УДК 629.1.03

Н. А. Шонохова,
аспирант
Я. Л. Либерман,
доц., канд. техн. наук
О. А. Лукашук,
доц., канд. техн. наук
Уральский федеральный университет,
Екатеринбург

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШНЕКОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Дано описание и анализ специальных систем управления, а также принцип выбора отдельных блоков системы для различных конструктивных разновидностей движителей: с регулируемым двигателем, с шаговым двигателем и с велосипедными мотор-колесами. Основная конструктивная особенность состоит в том, что двигатель внутри движителя остаётся неподвижным, а подвижным элементом конструкции является полое тело вращения с винтовой спиральной лентой.

Ключевые слова: шнековый движитель, шаговый двигатель, регулируемый двигатель, система управления.

CONTROL SYSTEMS FOR SCREW PROPELLERS

Description and analysis are given of special-purpose control systems for screw propellers. Principles for selecting separate units of a system to satisfy various designs of propellers are proposed: variable-speed motors, stepper motors, bicycle-type wheel-motors. The main design feature of those is their motor within the propeller remaining motionless while a hollow body of revolution with a helical spiral belt becoming a movable part of the design.

Keywords: screw propeller, stepper motor, variable-speed motor, control system.

Для производства работ на сильно заболоченных или заснеженных территориях обычно применяются специальные машины типа снегоболотоходов, оснащенных устройствами для взятия проб грунта, воды и газов, определения уровня радиации и пр. Основная отличительная особенность этих машин — наличие шнекового движителя. Такой тип движителей может использоваться как основной и вспомогательный.

Шнекороторный вездеход (шнекоход) — транспортное средство повышенной проходимости, движение которого осуществляется посредством шнекороторного (роторно-винтового) движителя. Конструкция движителя представляет собой два или более винта Архимеда из особо прочного материала, расположенных по бокам корпуса вездехода.

Машины, в которых используются шнековые движители, сложны в конструкции, для управления необходимо каждому движителю устанавливать свою понижающую передачу, так как в таких машинах используются высокооборотные двигатели. Также шнековые движители в устройствах выполняют полыми, что дает возможность перемещаться по воде, но не дает возможности размещения в движителях дополнительной или основной аппаратуры. Таким образом, возникает вопрос об уменьшении массы машины и ее габаритных размеров. Решением данного вопроса является размещение двигателя внутри движителя, что позволит уменьшить габаритные размеры [1–3].

Двигатели, используемые в конструкциях с мотор-колесами, имеют ограничение по мощности до 2 кВт. Для увеличения мощности проектируемых конструкций можно использовать малооборотные двигатели большей мощности, что позволит отказаться от понижающей ступени — таким может стать шаговый двигатель.

Разработанная логическая схема управления шаговым двигателем представлена на рис. 1. Она состоит из программируемого генератора импульсов (блок 1), счетчика импульсов, работающего на вычитание (блок 2), элементов «ИЛИ» (3), «И» (4), «запрета» (5) и кольцевого распределителя импульсов (блок 6).

На программируемый генератор импульсов (1) задается код скорости, далее управляющие сигналы поступают на элементы «И» (4 и 4о). Если на оба входа поступают одинаковые сигналы (оба 1 или оба 0), то на выходе элемента появляется сигнал 1. На счетчик импульсов работающий на вычитание (2) задается код перемещения. Каждый приходящий на него сигнал вычитается из заданного числа, когда счетчик становится пустым (количество сигналов равно нулю), управляющие

© Шонохова Н. А., Либерман Я. Л., Лукашук О. А., 2020

сигналы (1) от выхода счетчика перестают поступать на элемент «ИЛИ» (3). Элемент «ИЛИ» имеет количество входов, равное количеству выходов счетчика (2). Если на каком-либо из входов элемента «ИЛИ» появляется сигнал 1, то на выходе также появляется сигнал 1. Если счетчик импульсов (2) отключен, то для вращения двигателя без ограничений по количеству импульсов подается сигнал на элемент «И» (4о).

