

УДК 621.3.032.269.2: 629.782.03-56

С.Н. ПЛАСТУНОВА, студент гр.5АМ16 (ТПУ)
 Научный руководитель Н.А. ВОРОНИНА, к.т.н., доцент (ТПУ)
 г. Томск

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА

С развитием космической отрасли к космическим аппаратам (КА) предъявляются все более высокие требования. Так, КА должен бесперебойно работать на протяжении длительного периода времени, находясь в космосе, без необходимости в техническом обслуживании, а информация, снимаемая с его приборов должна быть точна для дальнейших расчетов. Кроме того, для обеспечения полетов на более длинные расстояния КА должен иметь приемлемые массогабаритные параметры, позволяющие снизить количество сжигаемого топлива при пуске.

Таким образом, существует потребность в улучшении системы управления космического аппарата и замены некоторых его частей с повышенными технико-экономическими показателями.

В связи с этим одной из проблем разработки является внедрение бездатчикового управления двигателем-маховиком, находящимся в системе ориентации и стабилизации КА.

При данном варианте регулирования, как правило, используется бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ), имеющий трапециально-дальнюю форму ЭДС, которая удобна для анализа соответствующих сигналов при косвенном определении положения ротора. Структурная схема представлена на рис. 1.

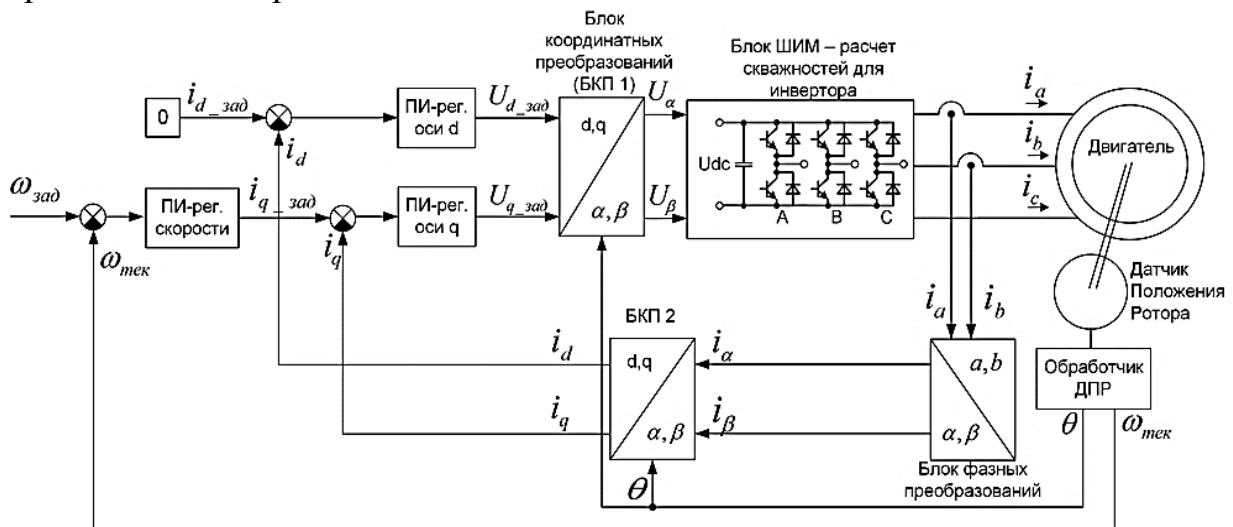


Рис. 1. Структурная схема системы управления БДПТ

Для определения положения ротора и управления коммутацией ключей инвертора двигателя используются прямые методы измерения (с помощью датчиков Холла, вращающихся трансформаторов, энкодеров). Но данные устройства являются чувствительными к заряженным частицам, перемещающимся в космическом пространстве, соответственно, результаты измерения имеют погрешность, которая влияет на работу двигателя. Кроме того, эти датчики недостаточно надежны.

Замена способа нахождения угла положения ротора на косвенный способна решить данные проблемы.

Целью исследования является моделирование системы управления двигателем в программной среде MatLab с использованием датчиков Холла для прямого измерения положения ротора, а также с бездатчиковым управлением по сигналу ЭДС машины. И также проведения сравнительного анализа результатов моделирования.

Моделирование системы управления реализуется согласно структурной схемы (рис. 1) с учетом стандартных допущений при создании математической модели двигателя [1]. Математическая модель двигателя представлена системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} e_1 = [\omega F \sin \varphi] \cdot \left(\frac{3}{\pi}\right)^2 \cdot p; \\ e_2 = \left[\omega F \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right] \cdot \left(\frac{3}{\pi}\right)^2 \cdot p; \\ e_3 = \left[\omega F \sin \left(\varphi + \frac{2\pi}{3} \right) \right] \cdot \left(\frac{3}{\pi}\right)^2 \cdot p; \\ M_{эм} = pF \left[I_1 \sin \varphi + I_2 \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) + I_3 \sin \left(\varphi + \frac{2\pi}{3} \right) \right]; \\ M_{эм} - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \end{cases}$$

где e_1, e_2, e_3 - значения ЭДС фаз; F - магнитный поток постоянных магнитов; p - число пар полюсов; $M_{эм}$ - электромагнитный момент двигателя, M_c - момент сопротивления, J - момент инерции, I_1, I_2, I_3 - значения токов соответствующих фаз.

