

# Электрохимическая система накопления энергии на основе многослойного углеродно-полимерного ионистора

А. Рябцева<sup>1</sup>, В. Петрова<sup>2</sup>, Г. Бельских<sup>3</sup>, Д. Булатников<sup>4</sup>,  
Д. Тетерин<sup>5</sup>, А. Попов<sup>6</sup>

УДК 621.319.4 | ВАК 05.27.01

Одним из перспективных направлений разработок в области накопителей электрической энергии являются ионисторы [1]. В АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова» создана технология изготовления многослойного углеродно-полимерного ионистора с применением передовых материалов. В статье рассмотрены особенности конструктивно-технологического исполнения, характеристики, сферы применения нового устройства, проведено сравнение с импортными аналогами.

**И**онистор, разработанный в АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», – универсальное устройство, объединяющее в себе функции электрохимического конденсатора, гибридного конденсатора и химического источника тока и обеспечивающее эффективную работу в различных режимах накопления и выдачи энергии [1].

Устройство адаптировано для работы в различных режимах эксплуатации и способно работать:

- при низком напряжении – как конденсатор с двойным электрическим слоем;
- при среднем напряжении – как гибридный суперконденсатор;
- при высоком напряжении – как аккумулятор.

Особенности режимов заряда-разряда ионистора проиллюстрированы на рис. 1.

В конструкции и технологии изготовления устройства не используются токсичные, взрывоопасные и легковоспламеняющиеся компоненты.

Преимуществами разработанного ионистора являются:

- полная герметичность;
- работоспособность в любом положении в пространстве;
- отсутствие токсичных и огне-взрывоопасных материалов;
- полная необслуживаемость;
- простой алгоритм эксплуатации;
- отсутствие ограничений на транспортировку любым видом транспорта.

Основные характеристики ионисторов, созданных по разработанной технологии, представлены в табл. 1.

В конструкции ионистора применены высокотехнологичные материалы (в том числе, наномодифицированные) и электролит с улучшенными характеристиками, что позволило создать качественно новый продукт для рынка электрохимических источников тока (рис. 2).

**Таблица 1.** Основные технические характеристики ионисторов

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон рабочих напряжений, В	6...80
Удельная энергия, Вт·ч/кг, не менее	5
Удельная мощность, кВт/кг, не менее	2
Ресурс (количество циклов заряд-разряд), не менее	1 000 000
Диапазон рабочих температур, °С	-60...85

<sup>1</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», инженер-технолог 3 кат., тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

<sup>2</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», инженер-технолог, тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

<sup>3</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», начальник лаборатории материаловедения и нанотехнологий, тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

<sup>4</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», главный конструктор по силовой электронике и СЭС, тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

<sup>5</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», первый заместитель генерального директора, тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

<sup>6</sup> АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», генеральный директор, тел.: +7 (4712) 72-24-11 (доб. 3043).

Ионистор представляет собой многослойную полимер-углеродную систему, состоящую из определенного количества элементарных ячеек. Элементарная ячейка (рис. 3) содержит два разноименных углеродных электрода, пропитанных электролитом, и сепаратор между ними.

Элементарная ячейка включает в себя:

- биполярный коллектор – полимерную углеродсодержащую пленку толщиной не более 100 мкм с герметизирующим гидрофобным слоем по периметру;
- электрод – формоустойчивый тканый материал на основе наномодифицированного углерода с высокоразвитой удельной поверхностью [2];
- сепаратор – полимерный либо композиционный материал, разделяющий разнополярные электроды;
- электролит – водный раствор неорганических соединений, который дополнительно выполняет функцию наноструктурного модификатора поверхности углерода. В электролит введены добавки в виде неорганических сильнодиссоциирующих в воде



