

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

И.А. Селезнев

seleznevia@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Разработан электромеханический стенд из дешевых компонентов для исследования характеристик электродвигателя. Стенд позволяет проводить испытания электродвигателей постоянного тока и отработать методику получения скоростной моментной характеристики с помощью инерционного нагружения. Основной задачей работы является отработка программных и аппаратных решений для применения в гусеничных мобильных роботах малой категории и испытательных стендах.

Ключевые слова

Транспортные машины, электропривод, электротрансмиссия, мобильные робототехнические комплексы, испытательный стенд, эксперимент

Поступила в редакцию 05.04.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Введение. В настоящее время, мобильные робототехнические комплексы (МРК) находят применение во многих областях деятельности человека и развиваются быстрыми темпами. Это обусловлено высокими достижениями в информатике и электротехнике, а также широким распространением и доступностью электронных компонентов, программного обеспечения, механических устройств и узлов. Особый интерес представляют МРК с гусеничным движителем, использование которого обеспечивает ряд преимуществ, что расширяет функциональность комплекса. Наибольшее применение в качестве двигателя в таких системах получили электродвигатели (ЭД) постоянного тока.

При проектировании и конструировании гусеничных машин (ГМ) с электротрансмиссией необходимо знать характеристики применяемого ЭД, для проведения тягового расчета — его моментные и скоростные характеристики [1]. Для управления скоростью движения и радиусом поворота актуальной задачей является определение с высокой точностью частоты вращения вала ЭД. Получение экспериментальных характеристик ЭД возможно при применении специальных испытательных стендов. Однако в связи с малыми массогабаритными параметрами исследуемых механизмов и высокой стоимостью профессиональных испытательных систем целесообразным представляется разработка и создание собственного испытательного стола. В рамках данной научной работы построен испытательный стенд для регистрации скоростной характеристики ЭД постоянного тока без применения дорогостоящих операций и узлов, а также отработана методика проведения испытаний.

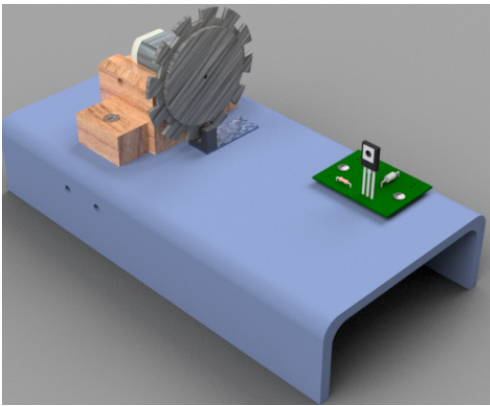


Рис. 1. Общий вид установки

Описание установки. Общий вид установки представлен на рис. 1. Испытательная установка (рис. 2) представляет собой станину 1 с закрепленной на ней опорой 2, в которой фиксируется испытываемый ЭД 3. Для того чтобы получить плавные характеристики разгона и торможения, на вал ЭД с помощью винта М2 крепится инерционная масса в виде маховика, который также является диском оптического прерывателя 4.

