

Выбор системы управления орбитальным электроприводом муфты пресса

БОГДАНОВ А.О., ЛИТВИНЕНКО А.М.

В современных кривошипных прессах широко применяется пневматический привод муфты и тормоза. Он имеет небольшой (примерно 5%) коэффициент полезного действия (КПД), поэтому использование приводит к дополнительным расходам. Авторами предлагается орбитальный электропривод муфты кривошипного пресса, исключая использование пневматических цилиндров с низким КПД и тем самым повышающий эффективность работы системы. Проведено сравнение системы управления для орбитального электропривода муфты кривошипного пресса с помощью моделирования в среде Matlab и с проведением эксперимента на физической модели.

Ключевые слова: орбитальный электропривод, кривошипный пресс, муфта, КПД, частотное управление

В современных кривошипных прессах получил широкое распространение пневматический привод муфты и тормоза. Использование такого привода с КПД около 5 % ведет к ряду дополнительных расходов на покупку компрессорной станции и ее обслуживание.

Впервые идея отказа от пневматических систем в пользу электромеханических в приводе муфты пресса была предложена проф. Сафоновым А.В. (МГТУ им. Н.Э. Баумана) [1]. Система обладала как рядом преимуществ по сравнению с пневматическими системами, так и недостатков из-за сложности механической части.

Авторами [2, 3] была разработана система орбитального электропривода муфты пресса, способная полностью заменить пневматический привод. Орбитальный электропривод состоит из нескольких модулей (два и более) и одного общего статора. Каждый модуль, работающий на «свою» пружину муфты, состоит из ротора, редуктора и выдвижного штока, схема показана на рис. 1.

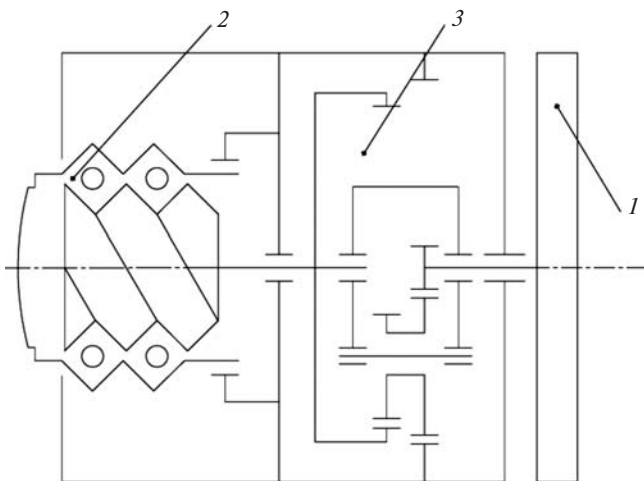


Рис. 1. Схема модуля: 1 – ротор; 2 – выдвижной шток; 3 – редуктор

Орбитальный электропривод муфты создан на основе торцевого асинхронного двигателя. К такому типу устройств в данном режиме работы предъявляются специфические требования: минимальное время срабатывания, максимальный момент.

Для выявления конструктивных особенностей ротора торцевого двигателя был сделан его макет и проведена серия экспериментов [3]. Выбор торцевого двигателя обусловлен также его компактными размерами по сравнению с обычным асинхронным двигателем и открытым корпусом, способствующим лучшему охлаждению.

Существуют различные способы управления асинхронным двигателем — прямой, реостатный, частотный, импульсный и др. Самый простой в реализации — прямой пуск, но под наши требования подходит также частотный способ управления с использованием частотного преобразователя.

Прямой пуск является самым распространённым способом управления, однако не самым эффективным. Его применение и неконтролируемая производительность создают ряд проблем, таких как провалы напряжения, высокое энергопотребление, снижение КПД, электродинамические и термические воздействия, которые сокращают срок службы двигателя.

Частотный способ управления имеет ряд преимуществ, таких как формирование различных пусковых характеристик двигателя (плавный пуск, реверс, торможение, остановка), гибкое управление режимами работы двигателя в соответствии с технологическим процессом, защита электрического и механического оборудования от аварийных режимов, оптимизация пусковых и тормозных моментов для безударных разгонов и остановок и др.

