

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ

С целью организации производства источников питания военного назначения с использованием возможностей коммерческого сектора рынка в 1998 году правительством и несколькими предприятиями, имеющими государственные контракты на производство военной техники, в США был создан Консорциум по системам электропитания.

Статья написана по материалам конференции АРЕС'99 [1] и дополнена данными, полученными в ЗАО "ММП-Ирбис". В статье представлены дополнительные требования к коммерческим источникам питания, выполнение которых позволит использовать их в военной технике. Рассмотрены возможности достижения компромисса при реализации данного проекта.

Введение

Использование коммерческих источников питания (ИП) в военной технике (ВТ) - современная тенденция развития мирового рынка ИП [2].

В конце сентября - начале октября 1998 года в Ницце было проведено рабочее совещание, посвященное "коммерциализации" военной и космической техники (Working shop meeting "Commercialization of Military and Space Electronics"). На этом совещании отмечалось, что, если раньше в аппаратуре военного и космического назначения применялось примерно 70% радиационно-стойких изделий и 30% коммерческих, то в настоящее время наблюдается обратная картина.

Деятельность Консорциума по системам электропитания (КСЭП) (Power Supply System Consortium) финансируется из офиса секретаря безопасности США. Стратегия правительства США заключается в снижении цены на ВТ путем интенсивного использования коммерческих ресурсов (продукции, сервисного обслуживания, производственных процессов, комплектующих изделий и деталей).

Задача КСЭП состоит в разработке экономически обоснованных технических требований и вариантов исполнения коммерческих ИП. Цель - удовлетворение военных требований и максимальное использование коммерческих ИП в разработках государственных военных и космических систем электропитания (СЭП).

Правительство и государственная индустрия активно ищут методы, которые позволят получить выигрыш в цене при использовании коммерческой продукции в электронных системах (стоимость военной продукции как минимум в десять раз выше коммерческой). Например, были разработаны специальные корпуса, которые обеспечивают комфортную окружающую среду для встроенных электронных модулей с коммерческими ИП. В последствии, с целью ускорения реализации стратегии правительства, были пересмотрены требования к внешним воздействующим факторам (ВВФ) ок-

ружающей среды с точки зрения смягчения излишне завышенных требований.

Консорциум и его цели

В состав консорциума входят предприятия, имеющие государственные контракты на разработку или комплектование военных электронных систем (предприятия-контрактники) и являющиеся потребителями ИП военного назначения.

В соответствии со стратегической задачей сфера деятельности КСЭП была определена следующим образом.

Облегчение идентификации и решение технических и бизнес-вопросов, необходимых для успешного гармоничного использования усилий коммерческих и государственных разработчиков, производителей, специалистов-комплексников и потребителей источников питания.

В перспективные планы КСЭП входит разработка норм и принципов построения ИП для всех государственных военных электронных систем. На первом этапе внимание КСЭП сфокусировано на разработке норм и принципов построения государственных военных ИП для цифровых и низкоуровневых радиочастотных систем "стоечного" исполнения. Это объясняется тем, что индустриальный и телекоммуникационный секторы рынка ИП составляют более 50% общего рынка DC/DC преобразователей [1].

Установление военных требований для коммерческих ИП

Сразу после начала деятельности КСЭП семь оборонных предприятий-контрактников выявили перечень проблем, которые затрудняют использование коммерческих ИП. Краткая версия этого перечня и возможные решения этих проблем приведены в Таблице 1. Возможные решения были разработаны с учетом опыта, накопленного в индустрии одноплатных компьютеров (single board computer), предприятия которой работают над вопросом использования ресурсов коммерческого производства в ВТ уже в течение нескольких лет.

Структуры СЭП

Следующим этапом работы КСЭП было сравнение структурных схем стоечных СЭП, применяемых в военной авионике, телекоммуникациях и медицине (рис.1). Анализ показывает, что для этих областей применения основные структуры одинаковы. Различия заключаются лишь в уровнях и качестве выходных напряжений, для оценки требований к которым необходим дополнительный анализ.