Рис. 1. График кривой заряда-разряда ионистора

соединений, позволяющих повысить поверхностную сорбцию ионов и увеличить удельную емкость. Использование в качестве коллектора токопроводящего полимера позволяет исключить химическое взаимодействие элементов конструкции устройства с электролитом, а гидроизоляционный слой исключает пробой

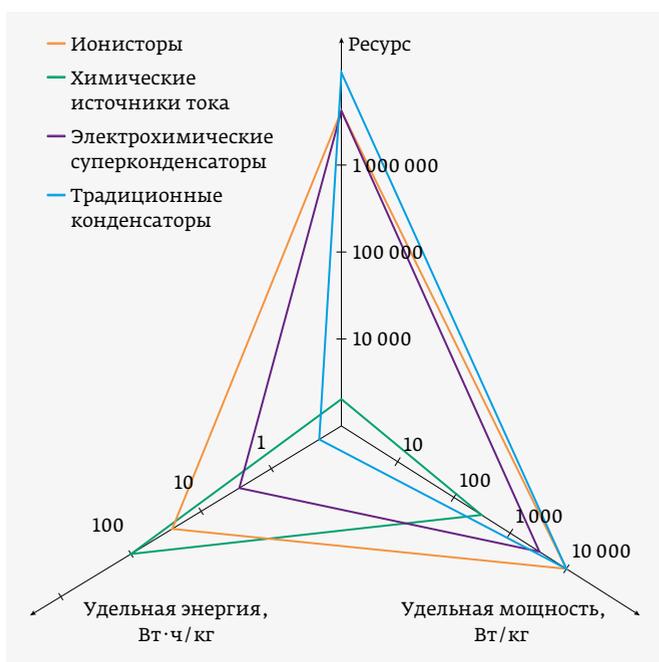


Рис. 2. Сравнение ионисторов с другими источниками тока

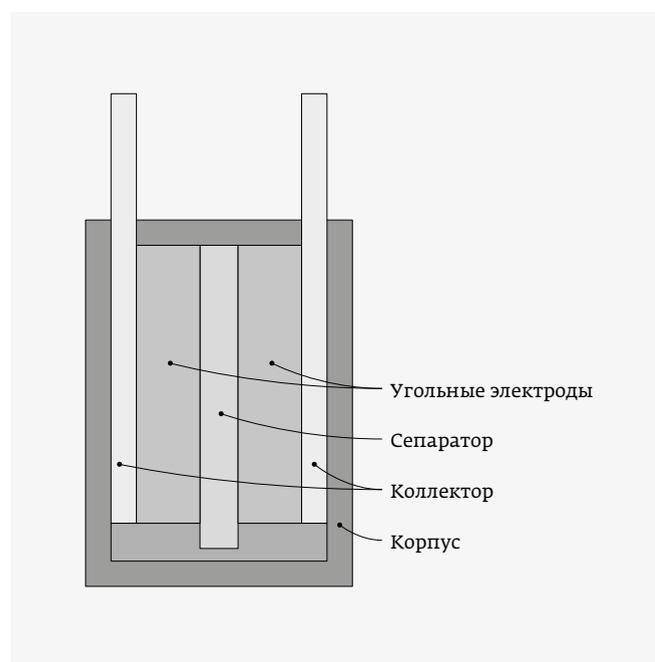


Рис. 3. Строение элементарной ячейки многослойного ионистора

по электролиту. Данные обстоятельства способствуют повышению надежности устройства.

Водный электролит обеспечивает ряд преимуществ:

- простота изготовления;
- отсутствие специального дорогостоящего оборудования для пропитки материала электрода;
- дешевле органических аналогов;
- более безопасный и экологичный [3].

Многослойный ионистор имеет модульную конструкцию, позволяющую, как и в случае аккумуляторных батарей, собирать энергетические блоки на необходимое рабочее напряжение, мощность и запасаемую энергию с учетом требований приложения (рис. 4).

Для обеспечения работы устройства в условиях экстремально низких температур в конструкции предусмотрены специальные встроенные нагреватели. С помощью датчиков обеспечивается контроль температуры внутри устройства.

