

УДК 621.3.025.3/621.3.024.2

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-3-298-41-44

*И. А. Генералов, А. В. Дроботов, А. А. Кузнецов***ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА, ГЕНЕРИРУЕМОГО БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ,
НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ*****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: IvanGeneral2003@gmail.com, alexey.drobotov@gmail.com,

alexsei2003@gmail.com

Разработана экспериментальная установка для исследования тока, генерируемого бесколлекторным электродвигателем малой массы, часто применяемым в мультироторных летательных аппаратах, в режиме генератора. Описана методика проведения экспериментов, представлены результаты измерений и форма сигнала, полученная с помощью осциллографа. Сформулированы рекомендации по улучшению характеристик генерируемого тока.

Ключевые слова: генератор, выпрямитель тока, стабилизатор

*I. A. Generalov, A. V. Drobotov, A. A. Kuznetsov***INVESTIGATION OF THE CURRENT, GENERATED BY
A COLLECTORLESS MOTOR, ON AN EXPERIMENTAL STEND****Volgograd State Technical University**

An experimental stand has been developed to study the current generated by a low-mass brushless electric motor, often used in multirotor aircraft, in the generator mode. The method of conducting experiments is described, the measurement results and the waveform obtained using an oscilloscope are presented. Recommendations for improving the characteristics of the generated current are formulated.

Keywords: generator, current rectifier, voltage stabilizer

Современные технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) активно развиваются, открывая новые возможности в области аэрофотосъемки, доставки и мониторинга. Одним из ключевых элементов БПЛА является бесколлекторный двигатель (БКД), который нашел широкое применение в авиамоделировании благодаря своей высокой эффективности, надежности и компактности. Однако потенциал бесколлекторных двигателей не ограничивается их использованием в качестве приводов винтов БПЛА. Их применение возможно в качестве малогабаритного генератора электрического тока, что открывает перспективы для создания легких автономных источников энергии. Благодаря своей конструкции, включающей постоянные магниты и трехфазную обмотку, БКД способен преобразовывать механическую энергию вращения в электрическую. Однако для эффективного использования БКД в качестве генератора требуется изучение его характеристик, включая анализ выходного напряжения, зависимости коэффициента полезного действия (КПД) от частоты вращения, а также разработ-

ка методов управления и стабилизации генерируемого тока.

Ранее в работе [2] была предложена схема малогабаритного источника энергии, в котором роль генератора выполняет бесколлекторный двигатель. Он на выходе выдает переменный ток на каждом из трех контактов, который для питания мобильного потребителя необходимо преобразовать в постоянное напряжение. Для выпрямления переменного тока предложено использовать трехфазный выпрямитель Ларионова. Используя исследования, приведенные в статье [4], для определения токов и напряжений в системе можно применять схему, показанную на рис. 1.

Схему можно рассматривать как состоящую из двух трехфазных нулевых схем выпрямления. Вентили В1, В3, В5 образуют катодную группу, В2, В4, В6 – анодную. В катодной группе в любой момент времени работает один из вентилях, тот, в фазе которого напряжение наибольшее. Потенциал ϕ_m на выходе этой группы равен верхней огибающей кривой фазных напряжений (рис. 2) вторичной обмотки трансформатора.

© Генералов И. А., Дроботов А. В., Кузнецов А. А., 2025.

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

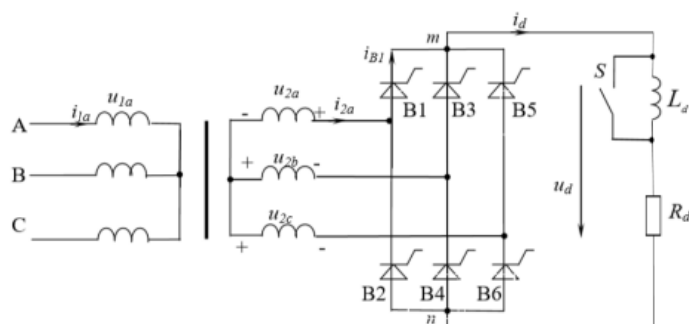


Рис. 1. Шестипульсовая система выпрямления тока

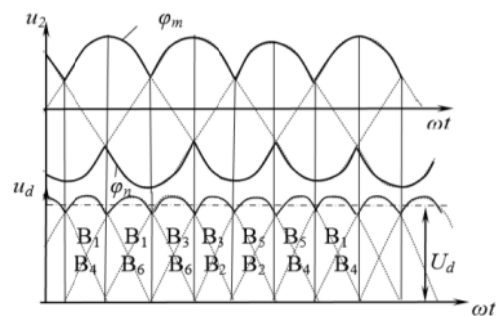


Рис. 2. Изменение напряжения на нагрузке

Исходя из данных статей [3, 4] принципиальную схему установки можно изобразить следующим образом (рис. 3).

