратно-программного комплекса контроля заряда и разряда аккумуляторных батарей.

Аппаратно-программный комплекс так же можно использовать и для наземных солнечных станций в целях оптимизации поиска MPPT с СБ, например, в виде контроллера заряда и разряда, который в силах предотвратить ряд негативных последствий для аккумуляторных батарей. Неконтролируемый зарядный ток (и/или напряжение) с солнечных батарей, который может превысить критическое для данного типа аккумуляторов значение, что ускорит химические процессы, из-за которых аккумулятор может разрушаться.

В данной работе разработаны алгоритмы для случаев, когда на солнечной панели происходит частичное затенение фотоэлементов или выход из строя одного или нескольких элементов, так стандартные методы по поиску максимальной мощности не подходят.

Апробация работы. Основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования, а также предложения и рекомендации, основанные на этих результатах, были обсуждены и проверены на республиканских и международных конференциях, а также опубликованы в научных журналах,

включенных в список Scopus и ККСОН МОН РК. Все эти публикации полностью отражают результаты данного исследования, связанного с темой диссертации. Результаты были представлены автором на международных конференциях, проходивщих в г. Стамбул (Турция), г. Москва (Российская Федерация), г.Самара (Российская Федерация), г.Минск (Белорусия), в приложениях.

Список опубликованных работ. Результаты исследований отражены в следующих научных работах, в том числе:

Научные публикации с высоким импакт-фактором, входящих в международную базу данных Scopus и Web of Science

1. Algorithm for finding maximum power point tracking when shadowing or failure of solar panel photo cells on satellites using low orbits, Syzdykov A.B., Baktybekov K.S., Messerle V.E., Komarov F. F., Askaruly R, Zilgarinov D., Murat A, ISSN 1811-1165 (Print); 2413 -2179 (Online) Eurasian Physical Technical Journal, 2023, Vol.20, No.1 (43)

Научные публикации, рекомендованные КОКСНВО МНВО РК для публикации основных результатов научной деятельности

1. Particle swarm optimization with individually biased particles for reliable and robust maximum power point tracking under partial shading conditions, Baktybekov K., Kurmanbay A., Sakhanov K., Syzdykov A., Mukhamediyev A. ISSN 1811-1165 (Print); 2413-2179 (Online) Eurasian Physical Technical Journal, 2020, Vol.17, No.2 (34)
2. Evaluation of wind power potential in shelek corridor (Kazakhstan) using weibull distribution function, Zh. Baizhuma, S.A. Bolegenova, R.K. Manatbayev, K. Baktybekov, A. Syzdykov, International Journal of Mathematics and Physics 9, №2, 86 (2018)
3. Definition of the basic geometric parameters of a control of a corousel type turbine its technological solution, R.K. Manatbayev, N. Kalasov, B. Bektibai, Ye. Nurymov K. Baktybekov, A. Syzdykov, E.M. Zulbukhanova, International Journal of Mathematics and Physics 10, №1, 82 (2019)

Публикации в сборниках тезисов докладов по результатам Международных научных конференции

1. Optimization of series-parallel connection of PV array to mitigate negative influence of partial shading conditions, A Kurmanbay, K Baktybekov, K Sakhanov, A Syzdykov and A Mukhamediyev18th International Conference "Aviation and Cosmonautics" (AviaSpace-2019) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 868 (2020) 012001 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/868/1/012001

Личный вклад автора заключается в самостоятельном планировании и выполнении экспериментальной части исследования, а также интерпретации и обработке полученных данных, разработке алгоритмов и математических моделей, а аппаратно-программного комплекса. Автор также работал

совместно с научными консультантами над постановкой задач и обсуждением результатов исследования.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 145 страницы и введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников (94 наименований) и 8 приложении. В работе приведены 127 таблиц и 79 рисунков.