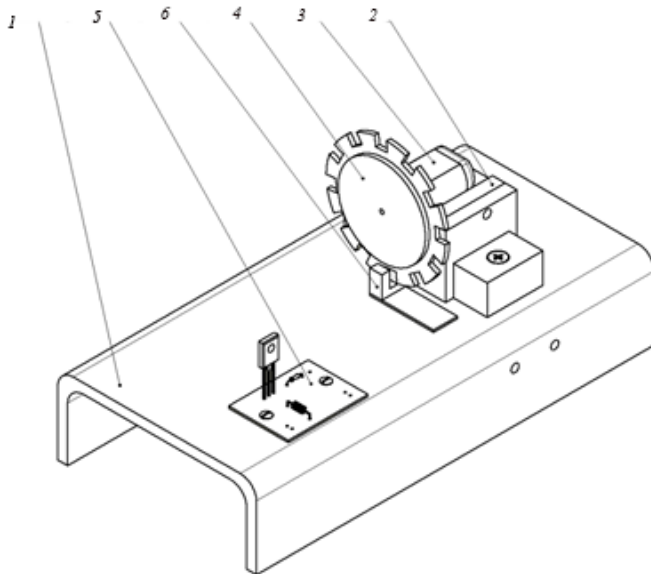


Рис. 2. Устройство испытательного стола

Маховик (рис. 3) выполнен из стали на токарно-винторезном станке. Его форма связана с особенностями работы оптического датчика. В данной установке применяется датчик барьерного типа, у которого излучатель и приемник расположены в разных корпусах напротив друг друга. При вращении диска специальной формы световой пучок, испускаемый светодиодом на фотоэлемент, прерывается зубьями, что позволяет получить информацию о скорости вращения вала ЭД. Для управления питанием ЭД разработана специальная плата.

Данная плата (см. рис. 2, поз. 5) собрана на основе транзистора КТ972А (рис. 4) структуры *n-p-n*. Транзистор Q1 выступает в роли электронного ключа для управления силой тока в цепи нагрузки [2]. Резистор R1 применяется для ограничения тока на базе транзистора. Диод D1, в свою очередь предохраняет компоненты от ЭДС самоиндукции, возникающей в обмотках ЭД [2].