Таблица 1

Проблемы	Возможные решения
Недостаточный объем и уровень испытаний. Характеристики коммерческих ИП не дают достаточной информации для подтверждения военных требований. Производители не будут гарантировать свою продукцию.	Решение проблемы - в работе с производителем. Подтверждение пригодности продукции военным требованиям может быть сделано только производителем. Военные пользователи нуждаются в гарантиях характеристик при военных ВВФ.
Недостаточные надежность, сохраняемость, ремонтпригодность, взаимозаменяемость, доверительность. Прибыль, как движущая сила разработки, в результате может дать плохую разработку.	Использование коммерческих ИП требует от производителя обеспечения очень хороших внешних параметров. Изменения для обеспечения военных параметров внесены в документацию, но не осуществляются без специального запроса (продукция двойного применения).
Недостаточная координация в управлении производством. Производители редко предоставляют информацию при внесении изменений в продукцию.	Производители должны выбрать тех, кто желает работать с военными контрактниками для выполнения их уникальных требований. Обычно производители обеспечивают необходимыми данными потребителей, если это непосредственно оговаривается в контракте.
Документация. Военные предприятия-контрактники нуждаются в минимальном наборе документации, коммерческие производители обычно не обеспечивают и этого.	Этот пункт обязательно должен быть оговорен в контракте. Решение проблемы - в установлении хороших рабочих отношений с производителем. Выберите производителей, которые хотят работать с государственными предприятиями-контрактниками.
Недостаточно полные технические характеристики. Производители не хотят выпускать технические условия для государственных предприятий-контрактников. Военные требования слишком строгие и имеют пункты, которые можно было бы исключить.	Использование коммерческих ИП может привести к адаптации "окружающей среды" под их возможности. Некоторые предприятия-контрактники облегчают требования к своим системам.
Бизнес-практика. Недоверие к надежности производителя и долговременности их функционирования.	При выборе производителя необходима обязательная двухсторонняя экспертная оценка риска.

