

### Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 11.03.2019 № 97 "Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу".
2. ГОСТ ISO 7218-2015 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.
3. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).
4. GSO1016/2015 Микробиологические критерии для пищевых продуктов.
5. Бахир В.М. Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология // М.: Вива-стар. 2014. 512 с.
6. García S., Heredia N. Microbiological Safety of Fruit and Vegetables in the Field, During Harvest, and Packaging: A Global Issue // Global Food Security and Wellness. Springer, New York, NY. 2017. P. 27-48.
7. Vermaas J.F., Hugo C.J., Steyn H. JH, Schall R. The efficacy of anolyte as an environmentally friendly disinfectant on Escherichia Coli and Staphylococcus aureus on cotton, polyester/cotton and polyester // Journal of Family Ecology and Consumer Sciences. 2015. Vol 43. P.4-6.
8. Pao S., Davis C., Parish M. Microscopic Observation and Processing Validation of Fruit Sanitizing Treatments for the Enhanced Microbiological Safety of Fresh Orange Juice // Journal of Food Protection. 2001. Vol. 64. No. 3. P. 310-314.
9. Tango C.N. et al. Microbiological quality and safety of fresh fruits and vegetables at retail levels in Korea // Journal of food science. 2018. V. 83. №. 2. P. 386-392.

УДК: 621.313

---

## СВЕРХВЫСОКООБОРОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, РАЗВИТИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

---

*Сычёва Е.С.*

*Ассистент*

*ФГБОУ ВО ПВГУС*

*Г. Тольятти, Российская Федерация*

*Лисова Е.А.*

*К.т.н., доцент*

*ФГБОУ ВО ПВГУС*

*Г. Тольятти, Российская Федерация*

### АННОТАЦИЯ

Развитие таких отраслей промышленности, как робототехника, станкостроение, создание турбомолекулярных насосов и высокотехнологичной медицинской техники, а также разработка беспилотных летательных аппаратов нового поколения требуют создания сверхвысокооборотных электромеханических преобразователей энергии, с частотами вращения ротора от 200000 до 1000000 об/мин и мощностью от 50 Вт до 1—2 кВт. В статье показано, что все рассмотренные сверхвысокооборотные электромеханические преобразователи эксплуатируются совместно с силовой электроникой и системой управления, что говорит о необходимости исследования их как электротехнического комплекса, а не как отдельной электрической машины.

**Ключевые слова:** электроэнергия, ЭМП, частота вращения, микротурбинные установки, генератор, высокотехнологичность.

Основные преимущества ЭМП — высокая плотность энергии при миниатюрных габаритных размерах (диаметр ротора не более 10 мм), что обуславливает широкие перспективы применения их в микросистемах различного назначения. Также значительным преимуществом сверхвысокооборотных ЭМП является уникальность решаемых ими задач.

Например, применение микродвигателя с частотой вращения ротора 400000 об/мин в станкостроении позволяет в несколько раз повысить качество обработки поверхности [2], а использование микрогенератора мощностью 500 Вт, например, для обеспечения электроэнергией автономного роботизированного комплекса позволяет отказаться от аккумуляторных батарей,

которые обладают высокими массогабаритными показателями, и повысить тем самым полезную нагрузку комплекса.

При всех технических преимуществах сверхвысокооборотных ЭМП, эта область электромеханики начала развиваться сравнительно недавно (с 2000—2002 гг.). Развитию области способствовало появлением новых электротехнических материалов и прогресс микроэлектроники. Поэтому теоретические исследования в этой области ограничены и представляют собой разрозненный материал, описывающий отдельные конструктивные решения по сверхвысокооборотным ЭМП для определенной области применения. В связи с этим необходимо проанализировать основные тенденции развития

ЭМП данного типа и более подробно рассмотреть примеры их практического применения в системах различного назначения.

Одна из областей применения сверхвысокооборотных ЭМП — энергоснабжение автономных систем. Микротурбинные установки со сверхвысокооборотными ЭМП могут заменить аккумуляторные батареи на роботизированных комплексах, беспилотных летательных аппаратах, в портативных системах связи и т.д.

Удельная энергия подобных систем находится в диапазоне от 400 до 600 Втч/кг, что значительно превышает плотность энергии аккумуляторных батарей (120—250 Втч/кг).

Рассмотрим основные разработки в области сверхвысокооборотных ЭМП для микротурбинных установок.