Для того чтобы понять, какой способ управления предпочтительнее для орбитального электропривода муфты пресса, были построены модели [4]

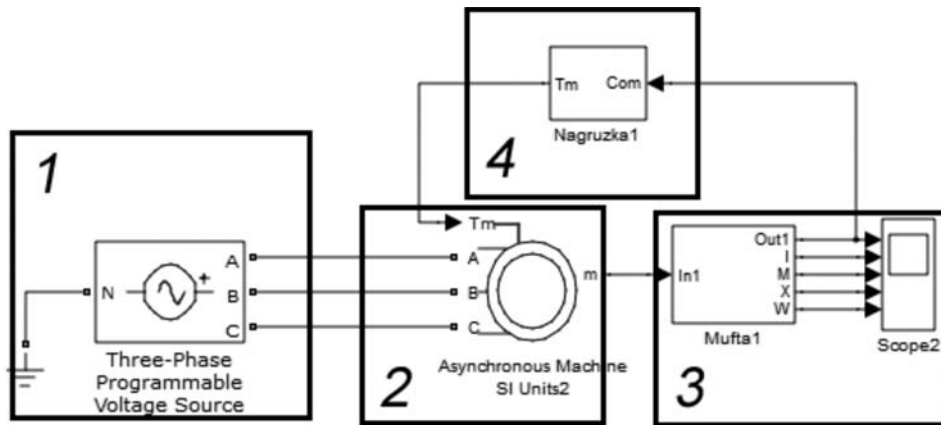


Рис. 2. Система с прямым пуском: 1 – источник питания 380В/50Гц; 2 – модель двигателя с заданными параметрами; 3 – модуль муфты; 4 – нагрузка

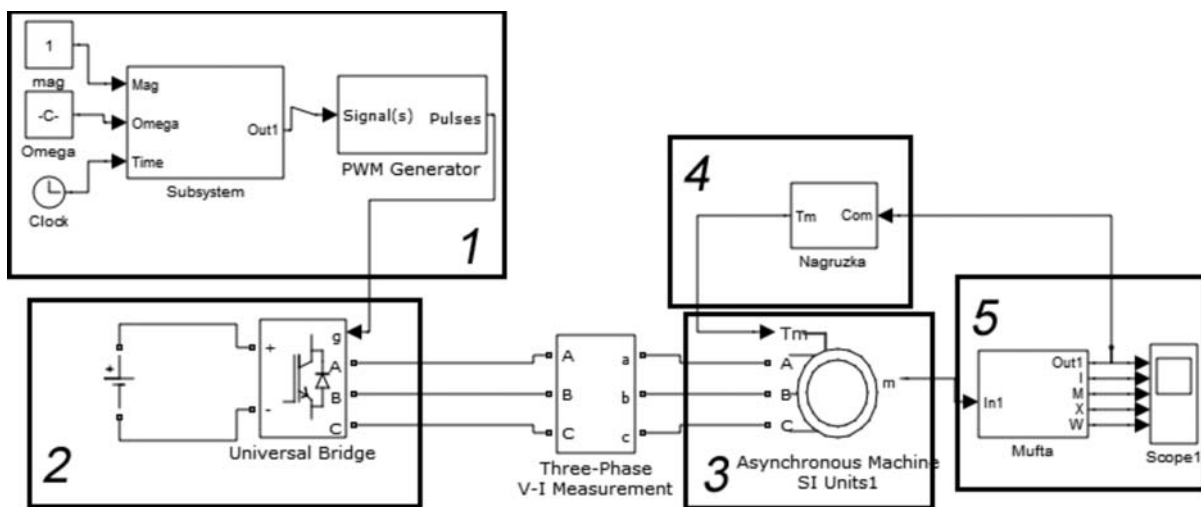


Рис. 3. Система с частотным управлением: 1 – блок скалярного управления; 2 – инвертор с источником постоянного напряжения; 3 – модель двигателя с заданными параметрами; 4 – нагрузка; 5 – модуль муфты

в среде MATLAB (рис. 2 и 3). Целью моделирования является построение характеристик для одного модуля орбитального электропривода муфты прессы с различными способами управления.