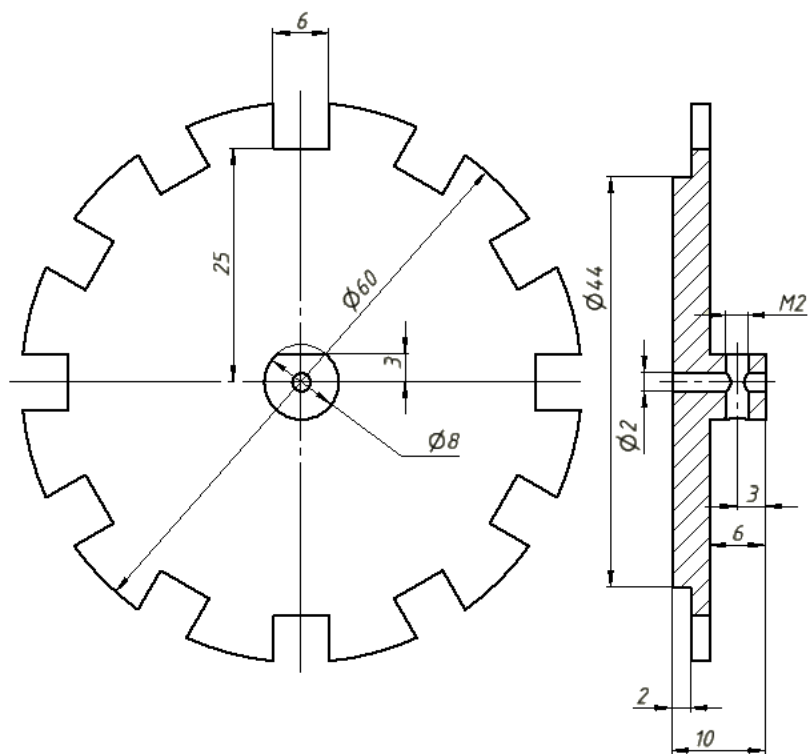


Рис. 3. Конструкция маховика

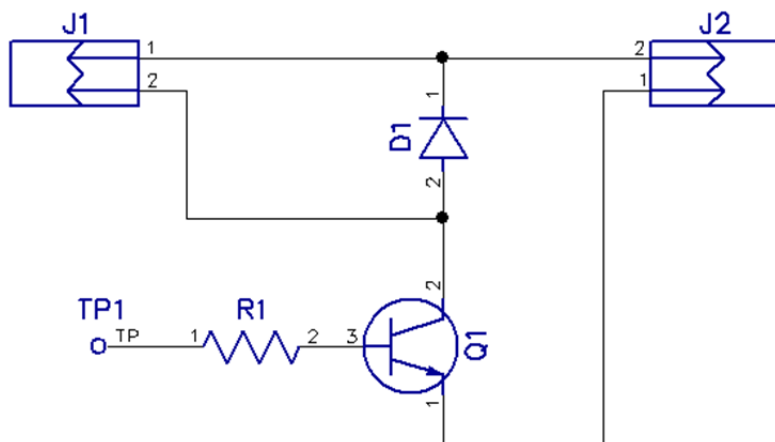


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема

Проектирование платы — разработка электрической схемы (см. рис. 4), печатной платы (рис. 5), а также трехмерное представление (рис. 6) — осуществлялось в программной среде DipTrace. Плата была изготовлена по так называемой «Лазерно-утюжной технологии». Суть этого метода заключается в том, что дорожки печатной платы, напечатанные на обычном лазерном принтере, переносятся на лист одностороннего текстолита толщиной 1 мм с помощью нагретого утюга. Затем в химическом растворе вытравляется вся лишняя медь с поверхности платы, в ре-

зультате чего остаются лишь дорожки, защищенные чернилами. Таким образом можно изготовить плату любой конфигурации, не прибегая к сложным и дорогостоящим технологиям.

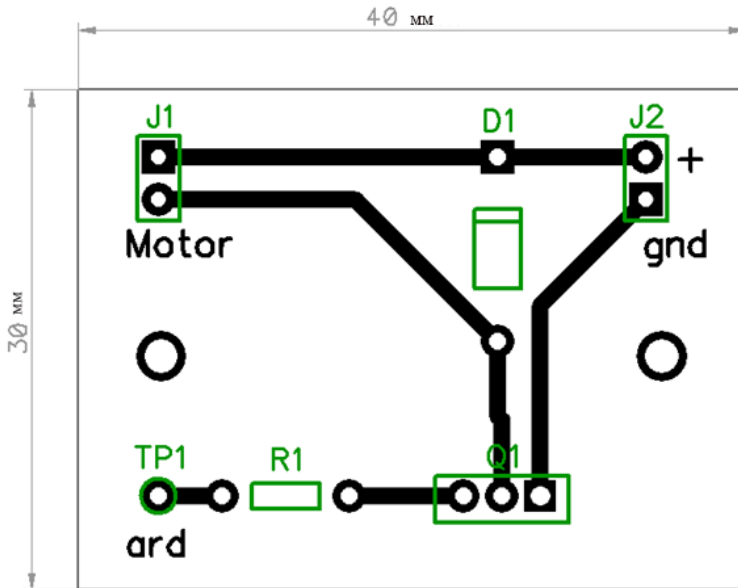


Рис. 5. Печатная плата

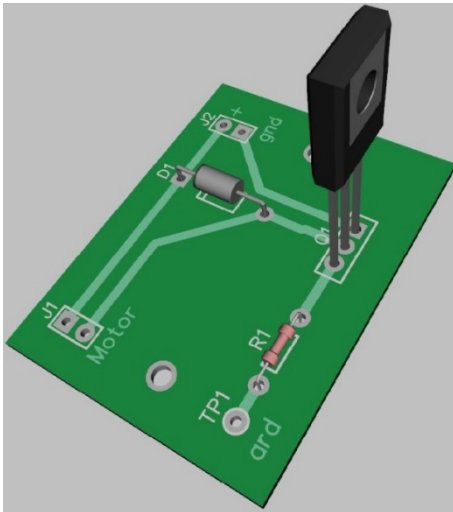


Рис. 6. Плата управления ЭД в сборе

Питание всей установки осуществляется компьютерным блоком питания с выходным стабилизированным напряжением 5 В, управление — микроконтроллером Arduino UNO. Arduino — это небольшая плата с собственным микропроцессором и памятью. Такие платы широко применяются и имеют низкую стоимость. На плате имеются шесть аналоговых выходов, которые не были задействованы в данной установке, и 14 цифровых, два из которых осуществляют питание оптического датчика. Один из них соединен с выводом датчика, настроенного на прерывание, что позволяет контроллеру собирать данные о частоте прерываний. Эти данные поступают в компьютер для обработки. Еще один выход контроллера, соединенный с базой транзистора, подключается к выводу платы управления. Подачей сигнала на этот контакт осуществляется управление питанием ЭД. Управляющий сигнал, генерируемый микропроцессором, задается программным кодом, написанным на языке C++ в программной среде Arduino 1.8.2 [3] и загруженной в память контроллера.