Если задан код перемещения, то сигналы поступают от генератора импульсов на элемент «И» (4). От него импульсы уходят на элементы запрета (5), от него на счетчик импульсов, и на элементы «И» (4*) и «запрет» (5*). Если на второй вход элемента «И» (4*) подается сигнал 1, то двигатель будет вращаться в обратном направлении (реверс). Далее сигналы поступают на кольцевой распределитель импульсов (6), который задает враще-

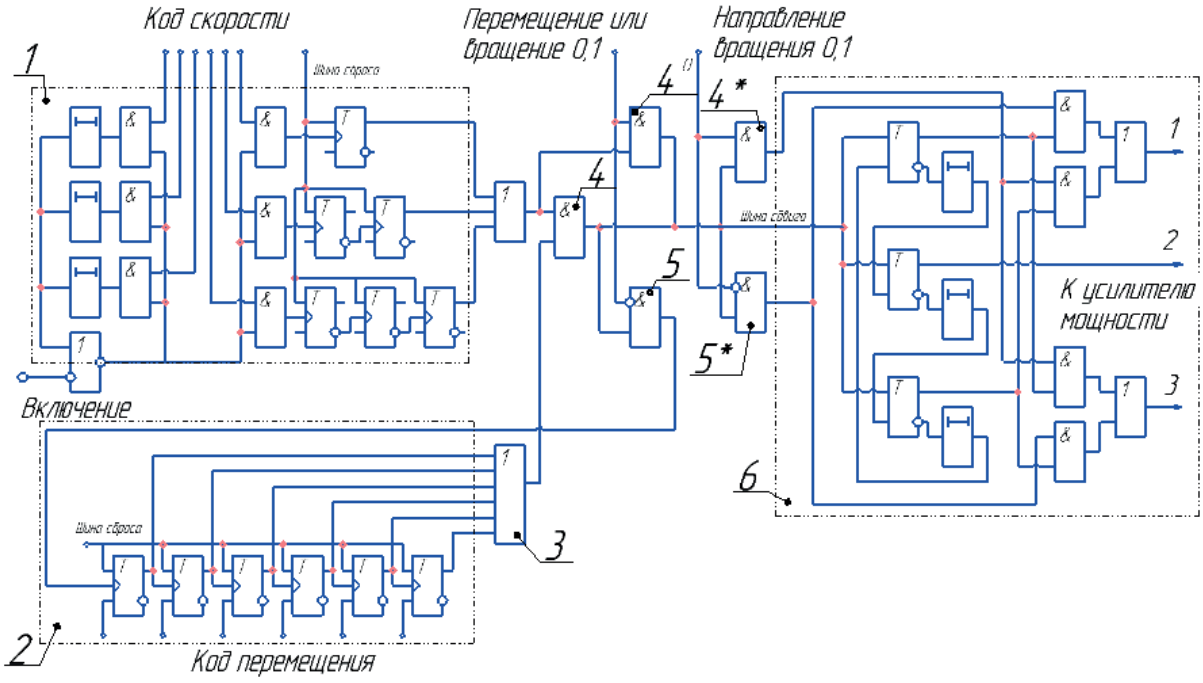

Рис. 1. Логическая схема управления шаговым двигателем

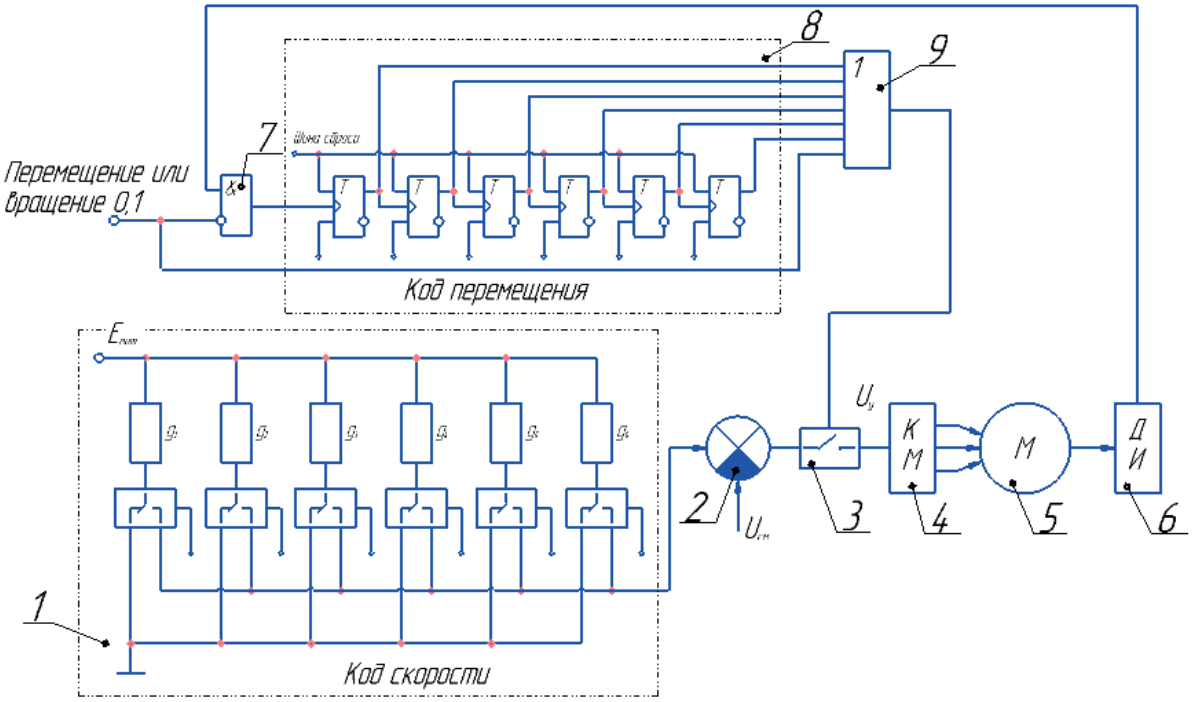

Рис. 2. Логическая схема управления регулируемым двигателем

ние, от него на усилитель мощности (7), так как управляющие сигналы малой мощности, далее на шаговый двигатель (8).

Особенностью данной блок-схемы является то, что в ней используется кольцевой распределитель импульсов, при помощи которого задается направление вращения двигателем.

Блок-схема управления регулируемым двигателем представлена на рис. 2. Схема состоит из преобразователя «код-напряжение» (1), элемента вычитания (2), аналогового ключа (3), контроллер мотора (4), регулируемого двигателя (5), датчика импульсов (6), элемента запрета (7), счетчика импульсов (8) и элемента «ИЛИ» (9).

На преобразователь (1) задается код скорости, на его выходе получается значение напряжения, которое проходя через элемент вычитания (2), соответствует направлению вращения двигателя. Далее напряжение поступает на аналоговый ключ (3), который необходим для замыкания цепи. Управление ключом (3) осуществляется непосредственно сигналом от элемента «ИЛИ» (9). Далее сигналы идут на контроллер мотора (4), а от него на регулируемый двигатель (5). Контроллер мотора (4) расположен внутри корпуса мотор-колеса, но в схеме рассматривается как