ЛИТЕРАТУРА:

1. Глухов Д.М. Моделирование многофазных асинхронных двигателей в аварийных режимах: автореферат Изд-во ТПУ, 2005. – 18 с.
2. Патент РФ на изобретение № 2460190(RU), H02H 7/09, HO2H 7/12, H02H 7/122. Способ управления и обеспечения живучести трехфазного асинхронного двигателя вращательного или поступательного движения/ Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов, Ю.Н. Дементьев, Й. Центнер – № 2011113290; Заявл. 06.04.2011; Опубл.27.08.2012 Бюл. № 24.
3. Однокопылов Г.И., Брагин А.Д. Исследование в среде *MatLab Simulink* трехфазного асинхронного электропривода в аварийном двухфазном режиме работы // «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVI международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск, 2012. — с. 125-130.

Научный руководитель: Г.И Однокопылов, к.т.н., доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСИЛИЙ В САМОТОРМОЗЯЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

В.Е. Королев, И.С. Шлюев
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ67

Постановка проблемы. Нормальная эксплуатация грузоподъемных машин и механизмов и станков с числовым программным управлением (ЧПУ) невозможна без электродвигателей снабженных надежно действующими тормозными устройствами. Как показывает обзор современной патентной отечественной литературы и промышленно развитых зарубежных стран (Англия, Германия, Италия, США, Франция и т.д.), что до настоящего времени не удалось создать идеальных электродвигателей с тормозными устройствами [1, 2, 3].

Кроме этого технологические процессы грузоподъемных машин и механизмов и станков с ЧПУ на разных этапах работы требуют движение рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается в современных электроприводах путем электрического регулирования скорости и момента электродвигателя. Для решения этой задачи, как известно, применяют два основных метода частотного управления, а именно: скалярное управление и векторное управление [4].

Поэтому проблема создания компактных двигателей с тормозом и электрических схем торможения, позволяющих обеспечить с наименьшими затратами быстрый и точный останов и фиксацию вала механизма, остается актуальной, а исследования процессов в таких электродвигателях при частотном управлении имеют практическую ценность.

В настоящее время из всех известных конструкций наиболее перспективным для решения отмеченной проблемы является самотормозящийся асинхронный двигатель (СЭД) с электромагнитной вставкой на роторе [1, 5], который получил наибольшее распространение в силу своих конструктивных преимуществ.

Постановка задачи. В настоящее время при решении задач управления процессами в электроприводах и оптимизацией конструктивного исполнения различных устройств наиболее эффективным и универсальным оказывается математическое моделирование. Более того, удачная разработка математической модели является в большинстве случаев залогом успешного решения задач.

При этом математическая модель позволяет провести более глубокие исследования всех режимов работы электрической машины, которые возникают при ее эксплуатации.

Особенностью процессов в самотормозящихся электродвигателях является их многоэтапность, которая сопровождается коммутацией статорных цепей и срабатыванием тормозного устройства. Поэтому разработанная математическая модель асинхронных самотормозящихся электродвигателей охватывает следующие режимы: включение вперед, разрыв обмотки статора перед механическим торможением тормозным устройством, а так же отражать моменты, связанные с условиями размыкания и замыкания тормоза [5,6,7].

В настоящей статье приведена методика расчета и анализ электромагнитных усилий удержания тормозного устройства СЭД со вставкой на роторе при частотно-токовом управлении.

Основные результаты исследований. Самотормозящийся электродвигатель со вставкой на роторе отличается от двигателя основного исполнения лишь наличием тормозного устройства, работа которого связана с использованием части основного магнитного потока между статором и ротором и потока рассеяния короткозамкнутого кольца обмотки ротора для создания электромагнитных усилий [5, 6] (рис.1).

С этой целью ротор выполняется специальной конструкции. Основная и тормозная части ротора объединены в единое целое. Тормозной момент создается пружиной, которая прижимает тормозной диск-вентилятор с тормозными накладками к поверхности специального подшипникового щита.