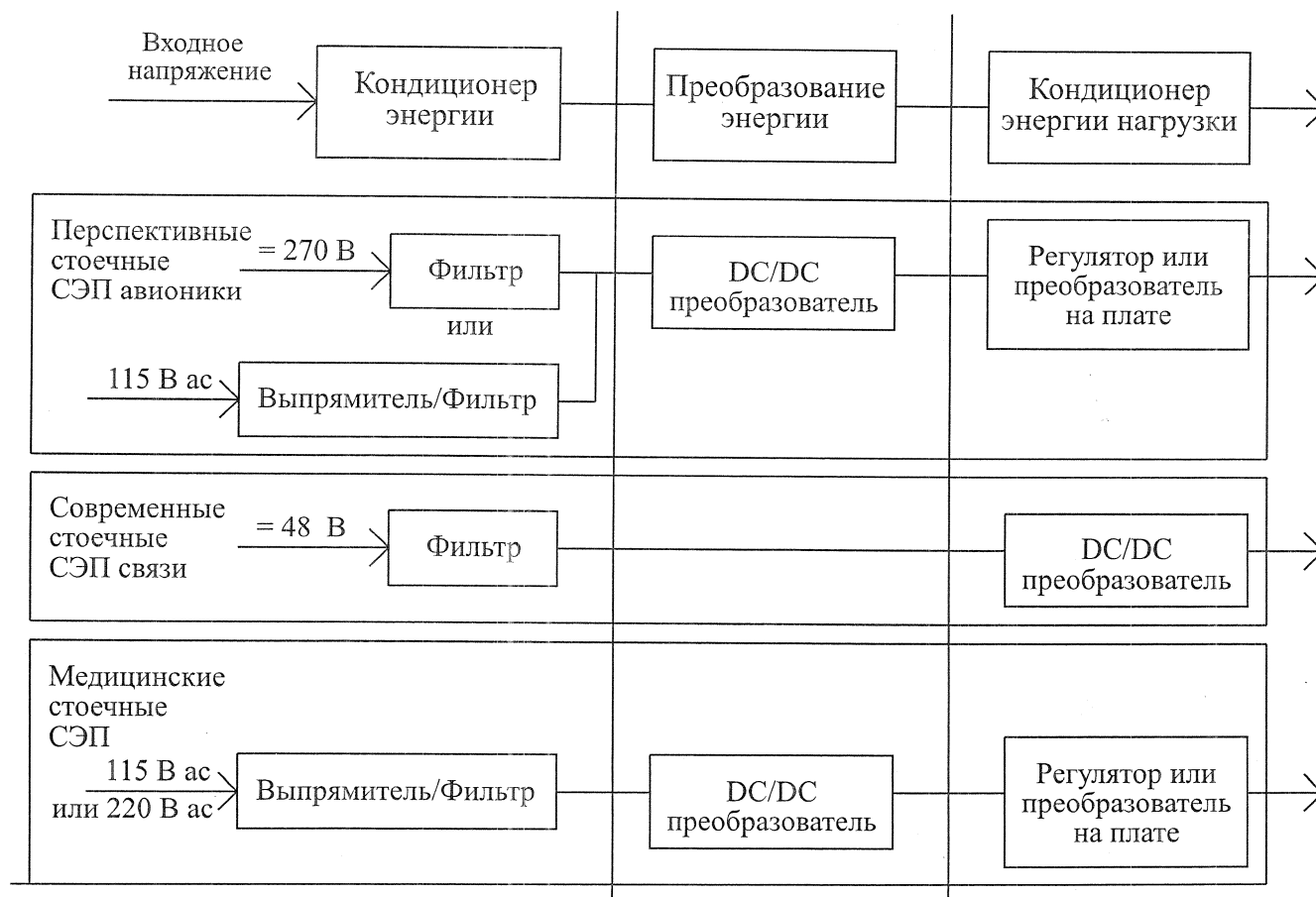


Рис. 1. Структурные схемы СЭП

Внешние параметры ИП

В результате совместного анализа было принято соглашение о том, что нормы и принципы построения ИП должны определять только внешние параметры, а не способы их реализации. Принята следующая классификация внешних параметров ИП:

- электрические (выходное напряжение, пульсации, защита от перенапряжения и т.д.);
- механические (площадь, занимаемая на плате, высота, выходные выводы т.д.);
- окружающая среда (температурный диапазон, вибрация, механический удар, влажность и т.д.);
- системная эффективность (прогнозируемая надежность, входной контроль элементов, квалификация процессов и т.д.).

Разработанный перечень внешних параметров в сокращенном виде приведен в таблице 2.

Технические требования

С целью максимально быстрого использования коммерческих ИП в государственных военных СЭП первоначально были определены предварительные технические требования (ТТ) по электрическим параметрам, сокращенный вариант которых представлен в таблице 3.

Представленные ниже ТТ - предварительные и пока не согласованы с промышленностью как "полезные". Окончательные согласования необходимы. Назначение предварительных ТТ заключается в оказании помощи разработчикам государственных военных СЭП эффективно разрабатывать системы с использованием коммерческих ресурсов. Способность ТТ выполнить эту задачу измеряется "полезностью" их применения.

Теперь необходимо согласовать с промышленностью и утвердить внешние электрические параметры и

Таблица 2

Электрические	Механические	Окружающая среда	Системная эффективность
1. Номинальное выходное напряжение	1. Условия теплоотвода-обеспечение обдува-тепловая защита-плоскость-теплопроводность	1. Температура	1.Надежность - наработка на отказ
2. Нестабильность выходного напряжения от изменения тока нагрузки	2. Выводы, допустимая токовая нагрузка	2. Вибрация	2. Обслуживание (сервис)-ремонтпригодность
3. Нестабильность выходного напряжения от изменения сети	3. Площадь, занимаемая на плате и требования к монтажу	3.Влажность (комбинированное воздействие)	3. Рекомендации по снижению характеристик
4. Температурная нестабильность	4. Отношения размеров длины, ширины, высоты- фактор формы	4.Устойчивость к воздействию агрессивных материалов (реактивное топливо, гидравлическая жидкость, антифриз, газы, коррозионные агенты)	4.Методология для определения наработки на отказ, HALT, Mil-HDBK-217
4а. Временной дрейф выходного напряжения			
5. Точность уставки выходного напряжения	5. Прочность выводов - отношение длина/диаметр	5. Солевой туман	5. Подтверждения соответствия от сертифицирующих агентств
6. Диапазон удельной мощности	6. Масса	6. Линейное ускорение	6. ISO-регистрация
7. Пульсации выходного напряжения	7. Паяемость выводов	7. Высотность	7. Статистический контроль процессов - тестирование образцов
8. Программирование выходного напряжения, управляемого нагрузкой	8. Температурный коэффициент расширения	8. Пониженное атмосферное давление	8. Внешний вид (Предупреждение об изменениях)
9.Возможность подстройки напряжения (возможность изменения уставки пользователем)	9. Прочность корпуса - краска, покрытие	9. Механический удар	9.Гарантии
10. Защита от перенапряжения	10. Излучательная способность корпуса	10. Плесневые грибы	10. Поверка испытательного оборудования и стандарты
11. Защита от пониженного напряжения	11. Элементы крепления	11.Песок и пыль	11.Возможность продаж /Долговечность продукта
12. Характеристики перенапряжения	12. Соединители	12.Взрывоопасная атмосфера	12.Процесс квалификации стандартный, модифицированный, полностью потребительский
13. Характеристики перегрузки по току	13. Переходное сопротивление на шасси	13. Термоудар (циклическое изменение температуры)	13. Технологическая линейка / Испытания в процессе производства
14. Время поддержания выходного напряжения	14. Центр тяжести	14. Комбинированные эффекты (множество ВВФ одновременно)	14. Квалификация комплектующих элементов
15. Траектория запуска	15. Отверстия для выводов	15. Акустический шум	15. Квалификация материалов / Пригодность