Герметичность ионистора достигается посредством монтажа ячеек в корпус из облегченного сплава и последующей заливки высокотехнологичным многокомпонентным компаундом. Возможно бескорпусное исполнение.

Особенности структуры и режимы работы ионистора позволяют унифицировать его применение как для маломощных систем (например, резервных источников питания для аварийных бортовых самописцев), так и для систем, требующих большой мощности в короткий период времени (к примеру, запуск ДВС или компенсация просадок напряжения).

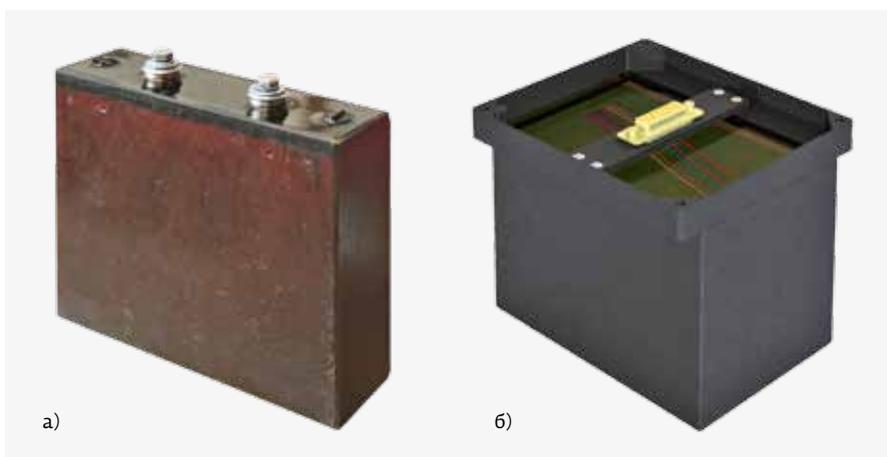


Рис. 4. Примеры модульной конструкции устройства: а – бескорпусное исполнение; б – в общем корпусе

Среди областей применения разработанного устройства можно выделить:

- системы стабилизации напряжения бортовой сети, резервные источники питания электрооборудования ЛА и наземной техники;
- системы компенсации пиковых нагрузок;
- источники импульсной энергии для питания передающих устройств радиолокационных систем, систем связи и передачи данных;
- накопители энергии в системах рекуперации / акселерации / аварийного автономного хода гибридных транспортных средств;
- обеспечение импульсной энергией сервоприводов роботов, импульсной нагрузки БПЛА, аварийных источников энергии малых космических аппаратов;
- пусковые системы двигателей внутреннего сгорания (в том числе в экстремальных условиях) и др. [4].

Сегодня одним из самых распространенных импортных продуктов в различных областях техники являются суперконденсаторы большой емкости. Среди основных

Таблица 2. Сравнение характеристик ионистора с импортными аналогами (источник – официальные сайты производителей)

Наименование модели / продукта	Удельная энергия, Вт·ч / кг	Температурный диапазон, °С	Срок службы, количество циклов	Экология
ВМ0D0063 P125, Maxwell (США)	2,53	-40...65	1 000 000	Содержит токсичный и взрывоопасный ацетонитрил
EMHSR-0062CO-125ROS, NessCap (Ю. Корея)	2,36	-50...60	1 000 000	
Образец устройства	5	-60...85	1 000 000	Не содержит токсичных и взрывоопасных компонентов

зарубежных производителей суперконденсаторов можно выделить Maxwell Technologies (США) и Nesscap (Ю. Корея). Данные производители в своих изделиях используют органические электролиты, которые обладают рядом недостатков:

- токсичность;
- огнеопасность;
- сложность изготовления;
- высокая стоимость;
- высокое внутреннее сопротивление по сравнению с водным электролитом;
- ограничение по низким температурам.