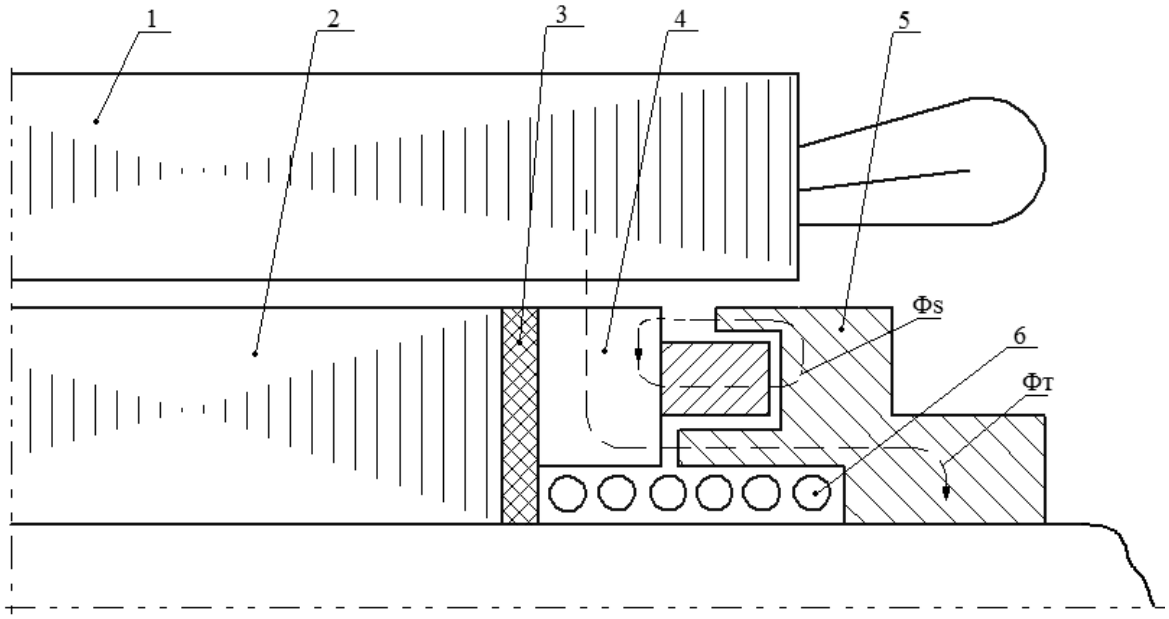

Рис. 1. Магнитная система СЭД с электромагнитной вставкой на роторе:
1 – статор СЭД, 2 – основная часть ротора СЭД, 3 – немагнитная прокладка, 4 – тормозная часть ротора, 5 – электромагнитная вставка из магнитопроводящего материала, 6 – возвратная пружина, обеспечивающая замыкание тормоза и создание тормозного момента

При математическом описании электромеханических процессов в самотормозящихся электродвигателях система уравнений содержит при общепринятых допущениях:

- уравнения равновесия напряжений, как и в двигателях основного исполнения;

$$\vec{u}_s = R_s\vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\omega_k\vec{\psi}_s;$$

$$0 = R_r\vec{i}_r + \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega)\vec{\psi}_r, \qquad (1)$$

- компонентное уравнение для электромагнитного момента двигателя;

$$\vec{M} = k(\vec{\psi} \times \vec{i}). \qquad (2)$$

- уравнение равновесия моментов, когда тормоз разомкнут и тормозной момент $M_{\text{Т}} = 0$;

$$M - M_{\text{с}} = J\frac{d\omega}{dt}. \qquad (3)$$

где $\vec{u}_s, \vec{i}_s, \vec{i}_r, \vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r$ – обобщенные вектора напряжения, токов и потокосцеплений в обмотках статора и ротора соответственно.

Далее математическое описание процессов в СЭД связано непосредственно с электромагнитной частью встроенного тормозного устройства. Тормозное устройство в СЭД со вставками на роторе представляет собой своеобразного рода электромагниты переменного тока, которые характеризуются электромагнитными силами притяжения и удержания.

Характер изменения усилий притяжения и удержания и их величины оказывают существенное влияние на электромеханические переходные процессы в СЭД. Это сказывается, прежде всего, на вращении ротора двигателя.

На рис. 3, 4 представлены в относительных единицах зависимости усилий удержания $F_{уд} = f(\alpha)$ при двузонном регулировании скорости вращения двигателя и зависимости $F_{уд} = f(\alpha)$ при изменении длины тормозной части ротора.

