

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Попова Андрея Николаевича на тему «Прикладная теория и методы синергетического синтеза алгоритмов энергосберегающего управления нелинейными электромеханическими системами», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Повышение энергетической эффективности законов автоматического управления электромеханическими системами является, в настоящее время, одной из важнейших целей при синтезе законов управления. Актуальность энергоэффективного управления зиждется на все более широком использовании электромеханических систем с ограниченным энергетическим потенциалом – аккумуляторным питанием или питанием от топливных элементов. Также возрастает применение локальных устройств типа интернета вещей (IoT), аналогично использующих батарейное питание, и предназначенных для долговременной работы без замены питающего элемента. Применение в управляющих устройствах высокопроизводительной микропроцессорной техники делает возможным эффективную реализацию вычислительно-ёмких алгоритмов управления, основанных на принципах синтеза нелинейных и синергетических регуляторов.

Диссертантом на защиту выносятся следующие положения, составляющие научную новизну выполненных исследований:

1. Методика поиска энергетических инвариантов ЭМС позволяет в аналитической форме получать условия минимизации потерь электрической энергии в силовых каналах ЭМС в заданных режимах эксплуатации.
2. Обобщенная процедура синергетического синтеза алгоритмов векторного управления нелинейными ЭМС является универсальной стратегией применения принципов и методов СТУ при решении всего спектра задач управления ЭМС и позволяет в строгой математической форме получать алгоритмы автоматического управления нелинейными ЭМС различного типа и назначения.
3. Прикладной метод синергетического синтеза электромеханических осцилляторов позволяет создавать на основе ЭМС управляемые системы, генерирующие устойчивые механические колебания заданной амплитуды и частоты.
4. Прикладной метод синергетического синтеза следящих ЭМС позволяет получать алгоритмы замкнутого управления нелинейными ЭМС для задачи изменения углового положения исполнительного органа в соответствии с входным сигналом, который является априори неизвестной функцией времени.
5. Прикладные методы синергетического синтеза алгоритмов энергосберегающего управления ЭМС позволяют получать алгоритмы замкнутого управления, обеспечивающие

минимизацию потерь энергии в двигателе при существенной вариации угловой скорости и механической нагрузки.

6. Прикладные методы синергетического синтеза алгоритмов адаптивного управления ЭМС позволяют получать алгоритмы автоматического управления, обеспечивающие реализацию основных задач управления в условиях действия внешних и параметрических возмущений, гарантируя асимптотическую устойчивость управляемой системы.

Положения соответствуют паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», обладают научной новизной и несомненной прикладной ценностью, в достаточной степени опубликованы и апробированы на конференциях.

Текст автореферата хорошо структурирован, изложен на хорошем литературном языке и легко поддается анализу.

По тексту автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. В тексте автореферата имеется небольшое число оформительских погрешностей. Например, в Табл. 1, в последней строке, видимо, пропущена формула для энергетического инварианта тока  $i_{1q,omt}$ .
2. Демонстрируя качество синтеза регулятора для следящего управления (стр. 26 и 27 автореферата), автор приводит на рис. 12-13 графики задающего воздействия, и управляемой координаты, демонстрирующие быстрый процесс установления следящего режима. Однако в подобных случаях более наглядным представляется график ошибки слежения - функции  $g(t) - x_1$ .
3. Обращаясь к фундаментальным основам теории синергетического синтеза регуляторов, непременно учитывающей математические модели объектов управления, следует отметить, что для разработанных автором методов не показана робастность полученных регуляторов с точки зрения вариаций параметров моделей объекта вправления. Однако это замечание нельзя считать умаляющим достижения диссертанта, поскольку вопрос робастности синергетических регуляторов остается открытым многие годы, и даже пути его решения не совсем понятны.

Указанные вопросы и замечания не снижают общей положительной теоретической и практической значимости работы и могут быть связаны с ограничением на объем автореферата текста диссертации.

Вывод: диссертация А.Н. Попова на соискание ученой степени доктора технических наук соответствует требованиям, определяемым п.п. 9-14 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», а ее автор –

Попов Андрей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по данной научной специальности.

Отзыв составил Заковоротный В.Л., профессор Донского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор. Контактная информация: 344000, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1., +7 (908) 191-64-56, [vzakovorotny@dstu.edu.ru](mailto:vzakovorotny@dstu.edu.ru).

**Главный научный сотрудник  
Центра научных компетенций  
Заслуженный деятель науки РФ,  
д.т.н., профессор**

**В.Л. Заковоротный**

Подпись д.т.н., профессора Вилора Лаврентьевича Заковоротного подтверждаю

Ученый секретарь Ученого совета ДГТУ



**В.Н. Анисимов**