Электрические параметры	Технические требования
1. Номинальное выходное напряжение	Диапазон 0.8 - 50 В
2. Нестабильность выходного напряжения от изменения тока нагрузки	0.5% - 1% (при изменении нагрузки на 100 %)
3. Нестабильность выходного напряжения от изменения сети	0.05% - 0.5%
4. Температурная нестабильность	0.01 - 0.02 % / °С
5. Точность уставки выходного напряжения	0.5 - 1% (Либо заводская установка, либо установка пользователем в том же диапазоне)
6. Диапазон удельной мощности	160W/in ³
7. Пульсации выходного напряжения	1 % от пика до пика для $U_{\text{вых}} = 5В - 50В$ на частоте переключений; 2% от пика до пика для $U_{\text{вых}} < 5В$ на частоте переключений; частотный диапазон 20МГц. Требования не предъявляются - слишком специфично.
8. Программирование выходного напряжения, управляемого нагрузкой	50% - 110% от номинального выходного напряжения
9. Возможность подстройки напряжения (возможность изменения уставки пользователем)	Должна быть достаточной для защиты источника питания и иметь возможность для повторного включения с целью обеспечения многократного срабатывания.
10. Защита от перенапряжения	Должна быть достаточной для защиты источника питания и иметь возможность для повторного включения с целью обеспечения многократного срабатывания.
11. Защита от пониженного напряжения	Должна быть достаточной для защиты источника питания.
12. Характеристика перенапряжения	Производитель должен определить и гарантировать характеристику перенапряжения.
13. Характеристика перегрузки по току	Должна быть достаточной для защиты источника питания. Производитель должен определить и гарантировать характеристику перегрузки по току.
14. Время поддержания выходного напряжения	Производитель должен обеспечить этот параметр, который используется для определения необходимой величины внешней емкости.
15. Траектория запуска	Производитель должен обеспечить эту характеристику.

технические требования для механических ВВФ, условий окружающей среды и системной эффективности ИП. Цель - обязать государственную военную индустрию принять эти нормы и принципы построения ИП повсеместно в разработках, спецификациях и защите своих СЭП, повышая их привлекательность и доступность.

Для достижения этой цели государственная оборонная индустрия должна продолжать расширять свое участие в деятельности консорциума. Необходимо расширить помощь коммерческой индустрии в оценке применимости разработанных норм и принципов построения ИП к их продукции и производственным процессам.

В заключении этого раздела можно сказать, что при внедрении в разработки государственных СЭП источников питания с коммерчески обоснованными нормами и принципами построения, на первом этапе решались две задачи.

Первая (решена) - защита со стороны правительства интересов предприятий-контрактников оборонных систем.

Вторая - необходимость достижения заинтересованности и желания передовых производителей коммерческих ИП в согласовании разработанных ТТ, норм и принципов построения ИП для использования их в ВТ.

Этот вид деятельности был только начат, но ответы от небольшого количества производителей были положительными. Очевидно, что не все коммерческие производители ИП будут иметь возможность или желание участвовать в разработке ТТ, норм и принципов построения, или согласиться с ними, когда разработка будет завершена. КСЭП будет просить передовых коммерческих производителей ИП (телекоммуникации, медицина, индустрия), имеющих большие резервы, принять участие в его работе. Хочется верить, что часть этих передовых коммерческих компаний, стремящихся расширять свой бизнес, будут проявлять желание участвовать в согласовании или разработке ТТ, норм и принципов построения ИП. В конечном счете, использование данных коммерчески обоснованных ТТ, норм и принципов построения ИП повысит профессионализм производителей ИП, уменьшая при этом цену на государственные промышленные системы, результатом чего будет ситуация ВЫИГРЫШ-ВЫИГРЫШ.