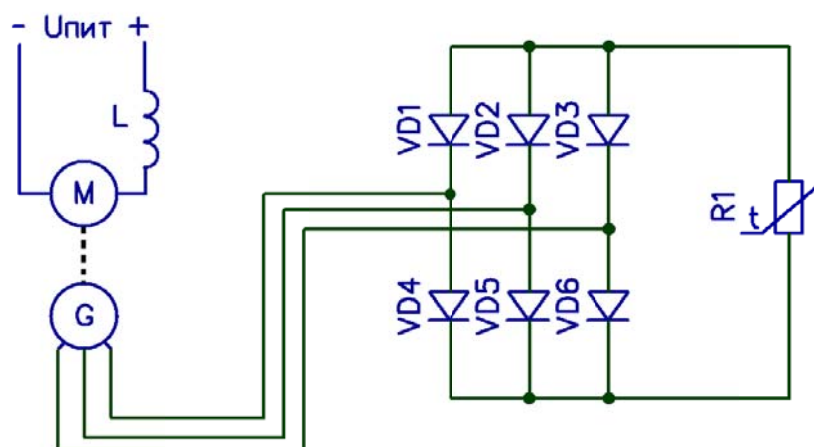


Рис. 3. Принципиальная схема экспериментальной установки

Для исследования формы сигнала генерируемого тока создана на экспериментальная установка, показанная на рис. 4. Она состоит из источника питания 1, который подключен к двигателю постоянного тока (далее ДПТ) 2.

ДПТ через соединительную муфту 4 соединен с бесколлекторным двигателем 3 (далее генератор). Три фазы генератора подключены ко входу выпрямителя 5. К выходу выпрямителя подключен нагревательный элемент 6.

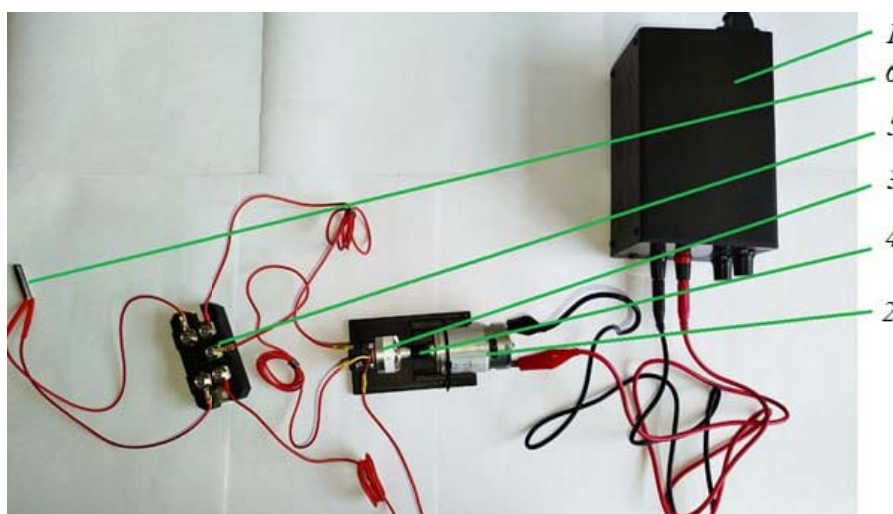


Рис. 4. Экспериментальная установка

Установка работает следующим образом. При включении источника питания 1 подается напряжение на ДПТ 2. Крутящий момент ротора ДПТ передается через соединительную муфту 4 на вал ротора генератора 3. При вращении ротора генератора вырабатывается переменный ток, который проходит через выпрямитель тока 5 и поступает на нагревательный элемент 6.

Для того, чтобы снять показания и осциллограмму одной из фаз генератора был использован низкоомный резистор, параллельно к которому подключен осциллограф (рис 5).