Компанией Опега[4] (Франция, исследовательская программа DecaWatt) разрабатывается микротурбинная система с микрогенератором. Цель программы — создание демонстрационного макета микротурбинной системы мощностью от 50 до 100 Вт для обеспечения электрической энергией и экипировки солдат будущего.

Газовая турбина данного макета одноступенчатая. Микрогенератор выполнен с постоянными магнитами на мощность 55 Вт при номинальной частоте вращения ротора 840000 об/мин. Генератор был испытан в 2009 г. при

частоте вращения 700000 об/мин, результаты испытаний положительные. Тип подшипниковых опор — механические высокооборотные подшипники. Внешний диаметр статора — 25 мм, при активной длине 22 мм. Вал и бандажная оболочка ротора выполнены из титана.

Магнитная система представляет собой цилиндрический магнит на основе интерметаллического сплава Sm2Co17. Число пар полюсов равно единице. При частоте вращения ротора 840000 об/мин частота выходного напряжения составляет 14000 Гц, поэтому для обеспечения потребителей электрической энергией необходимого качества на выходе ЭМП установлены блок силовой электроники и система управления. Структурная схема такого ЭМП приведена на рисунке 1.

**Структурная схема сверхвысокооборотного ЭМП.** Из анализа структурной схемы следует, что сверхвысокооборотные ЭМП надо рассматривать не как отдельную электрическую машину, а как электротехнический комплекс взаимосвязанных систем, так как полный КПД высокооборотного ЭМП, его эффективность и массогабаритные показатели определяются не только параметрами материалов и геометрическими размерами ЭМП, но и параметрами его системы управления, блоком силовой электроники и прочими взаимозависимыми элементами (датчиками, подшипниковыми опорами).

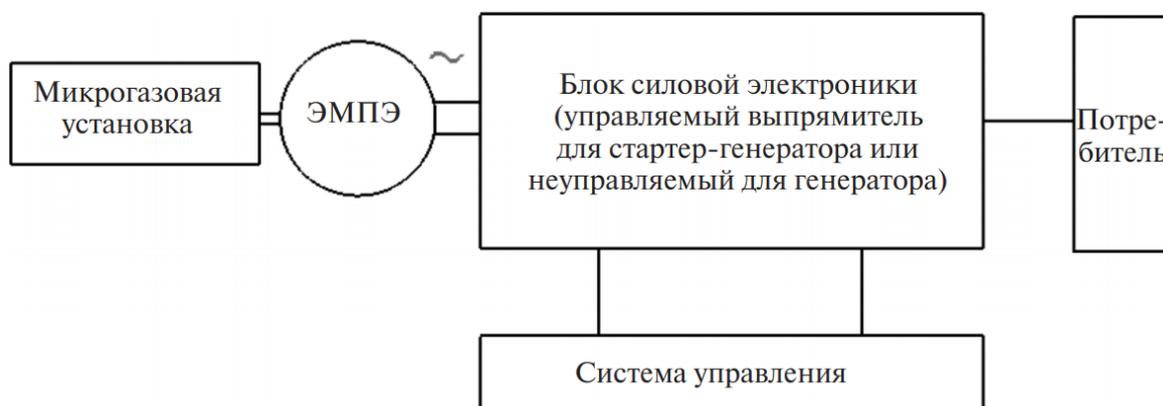


Рисунок 1. Структурная схема сверхвысокооборотного ЭМП

Корпорацией HighSpeedTurbomaschiner разрабатывается сверхвысокооборотный ЭМП с постоянными магнитами мощностью 150 Вт и частотой вращения ротора 490000 об/мин[3]. Магнитопровод статора выполнен из аморфного железа по беспазовой технологии.

Японская корпорация ИИ создает микротурбинную систему с микрогенератором. Устройство содержит безмасляную газовую турбину с интегрированным в нее сверхвысокоскоростным генератором. Частота вращения ротора микрогенератора 400000 об/мин, мощность 400 Вт. Тип микрогенератора — магнитоэлектрический, подшипниковые опоры — газодинамические.

В качестве топлива в предлагаемой установке может использоваться керосин, пропан, легкое

масло. Ожидаемые применения разработанной установки: энергоснабжение портативных устройств, использование в качестве источника питания для роботов.

