**Некоторые научно-технические проблемы развития электромеханики малой мощности**

Лавриненко В.А., Гончаров И.П., Осипенко Р.А., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

Научно-технические проблемы, решением которых занимаются сотрудники лаборатории микромашин кафедры электромеханики и технологий электротехнических производств Чувашского государственного университета в сотрудничестве с предприятиями, можно объединить в три группы.

**1. Проблемы теории**

1.1. Проводятся исследования распределения магнитного поля в воздушном зазоре электрических машин (ЭМ) с целью получения информации, необходимой для расчета индуктивных параметров [14,16].

1.2. Разрабатывается общая теория нелинейных и параметрических систем [10,12,17], которая позволяет решать большое количество прикладных задач.

1.3. Составляются инженерные методики автоматизированного расчета [13,18,19], позволяющие ускорить процесс оптимизации конструкций ЭМ.

1.4. Определяются наиболее рациональные конструкции ресурсосберегающих ЭМ [1-9]. Разработка научно и технически обоснованных рекомендаций по использованию того или иного типа ЭМ дает экономический эффект.

1.5. Синтезируются электромеханические системы из электромашинных и полупроводниковых элементов [15,21]. Данная тенденция определяет вектор развития электромеханики. Успехи в развитии полупроводниковой техники позволяют решать задачи создания наиболее рациональных способов коммутации тока в цепях электрических машин и получить в результате этого новые типы вентильных машин, в частности, на основе использования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Необходимость перехода к моделированию все более сложных систем, описываемых десятками дифференциальных уравнений с переменными структурами и переменными коэффициентами, требует развития существующих методов компьютерного моделирования.

1.6. Снижается уровень звука ЭМ путем уменьшения возмущающих сил механического, магнитного и аэродинамического происхождения.

**2. Конструкторско-технологические проблемы**

2.1. Созданы унифицированные ряды ресурсосберегающих однофазных электрических машин переменного тока ДАО64 бытового назначения и электродвигателей постоянного тока с постоянными магнитами ДП56 для автомобильной техники [11,20].

Прошли приемочные испытания опытных партий унифицированных двигателей ДАО64 и ДП56, имеющих более высокий кпд и меньшую стоимость в сравнении с отечественными аналогами.

2.2. Разрабатываются типовые конструкции двигателей, которые можно использовать для непосредственного электропривода различных механизмов бытового назначения [1-9]. Особенность новых конструкций двигателей в том, что не требуется дорогостоящего оборудования для обмоточных работ. В предлагаемых конструкциях уменьшение трудоемкости и упрощение технологии изготовления происходит за счет применения сосредоточенных обмоток взамен всыпных, укладываемых в отдельные пазы.

2.3. Повышается качество ЭМ малой мощности за счет выполнения требований, предъявляемых к показателям качества, которые условно можно разбить на семь групп.

Первую группу составляют показатели назначения, включающие в себя классификационные показатели и показатели функциональной и технической эффективности. Для ЭМ классификационные показатели включают в себя номинальные данные. Показатели функциональной и технической эффективности включают кратности максимального kmах, начального пускового kп и минимального kmin моментов, потребляемую мощность P1, кратность пускового тока kI, момент инерции ротора J.

Вторую группу образуют показатели надежности: установленная безотказная наработка Ту и срок службы Тслу (ГОСТ 27.002-83). ЭМ следует рассматривать как изделие из последовательно соединенных элементов (обмоток, магнитопровода, подшипников, коллектора, щеток и т.д.). При этом отказ любого из них приводит к потере работоспособности машины.

Третья группа — это показатели экономного использования сырьевых, материальных, топливных, энергетических и трудовых ресурсов: коэффициент полезного действия n, удельная масса на единицу полезной мощности G/Рн , коэффициент мощности соs и масса машины G.

Четвертая группа — эргономические показатели: средний уровень звука L, среднее квадратическое значение виброскорости V.