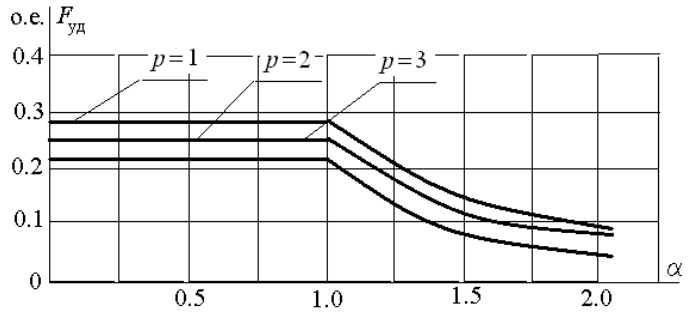

Рис. 3. Зависимость усилия удержания от частоты источника питания при двузонном регулировании

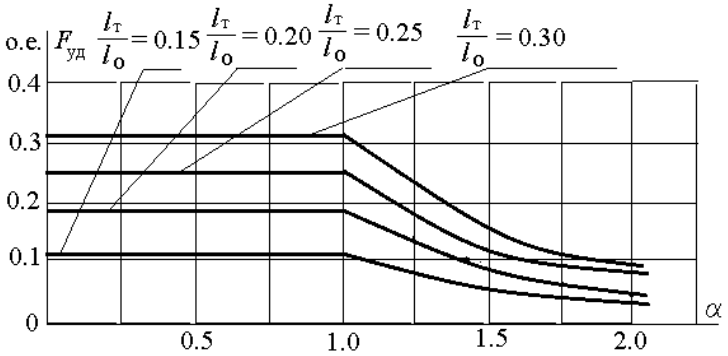

Рис. 4. Зависимости усилия удержания от частоты питающей сети при различных значениях длины тормозной части ротора при $p = 2$

Выводы. Расчет и анализ электромагнитных усилий, обеспечивающих работу тормозного устройства СЭД с электромагнитной вставкой на роторе, при частотно-токовом управлении показали:

тормозное устройство СЭД с электромагнитной вставкой на роторе обеспечивает надежную работу в диапазоне частот $f = 0 \div f_{1н}$, так как усилие удержания постоянно;

в зоне регулирования частоты вращения двигателя выше синхронной необходимо обеспечивать условие для надежного срабатывания тормозного устройства СЭД с электромагнитной вставкой на роторе, а именно:

$$F_{уд} \geq F_{пр},$$

где $F_{пр}$ – усилие противодействующей (тормозной) пружины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бочкарев И. В. Быстродействующие электромеханические тормозные устройства для электродвигателей. Автореферат докторской диссертации. – Москва: Энергоатомиздат. 2001. – 32 с.

2. Таршхоев Р. З. Разработка и математическое моделирование самотормозящихся асинхронных электроприводов. Автореферат кандидатской диссертации. Краснодар - 2005. - 32 с.
3. Соленков В.В., Брель В.В. Асинхронные электродвигатели с электромеханическими тормозными устройствами. Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого. 2003. - 28-31 с.
4. Карлов Б., Есин Е. Современные преобразователи частоты: методы управления и аппаратная реализация. Силовая электроника №1.2004.
5. Бурулько Л.К. Исследование электромеханических переходных процессов в асинхронных самотормозящихся электродвигателях со вставками на роторе и статоре. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Томск, 1974. – 204 с.

Научный руководитель: Л.К. Бурулько, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

И.С. Шлюев, В.Е. Королев
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ67

В настоящее время, одной из наиболее приоритетных задач теплоснабжения является повышение энергоэффективности тепловых сетей и снижение капиталовложений на их ремонт и обслуживание. В Российской Федерации более 70% процентов тепловой энергии производится системами централизованного отопления, остальные 30% приходятся на производство с помощью децентрализованных источников. Такие источники имеют ряд преимуществ по сравнению с системами централизованного теплоснабжения, а именно: повышение энергоэффективности системы теплоснабжения, за счет сокращения расстояния «источник тепла – потребитель» и как следствие отсутствия теплотрасс, имеющих потери до 25% от передаваемого тепла; независимость от графиков отопительного сезона котельных централизованного отопления; исключение перерасхода топлива и сокращение вредных выбросов в атмосферу.

При использовании децентрализованных источников тепла, возможно, достичь не только снижения капитальных вложений за счет уменьшения протяженности тепловых сетей, но и переложить расходы на стоимость жилья. Именно этот фактор в последнее время и обусловил повышенный интерес к децентрализованным системам теплоснабжения для объектов нового строительства жилья. Организация автономного теплоснабжения позволяет осуществить реконструкцию объектов в городских районах старой и плотной застройки при отсутствии свободных мощностей в централизованных системах.

Одним из способов увеличения доли децентрализованных источников тепла, является применение современных блочно-модульных котельных с широким диапазоном мощностей и функциональных возможностей. Блочно-