Полученная осциллограмма переменного тока (рис. 6) показывает синусоидальную фор-

му сигнала со «ступеньками». Это может быть из-за того, что в бесколлекторных моторах используются постоянные магниты на роторе и катушки на статоре. При вращении ротора магнитное поле пересекает катушки, создавая ЭДС (электродвижущую силу). Однако из-за дискретного расположения катушек и магнитов форма сигнала может быть не идеально синусоидальной, а иметь ступенчатый характер. Также на графике довольно четко видны перепады напряжения в начале каждой ступеньки. Это может быть связано с переходными процессами при переключении фаз.

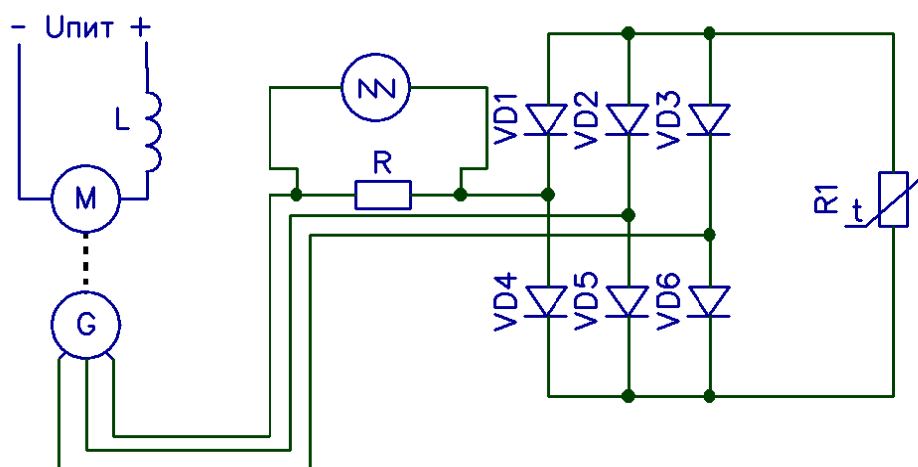


Рис. 5. Схема установки для измерения напряжения на выходе генератора

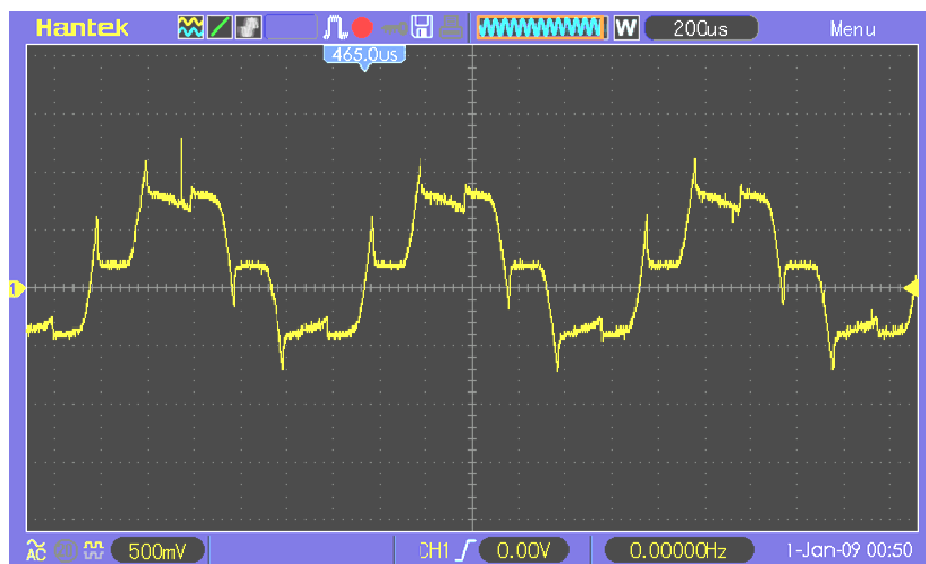


Рис. 6. Осциллограмма одной из фаз генератора

Для того, чтобы снять показания и осциллограмму выпрямленного тока генератора, был использован маломощный резистор на выходе

выпрямителя, параллельно к которому подключен осциллограф (рис. 7).