В пятую группу входят показатели технологичности: удельная трудоемкость изготовления Ти (нормочасы на единицу полезной мощности), удельная материалоемкость (кг/Вт) по отдельным видам материалов и суммарная, удельная технологическая себестоимость Ст (руб/Вт) и коэффициент использования материалов Кис, характеризующий их экономию,

Шестая группа — патентно-правовые показатели — показатель патентной защиты Пп.з (наличие оформленных заявок на изобретения патентов в стране и за рубежом) и показатель патентной чистоты Пп.ч, что особенно важно для поставки на экспорт.

Седьмая группа — показатель безопасности — класс защиты от поражения электрическим током (ГОСТ 12.2.007.0-75).

2.4. Применяются технологии автоматизированного проектирования с использованием систем трехмерного (3D) моделирования. Использование таких CAD-, CAM- и CAE-систем, как Pro/engineer, позволяет использовать технологию нисходящего проектирования, в том числе создавать трехмерные скелетоны (англ. skeleton - скелет, каркас) – структурные 3D модели сборок. Имеется возможность объявлять зависимости в компоновке и управлять габаритами проектируемой машины.

Pro/engineer обеспечивает двухстороннюю связь между трехмерной моделью сборок и содержанием чертежей: любые изменения в трехмерных моделях автоматически отражаются в чертежах и наоборот. Данная особенность позволяет всегда контролировать сборку изделия, избежать многочисленных ошибок при подготовке производства, а также в процессе последующего сопровождения изделия.

Использование сформированной трехмерной сборки изделия дает возможность проводить расчеты на взаимное пересечение и прочность отдельных деталей или узлов, а также моделировать виртуальные движения узлов механизма. По результатам расчетов оптимизируется конструкция, достигаются требуемые размеры и значения параметров.

Сформированная трехмерная модель изделия является основой для дальнейшей работы конструкторов технологической оснастки и программистов станков с ЧПУ, которые используют специальные модули системы Pro/engineer.

2.5. Используются современные методы производства, позволяющие сократить долю механической обработки деталей, а также применить новые материалы.

2.6. Электрическим машинам придаются современные формы и цвет с точки зрения эргономики и технической эстетики.

**3. Проблемы испытаний**

3.1. Разрабатываются точные и надежные устройства автоматизированных испытаний, исключающие дополнительные нагрузки на валу двигателя. Определяется необходимый объем испытаний ЭМ при серийном производстве.

3.2. Проводятся исследования по экспериментальному определению параметров ЭМ с использованием измерительной техники нового поколения.

3.3. Используется имитационное моделирование, позволяющее определить влияние параметров ЭМ на технические характеристики и сократить объем макетных испытаний при разработке.

Производство электрических машин малой мощности представляет собой наиболее динамично развивающееся направление электромеханики, которое характеризуется большой номенклатурой конструктивных вариантов и специальными методами исследования. Для обеспечения выпуска конкурентоспособных электрических машин малой мощности требуется проведение научных исследований и правильной технической политики в этой области электротехники.

**Список литературы**

1. А.c. 619997 (СССР). Однофазный асинхронный двигатель / Э.В.Владимиров, Е.И. Ефименко. Заявл. 01.03.77. № 2457936; МКИ Н02К,17/04. Откр. Изобр. 15.08.78. № 30.

2. А.c. 1424101 (СССР). Однофазный многоскоростной асинхронный электродвигатель / Е.И. Ефименко, В.А. Лавриненко, В.В. Охапкин. Заявл. 26.12.86. № 4167400; МКИ Н02К,17/06. Откр. Изобр. 15.09.88. № 34.

3. Патент 2085003 (РФ). Двигатель Ефименко (его варианты) / Е.И.Ефименко. Заявл. 19.12.94. № 94044756. МКИ Н02К, 17/08. Откр. Изобр. 20.08.97. № 23.

4. Патент 2088029 (РФ). Двухфазный двигатель переменного тока/ Е.И.Ефименко. Заявл. 10.01.95. № 95100248. МКИ Н02К, 17/08. Откр. Изобр. 20.08.97. № 23.

5. Патент 2085003 (РФ). Статор двухфазного двигателя переменного тока/ Е.И. Ефименко. Заявл. 08.06.93. № 93029283. МКИ Н02К, 1/14. Откр. Изобр. 20.07.97. № 20.