Общая схема подключения электрооборудования приведена на рис. 7. Вся испытательная установка компактна и имеет небольшие размеры (рис. 8).

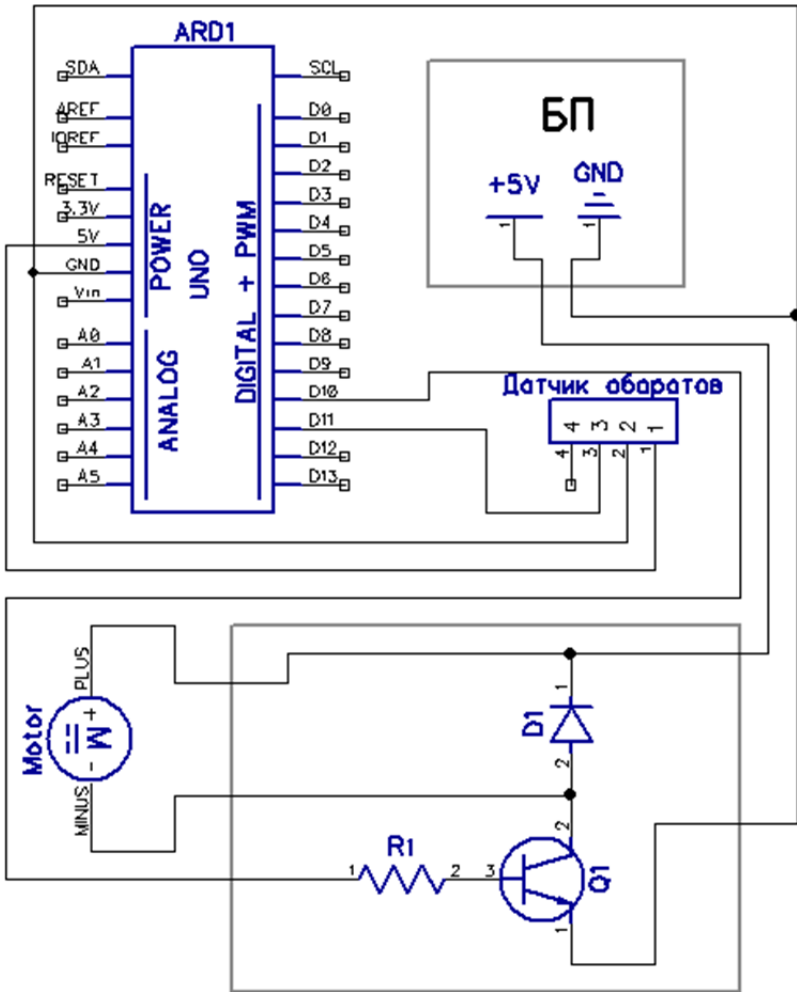


Рис. 7. Электрическая схема подключения установки

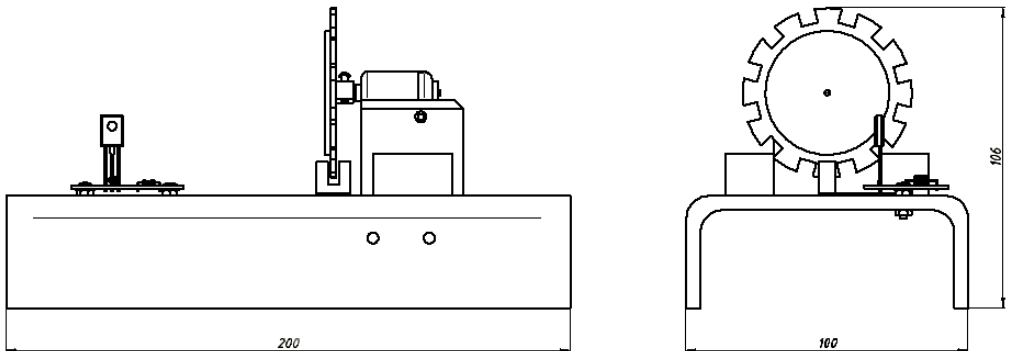


Рис. 8. Габаритные размеры установки

Результаты испытаний. На разработанном стенде (рис. 9) были проведены испытания ЭД. В ходе эксперимента испытываемый ЭД находился в режиме разгона в течение 5 с, после чего питание двигателя отключалось и далее ЭД продолжал вращаться за счет инерционных сил маховика, останавливаясь под действием сил сопротивления вращению. В течение этого времени фотопрерыватель регистрирует данные, которые через микроконтроллер поступают для обработки в компьютер. Регулируя скважность управляющего сигнала микроконтроллера, на стенде получили частичные характеристики ЭД. Для этого управляющий сигнал задавали в процентном соотношении от полной мощности с шагом 10 %. Затем полученные данные обрабатываются пакетом программ MATLAB [5]. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать выводы о частоте вращения ЭД на внешней и частичных характеристиках и после их обработки, получить моментную характеристику испытываемого ЭД (рис. 10).

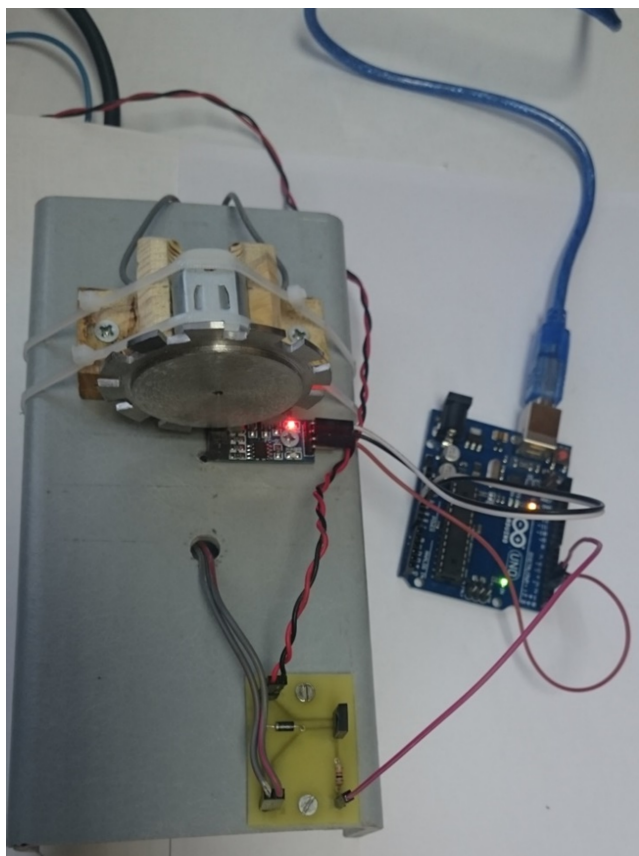


Рис. 9. Общий вид установки

В ходе испытаний были выявлены следующие ограничения стенда: из-за особенностей работы датчика и программы микроконтроллера невозможно зарегистрировать частоту вращения ЭД менее 200 и более 10 000 об/мин.

