

УДК62-833.4

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-1-296-62-65

И. А. Генералов, А. А. Курилов

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ
ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ***

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: IvanGeneral2003@gmail.com, aleksandrkurilovd@gmail.com

Изложены результаты исследования в области снабжения питанием малогабаритных подвижных объектов. Описана предложенная система для подзарядки аккумуляторов с помощью малогабаритного бесколлекторного электродвигателя, работающего в режиме генератора, вал которого раскручивает малогабаритный двухтактный двигатель внутреннего сгорания.

Ключевые слова: генератор, аккумулятор, ДВС, источник питания

© Генералов И. А., Курилов А. А., 2024.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и администрации Волгоградской области № 24-29-20242, <https://rscf.ru/project/24-29-20242/>.

I. A. Generalov, A. A. Kurilov

SMALL-SIZED GENERATOR CONTROL SYSTEM FOR RECHARGING BATTERIES

Volgograd State Technical University

Research in the field of power supply for small-sized mobile objects. Description of the proposed system for recharging batteries with the power of a small-sized brushless electric motor operating in the mode of a generator, the shaft of which spins a small two-stroke internal combustion engine.

Keywords: generator, battery, internal combustion engine, power supply

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобретают все большую популярность и находят широкое применение в самых различных областях. Успех и эффективность работы БПЛА во многом зависят от продолжительности их работы, что, в свою очередь, напрямую связано с источниками питания, используемыми для их питания. Существует три основных направления увеличения продолжительности полета БПЛА за счет:

1) увеличения емкости источников питания БПЛА

2) повышения энергоэффективности самого БПЛА;

3) подзарядки (замены) источника питания.

Первое направление, на данный момент, достигается в основном за счет увеличения запаса энергии на борту за счет массы аккумуляторов, что в свою очередь, влечет за собой увеличение собственной массы БПЛА. В конечном счете, тяга летательного аппарата уменьшается, и машина в большей степени, начинает выполнять задачу транспортировки собственного веса.

У третьего направления существуют следующие решения:

1) использование «привязанных» мультироторных БПЛА. У них источник питания находится на земле и электроснабжение осуществляется через проводную сеть. Преимуществом является неограниченное время полета, но недос-

татком является ограниченный радиус полета;

2) схема, содержащая источник питания на основе аккумуляторных батарей, которые подзаряжаются в полете за счет других источников энергии.

Также для увеличения времени полета БПЛА можно использовать как разные типы привода винта, так и разные типы источников питания. В исследовании [2] были проанализированы разные решения проблемы. Известны конструкции с механическим и электрическим типом привода. Достоинства механического состоят в большом весе полезной нагрузки, высокой продолжительности полета и нормальном функционировании при низких температурах. Но у такого привода сложная конструкция из-за наличия системы зажигания и охлаждения, радиопомехи, высокие массогабаритные характеристики и низкая степень маневренности.

Электрический привод прост по конструкции и в эксплуатации, имеет высокую степень маневренности, меньше шумит и характеризуется невысокими массогабаритными показателями. Но в недостатках – малое время полета, большая масса источников питания, малый вес полезной нагрузки, и плохая переносимость низких температур. Такие БПЛА могут оснащать различными источниками питания, сравнительные характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Анализ источников питания БПЛА

Тип источника питания	КПД, %	Массовая удельная мощность (S_m), кВт/кг	Объемная удельная мощность (S_v), кВт/м ³
Водородные топливные элементы	40	$13 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3$
Бензин, керосин, метанол, этанол, СНГ(пропан)	39	$5 \cdot 10^3 - 11 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$
Солнечные панели	22	$0,05 \cdot 10^3 - 0,2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$
Суперконденсаторы	98	$0,009 \cdot 10^3 - 0,01 \cdot 10^3$	$0,02 \cdot 10^3 - 0,1 \cdot 10^3$
Лазер	22	$0,05 \cdot 10^3 - 0,2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$
АКБ	77	$0,04 \cdot 10^3 - 0,4 \cdot 10^3$	$0,1 \cdot 10^3 - 0,8 \cdot 10^3$