Компания Robot/MechatronicsResearchCenter (Республика Корея) работает над созданием микротурбинной установки с микрогенератором мощностью 500 Вт и частотой вращения ротора 400000 об/мин для обеспечения энергией беспилотных летательных аппаратов и роботизированных комплексов [6]. Статор генератора, в отличие от рассмотренных конструктивных решений, выполнен с шестью пазами, в которых уложена трехфазная обмотка.

Тенденция к уменьшению размеров изготавливаемых деталей в машиностроении при одновременном требовании повышения качества

обрабатываемой поверхности ставит задачу создания миниатюрных станков и шпиндельных узлов небольшой мощности со сверхвысокооборотными ЭМП.

В частности, в [5] представлена конструкция и описаны перспективы применения сверхвысокооборотного ЭМП с частотой вращения ротора 200000 об/мин в микростанках для изготовления компонентов электроники. Этот ЭМП имеет беспазовую конструкцию статора из электротехнической стали 10SNEX 900 толщиной 0,1 мм. Обмотка этого ЭМП кольцевая, в каждой фазе содержится 44 витка, ротор установлен в газовых подшипниках. Управление частотой вращения ротора осуществляется с помощью бессенсорных алгоритмов. На роторе располагается бандажная оболочка, выполненная из карбона.

Также известно, что компанией Westwind (Великобритания) [1] выпускаются шпиндельные узлы нескольких типоразмеров с ЭМП с частотами вращения от 85000 до 370000 об/мин. Во всех шпиндельных узлах использованы газодинамические подшипники. При этом достижение частоты вращения 370000 об/мин дало возможность разработать сверлильный станок, позволяющий выполнять отверстия диаметром 75 мкм.

Таким образом, для машиностроения применение сверхвысокооборотных ЭМП также имеет значительные перспективы. При этом следует отметить, для нужд машиностроительной отрасли необходима разработка ЭМП с частотой вращения ротора 1000000 об/мин. Одна из важных отраслей, в

которой могут найти, и находят широкое применение сверхвысокооборотные ЭМП, — высокотехнологичная медицинская техника. В частности, ЭМП используются для насосов для перекачки крови, в различных медицинских бурмашинах и сверлильных аппаратах, а также при хирургических операциях.

#### Список литературы

1. YVestwind // Электронный ресурс URL: <http://www.westwind-airbearings.com/pcb/index.html> (дата обращения 28.10.2015)
2. Sinotech // Электронный ресурс URL: <http://www.sinotech.com/> (дата обращения 28.10.2015)
3. Исмагалов Ф.Р., Герасим А.А., Хайруллин И.Х., Вавилов В.Е. Электромеханические системы с высококоэрцитивными постоянными магнитами. М: Машиностроение. 2014.
4. Hans-Christian Lahne. Dieter Gerling. Investigation of High-performance Materials in Design of a 50000 rpm Highspeed Induction Generator for Use in Aircraft Applications // AST 2015, February 24—25, Hamburg.
5. И.С. Вавилов В.Е., Гайсин Р.А., Герасим А.А., Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х. Бессенсорное управление гибридными магнитными подшипниками // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2015. № 2.
6. Пат. РФ 2539690. Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, И.Х. Хайруллин, Р.А. Гайсин. Способ бессенсорного управления положением ротора в бесконтактных подшипниках // БИ. 2015. № 1.

УДК 666.972.12

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ АЦФ, ПАВ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА, МОНОЛИТНЫХ И СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.72.624](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.72.624)

**Мамажонов А.У.**

*к.т.н доц.*

**Тешабоева Нодира Джураевна**

*старший преподаватель кафедры*

*«Зданий и сооружений строительства»,*

*Ферганский политехнический институт*

*Узбекистан.*

### RESEARCH OF MINERAL FILLERS AND CHEMICAL ADDITIVE OF ATSE, POLYFUNCTIONAL SUR APPOINTMENTS, IN THE PRODUCTION OF CEMENT, MONOLITHIC AND COMBINED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**Mamazhonov A.U.**

*Ph.D.,*

**Teshaboeva Nodira Djuraevna**

*Senior Lecturer,*

*Department of Buildings and Structures of Construction,*

*Ferghana Polytechnic Institute,*

*Uzbekistan.*

#### АННОТАЦИЯ

На Кувасайском цементном комбинате по разработанной заводской технологии раздельного помола цементного клинкера и минерального наполнителя произведены выпуск опытных партий