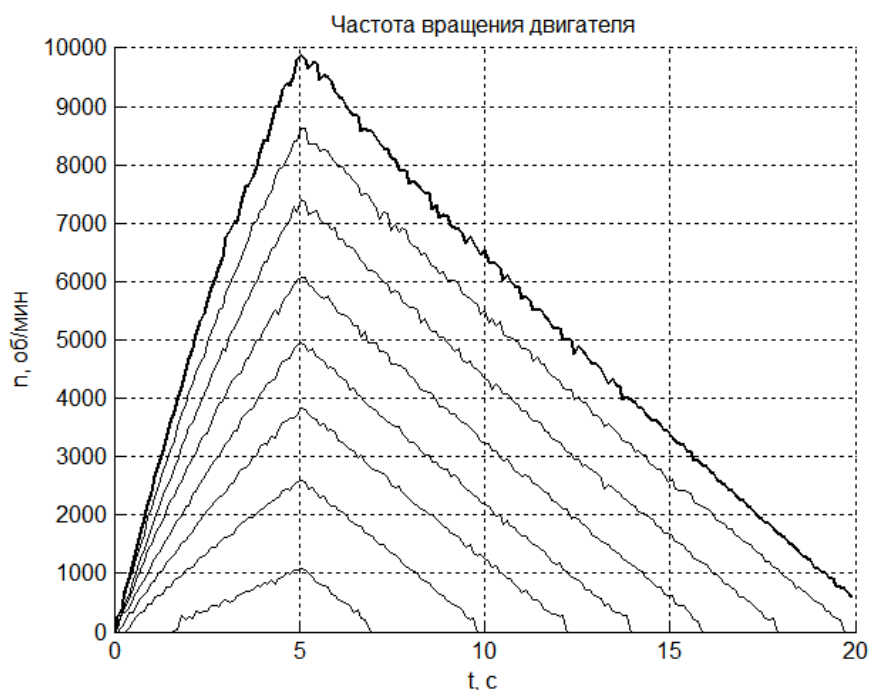


Рис. 10. График скоростных характеристик ЭД

Заключение. Разработан учебный стенд для испытаний ЭД постоянного тока без применения дорогостоящих компонентов с некоторыми ограничениями по скорости вращения. Получаемые скоростная и моментная характеристики позволяют сделать выводы о рациональности использования испытываемого ЭД в конструируемой системе.

Литература

- [1] Забавников Н.А. *Основы теории транспортных гусеничных машин*. Москва, Машиностроение, 1975, 448 с.
- [2] Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. *Электротехника*. Санкт-Петербург, БВХ-Петербург, 2012, 592 с.
- [3] *Arduino*. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (дата обращения 15.06.2017).
- [4] *DipTrace*. URL: <http://diptrace.com/rus> (дата обращения 14.06.2017).
- [5] *MATLAB*. URL: <http://matlab.ru/products/matlab> (дата обращения 15.06.2017).

Селезнёв Иван Алексеевич — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — А.А. Стадухин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR INVESTIGATING DIRECT CURRENT MOTOR CHARACTERISTICS

I.A. Seleznev

seleznevia@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

We designed an inexpensive electromechanical test bench for investigating direct current (DC) motor characteristics. The bench makes it possible to test DC motors and refine a technique of using inertial loading to plot the torque/velocity curve. The primary goal of our work is to debug software and hardware solutions to be used in small-scale track-laying mobile robots and test benches.

Keywords

Vehicles, electrical drive, electro-magnetic gearbox, mobile robotic systems, test bench, experiment

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Zabavnikov N.A. Osnovy teorii transportnykh gusenichnykh mashin [Basics of track vehicle theory]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1975, 448 p.
- [2] Borisov Yu.M., Lipatov D.N., Zorin Yu.N. Elektrotehnika [Electrical engineering]. Sankt-Peterburg, BVKh-Peterburg publ, 2012, 592 p.
- [3] Arduino. Available at: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (accessed 15 June 2017).
- [4] DipTrace. Available at: <http://diptrace.com/rus> (accessed 14 June 2017).
- [5] MATLAB. Available at: <http://matlab.ru/products/matlab> (accessed 15 June 2017).

Seleznev I.A. — student, Department of Multi-purpose Track-laying Vehicles and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — A.A. Stadukhin, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Multi-purpose Track-laying Vehicles and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.