Механическая часть муфты в модели выполнена в виде редуктора, преобразующего вращение в поступательное движение. Основная нагрузка на муфту – перемещение нажимного диска и сжатие пружин, с помощью которых нажимной диск муфты возвращается в исходное положение.

В стандартную модель были введены параметры, характерные для торцевого [5] орбитального электропривода: коэффициент перекрытия, сопротивления и индуктивности, взаимная индуктивность и т.д.

По результатам моделирования были получены сравнительные графики двух систем управления (рис. 4). Моделирование проводилось при ходе привода в рабочее положение без возвращения в исходное.

По графикам видно, что момент на валу двигателя у системы с частотным управлением чуть

больше, чем у системы с прямым пуском. Ток при разгоне у системы с прямым пуском меньше, набор скорости более интенсивный у системы с частотным пуском, поэтому за одно и то же время ход выдвижного штока больше.

Для проведения эксперимента был построен макет кривошипного прессы в масштабе 1:225 с использованием орбитального электропривода муфты прессы с одним модулем.

Макет представляет собой статорную систему, состоящую из нескольких катушек, ротор вращается по орбите; схема макета показана на рис. 5. В качестве однозубцовых обмоток статора использовались катушки с магнитопроводом Ш-образной формы, с габаритами 60'42'28 мм. Радиус ротора 75 мм, радиус орбиты ротора 85 мм. Ротор состоит из алюминиевой и стальной частей, которые скреплены между собой стальными болтами.

Эксперимент включал прямой пуск двигателя без нагрузки и частотное управление. Данные экспериментов были получены с помощью цифрового осциллографа Актаком АСК-2034, который изме-

