

специальных дисциплин как бакалаврского стандарта по направлению 551300, так и упомянутого выше стандарта дипломированного специалиста направления 654500. В этих методических разработках важно было обеспечить преемственность в освоении специальных дисциплин от базового четырехлетнего обучения бакалавра к дальнейшей инженерной специализации.

Некоторые методические вопросы при создании образовательных программ удалось обсудить с представителями УМК по специальности 181300 других вузов на конференции в г. Новомосковске в 2000 г. Общее пожелание – такие обсуждения должны проходить в процессе разработки документов для более полного использования мнений и замечаний представителей УМК – 181300 российских вузов.

За минувший год на кафедре ЭПП МЭИ вышел ряд учебных и методических пособий, как то: «Электроснабжение объектов» Е.А. Конюховой; «Электроснабжение промышленных предприятий» Б.И. Кудрина, В.И. Чиндянсина, Е.Я. Абрамовой; «Обеспечение требований к качеству электрической энергии при заключении договоров энергоснабжения» С.С. Бодрухиной; «Проектирование цеховой сети» Т.В. Анчаровой, Ю.В. Матюниной; «Основы энергетического менеджмента» Д.Б. Понаровкина, Ю.В. Матюниной и др.

Преподавателями кафедры ЭПП МЭИ совместно с Тульским ГУ издано учебное пособие «Измерения в энергоснабжении» (авторы В.А. Головин, Б.В. Сухинин и др.) и готовятся к изданию два пособия по релейной защите.

За прошедший год УМК по специальности 181300 рецензировала пособия Тульского и Кубанского университетов для получения грифа УМО.

Число ВУЗов, открывших в минувшем году обучение по специальности 181300, увеличилось на четыре представителя, документы на открытие специальности двух ВУЗов (Южно-Российского ГТУ и Чебоксарского ГУ) находятся в стадии утверждения в Министерстве образования РФ. Таким образом, общее число ВУЗов, ведущих обучение по специальности 181300, достигло 14.

## **АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

**В.И. Луковников, Л.В. Веппер**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Первые попытки создания и использования колебательных режимов работы электродвигателей без применения механических преобразователей были сделаны около 80 лет назад [1-2], но лишь в последние 10-15 лет были осуществлены и реализованы разработки безредукторных электроприводов колебательного движения исполнительных органов разнообразных рабочих машин [3-6].

Построение этих приводов основывалось на создании в воздушном зазоре асинхронного электродвигателя (АД) [3-5] или электрической машины двойного питания [6] качающегося магнитного поля, что требовало использования сложных источников модулированных напряжений (токов).

В данной работе рассматривается принципиально новый подход создания колебательного движения ротора асинхронного электродвигателя, заключающийся в обеспечении устойчивого автоколебательного режима в системе «однофазный АД – упругий элемент».

При таком подходе реализуется мягкий реверс на основе общего принципа построения автоколебательных электромеханических систем разомкнутого типа: соз-

дание консервативной пары «масса – упругость» и воздействие на нее активным нелинейным электромагнитным усилием, компенсирующим диссипативные нагрузки.

Предложенное нами пересоединение обмоток общепромышленного трехфазного асинхронного электродвигателя для подключения к однофазной электрической цепи, с целью перевода его в однофазный режим работы и замена механической пружины маятником, имитирующим «упругость», позволит предельно упростить реализацию и повысить надежность автоколебательных систем рассматриваемого типа [7,8].

Анализ уравнения автоколебательного движения однофазного АД даже при наличии пружины на валу представить теоретически трудно.

Только при наличии линейной пружины, описании электромагнитного момента однофазного АД кривой Сюмека и отсутствии сил сухого трения уравнение движения сводится к известному уравнению Релея.

Замена же пружины маятником существенно усложняет задачу, поскольку в уравнении появляется нелинейное периодическое позиционное слагаемое.

Известные многочисленные исследования уравнений движения маятника без трения через функции Якоби, при гармоническом возбуждении по Дуффингу, при вентиляторной нагрузке по Камке, при пружинной подвеске по Старжинскому, при смещении точки подвеса по Мандельштаму, маятника Фроуда по Стрелкову в данном случае не могут быть использованы.

Это вызвано тем, что в большинстве рассматриваемых случаев маятник заменяется линейной пружиной (углы колебаний малы), не учитывается одновременно сухое и жидкое трение, а главное не рассматривается нелинейное периодическое демпфирующее слагаемое, возникающее от однофазного АД.