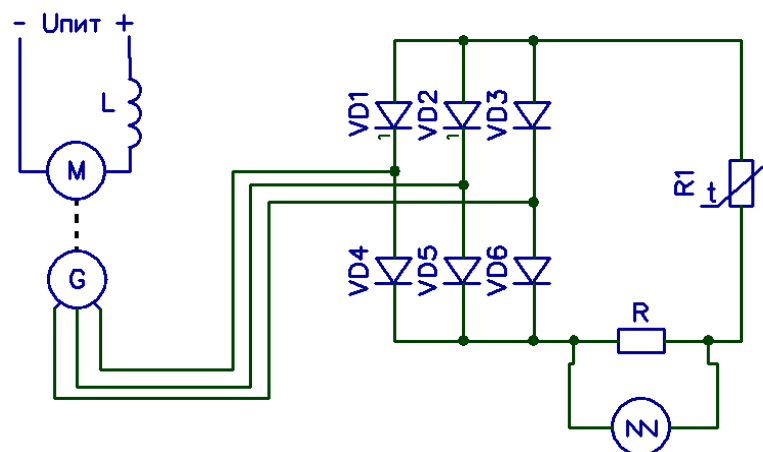


Рис. 7. Схема установки для измерения напряжения на выходе выпрямителя

Полученная осциллограмма переменного тока (рис. 8) показывает пилообразную форму изменения сигнала. Это говорит о том, что ток

имеет некоторые колебания, хотя их амплитуда небольшая.

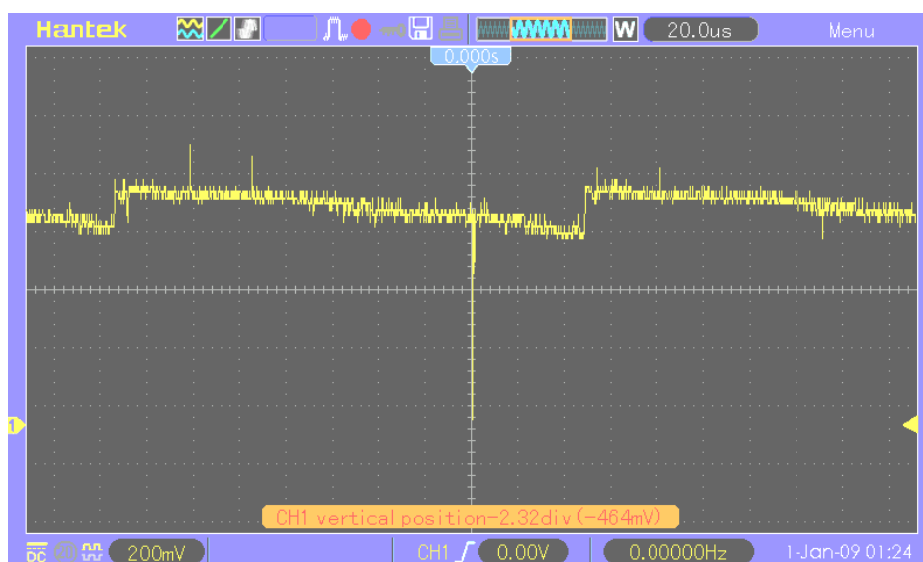


Рис. 8. Осциллограмма на выходе выпрямителя тока

Для того, чтобы избавиться от гармоник тока можно использовать LC-фильтр или на выходе выпрямителя стабилизатор напряжения [1].

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 / Вартапетов Э. А., Маранджян А. М., Гамбарян М. А. [и др.] ; заявитель Ереванский научно-исследовательский проектный институт автоматизированных систем управления городом. – EDN MNBULK.
2. Генералов, И. А. Система управления малогабаритным генератором для подзарядки аккумуляторов / И. А. Генералов, А. А. Курилова // Известия ВолгГТУ :

научный журнал № 1 (296) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2025. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – С. 62–65. – DOI: 10.35211/1990-5297-2025-1-296-62-65.

3. Емельянов, А. Н. Экспериментальный стенд для исследования мощности бесколлекторного двигателя в режиме генератора / А. Н. Емельянов, О. П. Батку, Ю. В. Огородникова // Инновационное развитие науки и образования : сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч., Пенза, 12 июня 2019 года / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. – Том 1. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. – С. 44–48. – EDN ZRSZBZ.

4. 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.