Реализация датчиков Холла формируется на логических элементах (рис. 2), измеряющих угол между магнитными полями ротора и статора каждые 60 электрических градусов и осуществляющих переключение коммутируемых фаз.

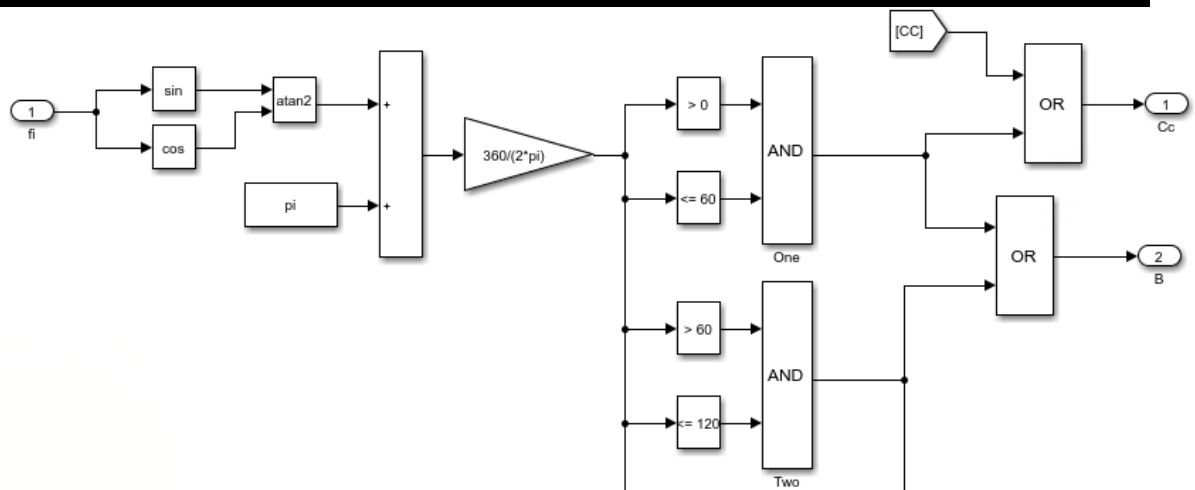


Рис. 2. Фрагмент модели датчика Холла

Бездатчиковое управление является альтернативной заменой датчикам Холла. В MatLab такой метод измерения угла положения реализуется с помощью блока *S-function Builder*. В нем на языке Си прописана программа, сравнивающая сигнал противо-ЭДС свободной фазы двигателя с половиной опорного напряжения. В результате чего осуществляется подача ШИМ-сигнала на ключи инвертора, соответствующего результату сравнения.

Переходные процессы при разгоне двигателя, полученные с использованием двух способов управления, приведены на рис. 3, 4.