Из изложенного следует, что исследование автоколебательной неконсервативной электромеханической системы с сухим и жидкостным трением при периодических позиционной и демпфирующей нелинейностях является актуальной фундаментальной задачей.

В данной работе впервые получены в канонической форме нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения, описывающие подобную автоколебательную систему.

Методами фазовой плоскости и Вандер Поля осуществлено исследование уравнений, в результате чего получены условия возникновения автоколебаний, их устойчивости и бифуркаций либо во вращение, либо в нулевое устойчивое положение – равновесие.

На основе описывающих эти условия аналитических соотношений, связывающих между собой параметры электропитания, электродвигателя, упругости на его валу и нагрузки, построена инженерная методика выбора общепромышленного трехфазного асинхронного электродвигателя для работы в качестве силового элемента – автоматизированной электромеханической автоколебательной системы.

Создано программное обеспечение для численного исследования процессов автоколебаний в ОАД, которое, в частности, используется в методике на последнем этапе выбора электродвигателя.

В заключение в данной работе сообщается о разработке и создании автоколебательного стенда испытания пружин, результатах его экспериментального исследования и внедрения в производство.

#### Л и т е р а т у р а

1. Trombella P. The electric hammer //J. American Inst. Electric Eng. – 1922. – V. 41 – № 4. P. 46-52.

2. Япольский Я.С. Магнитофугальные ударные машины //Электричество – 1925. –№ 11. – С. 39-44.
3. Луковников В.И. Электропривод колебательного движения. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
4. Луковников В.И., Середа В.П. Динамические режимы работы асинхронного электропривода. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1990. – 211 с.
5. Грачев С.А. Луковников В.И. Безредукторный электромашинный привод периодического движения. – Мн.: Вышэйшая школа, 1991. – 160 с.
6. Аристов А.В. Электропривод колебательного движения с машиной двойного питания. – Томск: Изд.-полиграф. фирма ТПУ, 2000. – 176 с.
7. Веппер Л.В. Однотиристорный автоколебательный маятниковый асинхронный электропривод //Современные проблемы машиноведения: Материалы МНТК, посвящ. П.О. Сухому – Гомель: ГПИ, 1998. – Т. 2. – С. 69-72.
8. Луковников В.И., Тодарев В.В., Веппер Л.В. Автоколебательный режим однофазного асинхронного электродвигателя //Известия ВУЗов и ЭО СНГ. Энергетика. – 1998. – № 2. – С. 45-49.

## ПОЛУЧЕНИЕ АСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ ЗАМЕНЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ТОКУ СТАТОРА ПРИ ВЕКТОРНОМ УПРАВЛЕНИИ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ, НА ОБРАТНУЮ СВЯЗЬ ПО ДИНАМИЧЕСКОМУ ТОКУ

В.В. Логвин, А.И. Рожков

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Рассматривая математическую модель асинхронного двигателя (АД), при векторном принципе управления, с позиции двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ), уравнение статической характеристики АД с частотным управлением имеет вид:

$$\omega = \omega_1 - \frac{2 \cdot R_r}{3 \cdot \Psi_{rx}^2} \cdot M_c,$$

где  $\omega$  – скорость вращения ротора;

$\omega_1$  – синхронная скорость;

$R_r$  – активное сопротивление ротора;

$\Psi_{rx}$  – потокосцепления ротора;

$M_c$  – момент нагрузки на валу двигателя.

Видна полная аналогия с механической характеристикой ДПТ НВ с управлением якорным напряжением, если управление частотой  $\omega$  вращения АД осуществлять за счет  $\omega_1$  при поддержании постоянства потокосцепления ротора  $\Psi_{rx}$ .

При построении системы управления, заменим обратную связь по полному току двигателя ( $I$ ) на обратную связь по динамической составляющей данного тока ( $I_{дин}$ ). Предполагалось, что это позволит получить астатическую систему регулирования скорости как по управлению ( $U_{зс}$ ), так и по возмущающему воздействию ( $M_c$ ).

Понятно, что необходимо обосновать такое решение. Передаточная функция традиционной системы регулирования скорости одномассовым электроприводом имеет вид:

$$W_1(p) = -\frac{\omega(p)}{M_c(p)} = -\frac{R_r \cdot 8 \cdot T_\mu^2 \cdot p \cdot (T_\mu \cdot p + 1)}{\Psi_{rx}^2 \cdot T_M \cdot (8 \cdot T_\mu^3 \cdot p^3 + 8 \cdot T_\mu^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_\mu \cdot p + 1)};$$