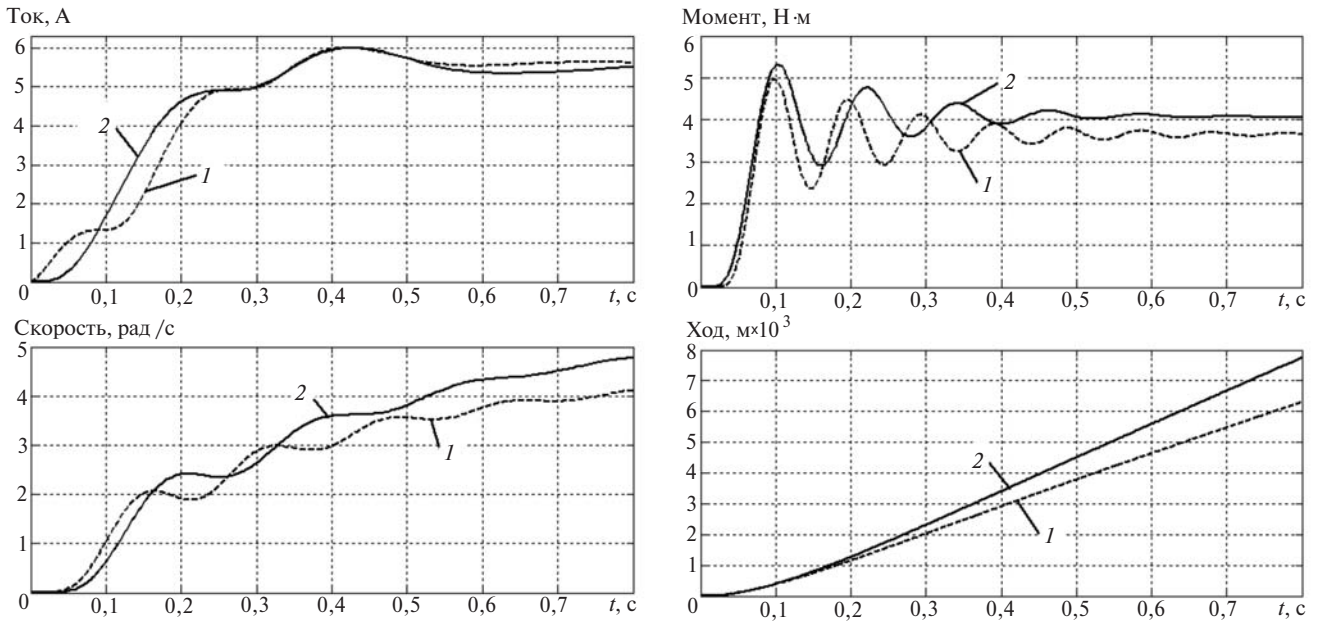


Рис. 4. Результаты моделирования: 1 – система с прямым пуском; 2 – частотным управлением

рял напряжения на ДПМ-25, используемом в качестве датчика скорости, и напряжение на шунте 75ШИП1-10-0,5, установленном в одной из фаз питания статора. Для системы прямого пуска использовалась трехфазная сеть 380 В, 50 Гц, для системы с частотным управлением — частотный преобразователь серии ATV 31. Результаты экспериментов показаны на рис. 6.

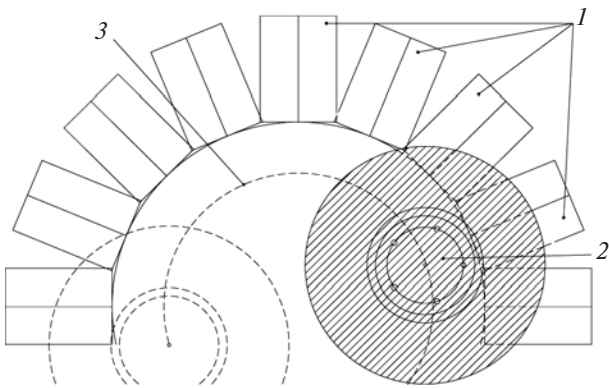


Рис. 5. Экспериментальная установка орбитального электропривода муфты пресса: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – орбита движения ротора

Данные эксперимента отличаются от результатов моделирования. Это объясняется тем, что при моделировании использовалась идеальная модель орбитального электропривода, в которой некоторые параметры не учитывались. В эксперименте погрешность измерительных приборов, температура окружающей среды, неидеальная частота питающей сети влияют на результаты. Тем не менее, между моделированием и экспериментом есть сходство – в обоих случаях преимущество за частотным управлением.

Результаты моделирования показали, что система с частотным управлением обеспечивает примерно на 0,05 с более быстрое нарастание тока и примерно с той же интенсивностью — нарастание скорости, т.е. приводит к более интенсивному нарастанию момента и обеспечивает запас хода штока. Это подтверждают и результаты эксперимента на физическом макете, показавшие приблизительно 15%-е увеличение скорости для системы с частотным управлением.

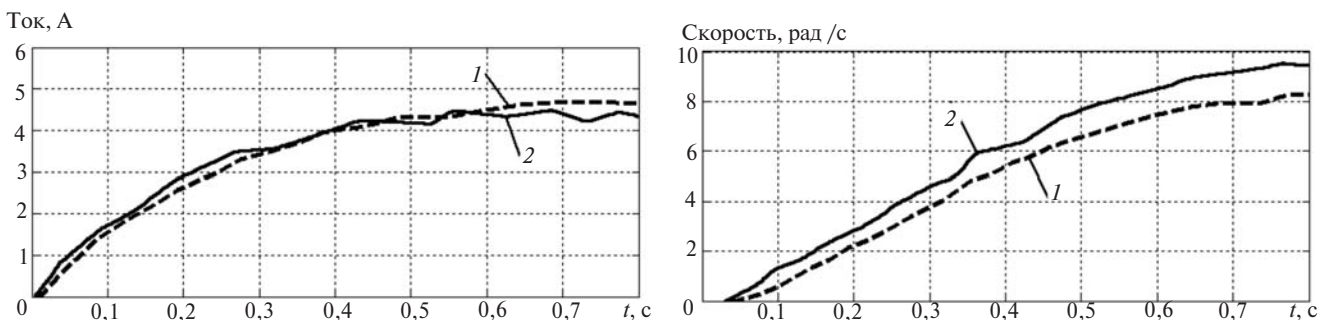


Рис. 6. Результаты реального эксперимента: 1 – для системы прямого пуска; 2 – для системы с частотным управлением