Хоть и по массовой удельной мощности лидируют водородные топливные элементы и топливо для двигателей внутреннего сгорания, но в современных БПЛА наиболее часто применяют аккумуляторные батареи, т.к. системы с двигателями внутреннего сгорания обладают высокими массогабаритными характеристиками, что значительно снижает маневренность БПЛА, а источник питания, основанный на топливных элементах имеет существенный недостаток, заключающийся в большой степени его инертности, что также снижает маневренность БПЛА.

Для снижения влияния перечисленных недостатков известных устройств предложено использовать малогабаритный двигатель внутреннего сгорания с генератором для выработки электрической энергии во время полета и подзарядки уменьшенных по размеру аккумуляторов БПЛА. Для обеспечения работы такой установки сконструирована система управления таким малогабаритным генератором. Система (рис. 1) состоит из двигателя внутреннего сгорания 1, к которому подсоединен бак с топливом 7 и глушителем 8. Также коленвал двигателя муфтой 6 соединен с валом ротора бесколлекторного двигателя 2, выполняющего роль генератора. Выход генератора соединен последовательно с выпрямителем тока 4 и стабилизатором тока 5, которые, в свою очередь, подсоединены к аккумуляторному блоку 3. Все элементы жестко закреплены на корпусе 9, который обшит звукоизоляцией.

Система работает следующим образом: при включении двигателя внутреннего сгорания 1

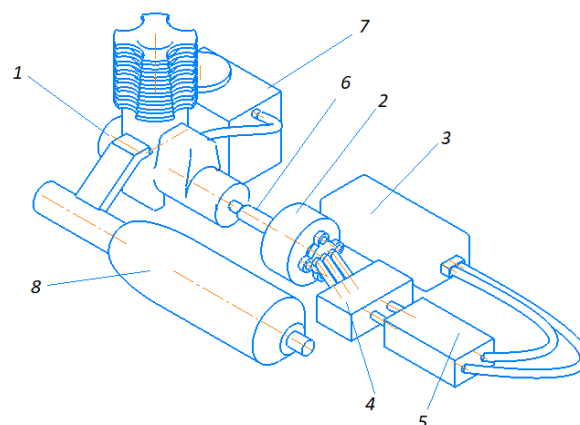


Рис. 1. Схема малогабаритного генератора на основе ДВС

в его камеру сгорания подается топливо из бака 7. Выхлопные газы из ДВС проходят через глушитель 8 и выводятся из системы в атмосферу. Крутящий момент коленвала ДВС передается через соединительную муфту 6 на вал ротора генератора 2. При вращении ротора генератора вырабатывается переменный ток, который, проходя через выпрямитель тока 4 и стабилизатор 5, поступает в аккумуляторный блок 3. Вся система защищена корпусом 9, на котором и закреплена.

Так как роль генератора в системе выполняет бесколлекторный двигатель, то на выходе он выдает трехфазный ток. Но аккумулятор заряжается от прямого тока, поэтому нам нужно преобразовать переменный ток в постоянный с помощью выпрямителя тока. Используя данные из статьи [3], выберем шестипульсовую систему выпрямления на основе диодного моста (рис. 2).