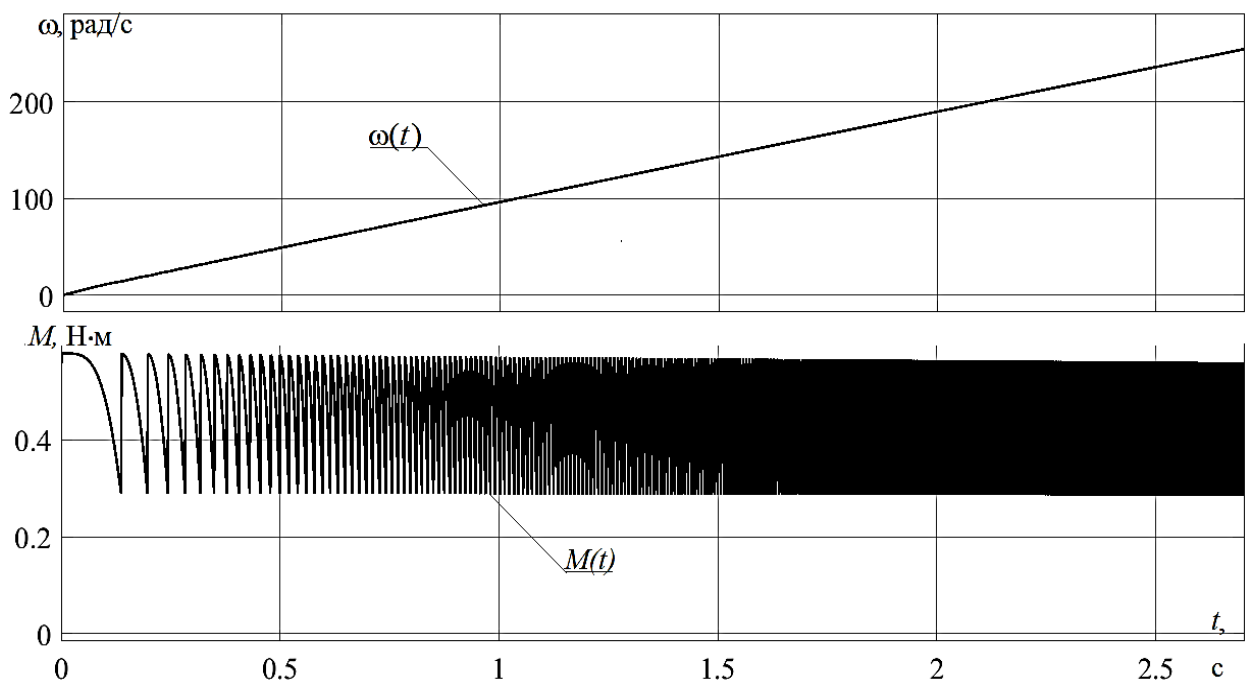


Рис. 3. Переходные процессы разгона БДПТ с датчиком Холла при разгоне

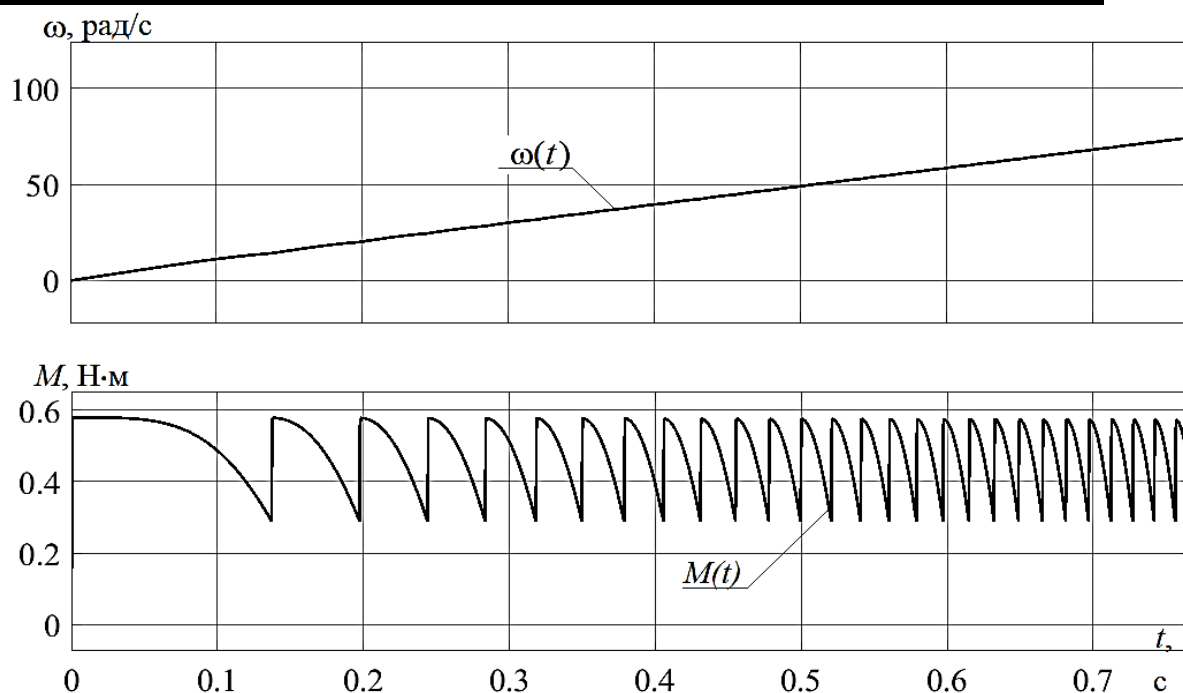


Рис. 4. Переходные процессы разгона БДПТ с бездатчиковым управлением при разгоне

Из рис. 3, 4 следует, что разгон двигателя при применении обоих методов измерения осуществляется корректно, и сигнал о положении ротора вовремя считывается и подается на ключи инвертора.

Использование бездатчикового управления позволяет добиться более точной работы системы управления двигателем, уменьшить массогабаритные показатели космического аппарата и не требует затрат на техническое обслуживание, при этом при его применении не наблюдается колебаний скорости, а показатели переходных процессов приблизительно равны даже на низких скоростях вращения [3]. А колебания динамического момента находятся в допустимом диапазоне от 0,3 до 0,6 Н·м.

Список литературы:

1. Митрофаненков Ю.Н. Разработка бездатчикового управления вентильно-индукторной машиной: диссертация. Москва 2015 – 157 с.
2. Управление бесколлекторным двигателем по сигналам обратной [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/390469/> (Дата обращения: 02.02.2021)
3. Пластунова, С.Н. Моделирование систем управления исполнительного органа космического аппарата / С.Н. Пластунова. – Текст: электронный // Сборник докладов XLVII Международной научно-практической

конференции Малой академии наук Республики Казахстан «Интеграция образования и науки – шаг в будущее», посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан и 30-летию Инновационного Евразийского университета. – 2021. – С. 50-52.

Информация об авторах:

Пластунова Софья Николаевна, студент гр. 5АМ16, ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, snp4@tpu.ru

Воронина Наталья Алексеевна, к.т.н., доцент, ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, voronina@tpu.ru