Таким образом, можно сделать вывод, что для управления орбитальным электроприводом муфты предпочтительнее система частотного управления. Основным преимуществом в данном случае является возможность интенсивного пуска двигателя, что необходимо для оптимальной работы муфты кривошипного пресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов А.В. Новая энергосберегающая и экологически чистая электромеханическая система управления кузнечно-прессовым оборудованием. — Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением, 2002, № 2, с. 19–23.
2. Пат. 2504475 (РФ). Привод муфты пресса / А.М. Литвиненко, В.А. Крук, Г.В. Воскресенский— БИ, 2014, № 2.
3. Литвиненко А.М., Богданов А.О. Исследование роторного элемента орбитального привода муфты кривошипного пресса. — Электричество, 2014, № 8, с. 51–55.

4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0: Учебное пособие. — СПб.: КОРОНА, 2001, 320 с.

5. Игнатов В.А., Вильданов К.Я. Торцевые асинхронные электродвигатели интегрального изготовления. — М.: Энергоатомиздат, 1988, 304 с.

[07.07.15]

Авторы: Богданов Анатолий Олегович окончил факультет энергетики и систем управления Воронежского государственного технического университета (ВГТУ) в 2013 г. Аспирант кафедры ВГТУ.

Литвиненко Александр Михайлович окончил электротехнический факультет Воронежского политехнического института в 1973 г. В 2000 г. защитил докторскую диссертацию «Исследование орбитальных электромеханических систем». Профессор ВГТУ.

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 10, pp. 63–66.

Choice of the Control System of Orbital Electric Coupling of Crank Press

BOGDANOV Anatolii Olegovich (Voronezh State Technical University (VSTU), Voronezh Russia)
— Ph. D. Student

LITVINENKO Aleksandr Mikhailovich (VSTU, Voronezh, Russia) — Professor, Dr.Sci. (Eng.)

REFERENCES

1. Safonov A.V. *Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem — in Russ. (Forging and stamping production. Material processing pressure)*, 2002, No. 2, pp. 19–23.
2. Pat. RF No. 2504475. *Privod mufty pressa (The drive coupling press/A.M. Litvinenko, V.A. Kruk, G.V. Voskresenskii. Bulletin of inventions*, 2014, No. 2.
3. Litvinenko A.M., Bogdanov A.O. *Elektrichestvo — in Russ. (Electricity)*, 2014, No. 8, pp. 51–55.

4. German-Galkin S.G. *Kompyuternoye modelirovaniye poluprovodnikovyykh system v Matlab 6.0 (Computer simulation of semiconductor systems in Matlab 6.0)*. St. Petersburg, Publ. «KORONA», 2001, 320 p.

5. Ignatov V.A., Vol'danov K.Ya. *Tortsevye asinkhronnye elektrodvigateli integral'nogo izgotovleniya (End electric motors integral execution)*. Moscow, Publ. Energoatomizdat, 1988, 304 p.

* * *

Уважаемые авторы!

Редакция публикует при каждой статье краткие сведения об авторах. В связи с этим просим вас при направлении статьи в редакцию сообщать (желательно и на английском языке):

- полные имена и отчества всех авторов;
- какой факультет, какого вуза и когда закончил;
- когда получил ученую степень, где и по какой тематике (теме) была защита;
- место работы и должность.

Кроме того, напоминаем, что на каждую статью следует представлять реферат (не менее 100 слов) на русском и английском языках (включая название), а также ключевые слова.