отдельный элемент. На выходном валу двигателя или редуктора установлен датчик импульсов (6). Он необходим для контроля числа оборотов двигателя (для перемещения по траектории). От датчика импульсов (6) сигналы поступают на элемент запрета (7), далее на счетчик импульсов (8) и элемент «ИЛИ» (9). Если с датчика импульсов (6) на элемент запрета сигналы не поступают, то двигатель останавливается.

Если на вход «Вращение 0,1» подать управляющий сигнал «единица» и от датчика импульсов сигналы не будут поступать, то сигнал пойдет непосредственно на элемент «ИЛИ» (9) и двигатель будет вращаться без ограничения числа оборотов.

Импульсно-шаговые системы с мотор-спиралями на шаговых двигателях дают возможность строить малогабаритные снегоболотоходы большей грузоподъемности (по крайней мере раза в 1,5–2), чем аналогичные машины со счетно-импульсными системами и мотор-спиралями на велосипедных мотор-колесах.

Список литературы

1. *Шонохова Н. А.* Конструктивные особенности шнековых движителей и обоснование их выбора в различных эксплуатационных условиях / Н. А. Шонохова, Я. Л. Либерман, О. А. Лукашук // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. трудов XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека», 4–5 апр., 2019 г., г. Екатеринбург. — Екатеринбург : УГГУ, 2019. — С. 469–472.

2. Шнековый движитель : пат. № 167625 Рос. Федерация : F16S / Либерман Я. Л., Шонохова Н. А. ; патентообладатель Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 28.03.2016 ; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1.

3. Шнековый движитель : пат. № 161941 Рос. Федерация : F16S / Либерман Я. Л., Шонохова Н. А. ; патентообладатель Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 21.12.2015 ; опубл. 20.05.2016. Бюл. № 14.