6. Патент 2085003 (РФ). Однофазный явнополюсный электродвигатель / Е.И.Ефименко, В.М. Пароятников, В.Н. Погодин. Заявл. 11.04.96. № 95105480. МКИ Н02К, 17/10. Откр. Изобр. 20.04.98. № 11.

7. Патент 2103784 (РФ). Однофазный электродвигатель / Е.И.Ефименко, В.М. Пароятников. Заявл. 24.03.95. № 95104397. МКИ Н02К, 17/10. Откр. Изобр. 27.01.98. № 3.

8. Полезная модель 28944 (РФ). Однофазный асинхронный электродвигатель / В.А. Лавриненко, Р.А. Осипенко. Заявл. 18.11.02. №2002130603. МКИ Н02К,17/10. Полезные модели. Пром. образцы.2003.№ 11.

9. Патент 2233531 (РФ). Однофазный асинхронный электродвигатель / В.А.Лавриненко, Р.А. Осипенко. Заявл. 13.11.02. № 2002130484. Положительное решение о выдаче патента от 05.03.04. МКИ Н02К, 17/10. Откр. Изобр. 2004. № 21.

10. Ефименко Е.И. Новые методы исследования машин переменного тока и их приложения. М.: Энергоатомиздат, 1993. 288 с.

11. Lavrinenko V.A. Mathematical model of two-speed shaded-pole induction motor with a stepped air gap // Micromachines and Servodrives. International XI Symposium. Malbork, Poland, 14...18, IX, 1998. Vol.1. Pp.74-81.

12. Лавриненко В.А. Тенденции развития электромеханических систем // Всерос. электротехн. конгресс ВЭЛК-99. Москва, 1999. Т.1. С. 155-157.

13. Лавриненко В.А. Расчет дополнительных электромагнитных моментов однофазного асинхронного двигателя // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: Мат. III Всерос. науч. - техн. конф. / Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1999. С.127-128.

14. Lavrinenko V.A. Using of the microprocessor for registration of distribution magnetic field curve in non-uniform air gap of two-speed shaded-pole induction motor // Unconventional Electromechanical and Electrical Systems. Fourth International Conference / St. Petersburg, Russia, 21-24 June 1999. Vol.3. Szczecin, 1999. P. 1339-1342.

15. Lavrinenko V.A., Nikolaev V.A. Modeling of electromechanical systems for digital data processing unit // Applied Mechanics'99. Conference for post gradual and young scientists / Technical University. Brno, 1999. P. 247.

16. Lavrinenko V.A. Registration of the flux density distribution curve in stepped air gap of shaded-pole induction motor // Fourth International Conference on Advanced Methods in the Theory of Electrical Engineering Applied to Power Systems (AMTEE'99)/Pilsen, Czesh Republic, 13-15 September 1999. Section D. Pp. 14-17.

17. Лавриненко В.А. Математическое моделирование электромеханических преобразователей энергии: состояние, ограничения, перспективы // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: Мат. III Всерос. науч.-техн. конф. / Чебоксары, Изд-во Чуваш. ун-та, 2000. С.361-363.

18. Lavrinenko V.A. Mathematical model of small induction motors with magnetic asymmetry // Third International Power Electronics and Motion Control Conference. Tsinghua University, Beijing, China, 2000.

19. Lavrinenko V.A. Mathematical model of small induction machines// International XII Symposium on Micromachines and Servodrives. Kamien Slaski, Poland, 10...14, IX, 2000. Vol.II. P.428-435.

20. Лавриненко В.А., Кузин Н.П., Гончаров И.П., Осипенко Р.А. Разработка, автоматизированный расчет и проектирование коллекторного двигателя с постоянными магнитами // Тр. V Международ. симпозиума “ЭЛМАШ-2004”, МА “Интерэлектромаш”, Москва, 11-15 октября, 2004. Т.2. С.10-15.

21. Лавриненко В.А., Кузин Н.П., Гончаров И.П., Осипенко Р.А. Переходные процессы в системе “асинхронный двигатель малой мощности–резонансный инвертор” // Сб. науч. тр. молодых ученых и специалистов. Чуваш. ун-т. Чебоксары, 2004. С. 212-216.