В табл. 2 представлено сравнение характеристик импортных аналогов с разработанным ионистором.

Разработанное устройство обладает повышенными характеристиками по сравнению с импортными аналогами, при этом является более экологичным и безопасным, имеет расширенный температурный диапазон. Технология изготовления ионистора более простая и дешевая в сравнении с импортными продуктами. Данное обстоятельство позволяет ориентировать производство на импортозамещение электрохимических конденсаторов зарубежного производства (суперконденсаторов, ионисторов, гибридных конденсаторов) и создание устройства нового типа для пожаровзрывобезопасных и экологически чистых автономных источников энергии с повышенными удельными параметрами в авиационной и космической отрасли.

Разработанный ионистор используется в устройстве блока бесперебойного питания регистратора (ББПР) для российского перспективного гражданского самолета, когда в зарубежных аналогах ББПР в качестве накопителя электроэнергии применены аккумуляторные батареи. Использование ионистора в качестве накопителя

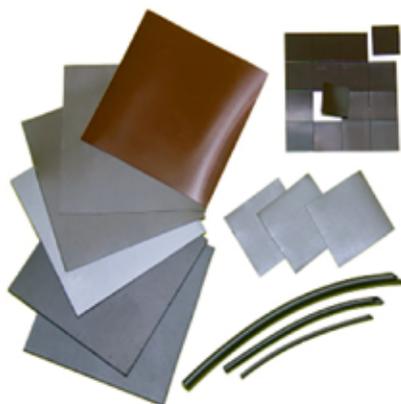
энергии являет собой уникальный опыт, позволяющий получить устройство, не имеющее аналогов применения в авиационной технике в мире.

Разработанная технология изготовления многослойного углеродно-полимерного ионистора позволяет создавать безопасные перспективные устройства накопления, хранения и выдачи энергии для различных применений в технике воздушного, наземного и морского базирования. В рамках рабочей поездки в г. Курск, состоявшейся 20 ноября 2020 года, в целях развития промышленности Курской области Министром промышленности и торговли Российской Федерации Д. В. Мантуровым дано поручение о расширении производства электрохимических ионисторов и о необходимых мерах государственной поддержки АО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова».

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Попов А. Н., Майоров А. В., Тетерин Д. П. и др.** Бортовое радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов / Под ред. Д. П. Тетерина. М.: Инновационное машиностроение, 2020. 512 с. ISBN 978-5-907104-48-8.
2. **Boses S., Kuila T., Mishra A. K., Rajasekar R., Kim N. H., Lee J. H.** Carbon-based nanostructured materials and their composites as supercapacitor electrodes // Journal of materials chemistry. 2012. V. 22. No. 3. PP. 767–784.
3. **Cheng Z., Wenbin H.** Electrolytes for Electrochemical Supercapacitors // Chem. Soc. Rev. 2015. No. 44. PP. 7489–7499.
4. **Бибиков С. Б., Мальцев А. А., Кошелев Б. В. и др.** Перспективные накопители энергии типа суперконденсаторов: принципы работы и применение в авиации и космической технике // Вестник МАИ. 2016. Т. 23. Вып. 2. С. 185–194.

Москва, 105275  
ул. Уткина, Дом 40



## ООО ТЕХНО

Тел.: (495) 735-4429  
<http://www.techno.ru>  
e-mail: [ywg@techno.ru](mailto:ywg@techno.ru)

### Электромагнитная совместимость Эластичные поглотители радиоволн

Материалы серии **EXSOB** применяются для поглощения паразитных радиочастотных сигналов и помех, подавления эффекта «стоячих волн», производимых при работе радиоэлектронных компонентов и узлов, создающих проблемы по **ЭМС** внутри корпусов и блоков аппаратуры в широком диапазоне частот.

Защита от радиочастотных помех для этого семейства поглотителей нормирована в диапазонах частот от **300 МГц до 6 ГГц**.