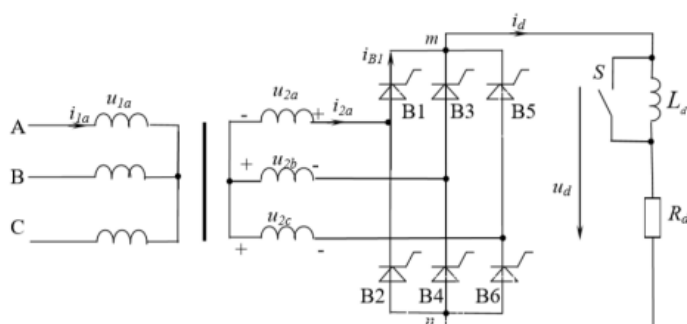


Рис. 2. Шестипульсовая система выпрямления тока

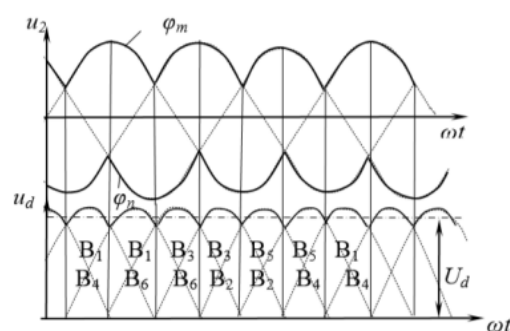


Рис. 3. Изменение напряжения на нагрузке

Схему можно рассматривать как состоящую из двух трехфазных нулевых схем выпрямления. Вентили B1, B3, B5 образуют катодную группу, B2, B4, B6 – анодную. В катодной группе в любой момент времени работает один

из клапанов, тот, в фазе которого напряжение наиболее положительное. Потенциал ϕ_m на выходе этой группы равен верхней огибающей кривой фазных напряжений (рис. 3) вторичной обмотки трансформатора.

Напряжение в нагрузке равно разности потенциалов точек m и n , и равно линейному напряжению вторичной обмотки трансформатора. Пульсность данной схемы $p=6$. Что приводит к появлению гармоник тока, потребляемых из сети. Так же искажается форма питающего напряжения. Для того, чтобы избавиться от гармоник тока нужно установить на выходе выпрямителя стабилизатор напряжения [1].

Была создана экспериментальная установка для вычисления КПД генератора от нагрузки (рис. 4). Она состоит из коллекторного двигателя 1, который раскручивает вал бесколлекторного двигателя 2, который работает в режиме генератора. Двигатели соединены между собой муфтой.

В результате эксперимента получены результаты, приведенные в табл. 2.



Рис. 4. Экспериментальная установка для определения КПД

Таблица 2

Результаты эксперимента

			Выходные значения			КПД, %
I , А	U , В	P , Вт	I , А	U , В	P , Вт	
2,00	7,50	15,00	0,75	3,00	2,25	15,00
3,00	13,00	39,00	1,30	5,20	6,75	17,31
3,80	18,00	68,40	1,81	6,80	12,31	18,00

Исходя из результатов эксперимента можно сказать, что при увеличении нагрузки на вал генератора его КПД будет увеличиваться. Т.е. максимальную эффективность генератор будет иметь на повышенных оборотах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авторское свидетельство № 1198491 А1 СССР, МПК G05F 1/569. Стабилизатор постоянного напряжения с защитой по току и по минимальному входному напряжению : № 3741811 : заявл. 27.02.1984 : опубл. 15.12.1985 / Э. А. Вартапетов, А. М. Маранджян, М. А. Гамбарян [и др.] ; заявитель Ереванский научно-исследовательский проектный институт автоматизированных систем управления городом. – EDN MNBUKL.

2. Головатый, А. В. Анализ БПЛА и источников их питания для проведения технического мониторинга объектов / А. В. Головатый // Проблемы повышения эффективности научной работы в оборонно-промышленном комплексе России : матер. V Всерос. науч.-практ. конф., Знаменск, 24–25 марта 2022 года / сост. С. Н. Бориско. – Астрахань : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет», 2022. – С. 153–160. – EDN WVXMHF.

3. Шарипов, Л. А. Исследование трехфазного выпрямителя тока, применяемого для управления электрическими двигателями постоянного тока / Л. А. Шарипов // Перспективные материалы науки, технологий и производства : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 24 мая 2022 года. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 338–342. – EDN IWURZC.