

3. Овчинников И.Е. Бесконтактные двигатели постоянного тока / И.Е. Овчинников, Н.И. Лебедев. – Ленинград: Наука, 1979 г.

УДК 62.83.52

## **СИНТЕЗ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ СДПМ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Цыбульский П.С.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь.

Применение синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) в современном электроприводе является инновацией, которая призвана повысить эксплуатационные показатели, в том числе энергоэффективность, автоматизированного электропривода [1]. СДПМ — это наиболее перспективные электрические машины в диапазоне малых и средних мощностей. Двигатели такого типа конструктивно просты и надёжны. Они не требуют затрат на возбуждение и обладают большой перегрузочной способностью и высоким быстродействием в переходных процессах.

С расширением области применения синхронных электроприводов возрастает актуальность их математического моделирования. Одной из актуальных остаётся задача синтеза регуляторов простой структуры, для улучшения качества переходных процессов системы управления положением с СДПМ.

В данной работе для системы векторного управления СДПМ разработана имитационная модель управления положением с ПИ-регуляторами токов и положения и П-регулятором скорости. Применение П-регулятора скорости позволяет снизить время регулирования контура скорости, а, следовательно, повысить быстродействие системы.

Для сравнения выполнены:

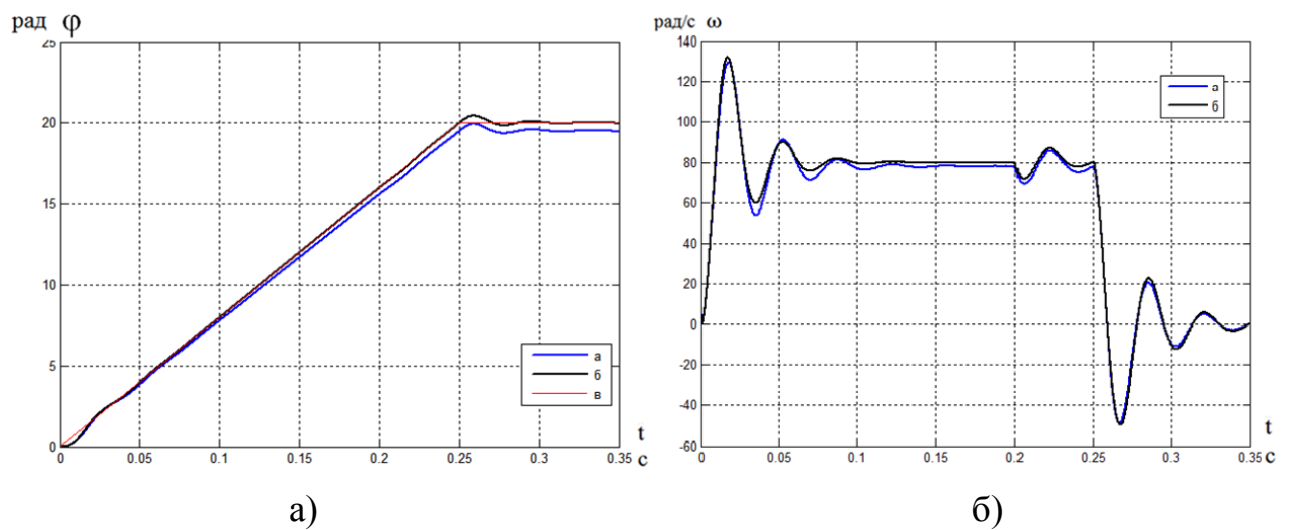
- 1) Расчет передаточной функции ПИ-регуляторов тока в непрерывной форме методом подчинённого регулирования;
- 2) Расчет передаточной функции ПИ-регуляторов тока в дискретной форме методом модального управления на плоскости комплексной переменной  $z$  [2].

Исследование статических и динамических свойств САУ произведено путем имитационного моделирования на основании математической модели. Имитационное моделирование выполнено для СДПМ малой мощности (53 Вт), применяемых в качестве сервопривода в системах

управления скоростью и положением (в промышленных роботах и манипуляторах).

Имитационная модель строится с использованием библиотек Simulink и Sim Power Systems пакета MATLAB с учетом широтно-импульсной модуляции частотой 8 кГц в автономном инверторе напряжения. Моделирование выполнено для номинального момента двигателя 0,13 Н·м. Момент нагрузки подаётся на механический вход СДПМ в момент времени 0,2 с.

На рисунке 1 показаны результаты моделирования для регуляторов с параметрами, рассчитанными для непрерывной системы (на графиках кривые *а*) и с параметрами, рассчитанными с учётом дискретности (на графиках кривые *б*). Заданный угол поворота  $\varphi_{\text{зад}}$  на рисунке 1 обозначено *в*.



а) - зависимости  $\varphi(t)$  и  $\varphi_{\text{зад}}(t)$ , б) - зависимость  $\omega(t)$

Рис. 1 - Графики угла поворота и угловой скорости при обработке положения

По результатам моделирования можно сделать вывод, что обе системы обладают хорошими динамическими свойствами. Электромагнитный момент во время переходных процессов не превышает допустимый, тем не менее, учет дискретности при синтезе регулятора тока приводит к значительному уменьшению пульсаций тока.

По результатам сравнительного анализа можно сделать вывод, что в системах векторного управления положением СДПМ динамические показатели качества могут быть улучшены, если синтез регуляторов тока выполнить методом модального управления с учётом дискретности. Регуляторы скорости и положения могут быть синтезированы методом, предназначенным для непрерывных систем, т.к. время регулирования в контурах управления положением и скоростью значительно превосходит интервал дискретности.

1. Нго Фьонг Ле. Расчет индуктивностей синхронного двигателя с инкорпорированными постоянными магнитами / Фьонг Ле Нго,

Г.И.Гульков // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2017. №1. – С. 41 – 53.

2. Опейко О.Ф. Синтез регулятора тока системы векторного управления асинхронным электродвигателем / Вестник КрНУ имени Михайла Остроградського. Выпуск 1/2014. – С. 33-49.

УДК 62-83

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРАКТОРА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ**

**Жарко Д.Н.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь.

Приоритетным направлением развития электроприводов является развитие тягового электропривода транспортных средств: электробусы, электромобили, трактора и т.д. К примерам колесных тракторов с тяговым электроприводом можно отнести трактор «Беларус 3023», который разработан на ОАО «МТЗ» и «Кировец-455», разработанный на ОАО «Кировский завод» (РФ). Привод таких тракторов имеет электромеханическую трансмиссию. В электромеханической трансмиссии вместо сцепления и коробки передач устанавливается генератор и тяговый двигатель. Таким образом, основными элементами электрической трансмиссии является дизельный двигатель, генератор, блок силовой электроники, который включает в себя неуправляемый трехфазный выпрямитель и автономный инвертор напряжения, и тяговый асинхронный двигатель [1]. Для системы управления тяговым двигателем применяется векторное управление, которое позволяет получить высокие динамические характеристики и реализовать требования, предъявляемые к системам тягового электропривода [2].

Основным требованием к системе управления тяговым электроприводом трактора является стабилизация мощности, потребляемой от дизельного двигателя, основанная на использовании обратной связи по мощности [3].

Система стабилизации мощности, построенная на основании векторного управления, состоит из 2 каналов регулирования: канала потока и канал мощности. В канале потока имеется два контура: внутренний контур управления током намагничивания и внешний контур управления потокосцеплением. В канале мощности имеется 3 контура: внутренний – контур управления образующей момент составляющей тока, контур скорости и контур мощности. Для контура мощности обратную связь можно сформировать двумя вариантами: 1) нахождение мощности