Теперь о состоянии этого вопроса в России.

Сегодня известны три российских компании, разрабатывающие и производящие стандартные ИП военного назначения. Это ФГУП "НПП ЭлТом", ЗАО "Электронинвест ИК" и ООО "Александр-Электрик". И хотя эти предприятия разрабатывают и производят

ИП специально для ВТ, по всем требованиям военных стандартов, они встречают колоссальные организационные трудности. Так, например, ФГУП "НПП ЭлТом" долгое время не могло утвердить в Министерстве обороны (МО) технические условия (ТУ) на первые российские военные стандартные ИП только по одной причине - *один* примененный компонент (полевой транзистор) не имел приемки представительства заказчика (ПЗ)! Сегодня ЗАО "Электронинвест ИК" не может утвердить ТУ на свои ИП в МО по аналогичной причине, правда, у них применено четыре компонента, не имеющих приемку ПЗ. По мнению автора, это красноречиво свидетельствует о "заинтересованности и помощи" российского МО в модернизации и создании новой ВТ, особенно на фоне изложенного выше американского подхода к решению этой проблемы.

ЗАО "ММП-Ирбис" совместно с ЗАО "НПП "Сапфир-КНС", имеющим государственную лицензию на разработку и производство ИП, в рамках корпоративного договора попробовали решить в России вопрос использования коммерческих ИП в ВТ. Этому решению способствовал тот факт, что на протяжении довольно долгого времени ЗАО "ММП-Ирбис" поставляло коммерческие блоки для использования в ВТ:

- КБ "Корунд-М" применило блоки питания типа МПВ60 в базовой магистрально-модульной мультипроцессорной вычислительной системе реального времени (шифр "Багет");

- ЗАО ОКБ "Русская авионика" использует модули типа МПВ15 в аппаратуре, работающей по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS (NAVSTAR) и бортовом цветном многофункциональном индикаторе самолета МИГ-29;

- Пермская научно-производственная приборостроительная компания применяет блоки питания МПВ15 и МПВ60 в репитерах гирокурсоуказателей ГКУ-5 "Гюйс";

- НТИП "Регата" применяет блоки типа МПВ15 в бортовых самолетных контрольно-диагностических системах;

- модули типа МПВ15 обеспечивают электропитание радиолокационной головки наведения, разработанной и выпускаемой в МНИИ "Агат";

- МКБ "Компас" использовало модули типа МПВ3 и МПВ15 в аппаратуре А-737 для всех типов летательных аппаратов ВВС, и в аппаратуре 14Л91- для космических летательных аппаратов;

- концерн "Космическая связь" использует блоки питания типа МПВ3, МПВ15 в переносном спутниковом связном терминале, разработанном для нужд ФСБ;

- ГУП "Пензенский радиозавод" использует модули МПВ3 и МПВ15 в наземном связном оборудовании КСА УС КСИЛ. 468364.006;

- ГУП НПЦ "Оптэкс" применило модули МПВ3 и МПВ15 в бортовом стандарте времени и частоты на космическом аппарате "Метеор-3М", функционирующим на орбите уже в течение полугода.

В феврале-мае 2000г. ЗАО "НПП "Сапфир-КНС",

"ММП-Ирбис" совместно с ПЗ 143, аккредитованном при ЗАО "НПП "Сапфир-КНС", успешно завершили квалификационные испытания первых трех типов блоков питания ВМПЗ (ТУ 6589-002-18497952-99), ВМП15 (ТУ 6589-001-18497952-99) и ВМП50 (ТУ 6589-003-18497952-99) с военной приемкой для аппаратуры группы Г ГОСТ В24425-99 и классов 1, 2, 3, 4, 5 ГОСТ В20.39.304-76. К настоящему времени, в соответствии с требованиями военных стандартов, под наблюдением ПЗ 143 дважды проведены периодические испытания указанных блоков с положительными результатами (протоколы испытаний от 29.12.2001 и 31.05.2002).

Тем не менее, Решение по Акту приемки установочной серии и ТУ на блоки питания до сих пор не утверждены в МО РФ по причине наличия в указанных блоках питания импортных компонентов. Уже на протяжении года ЗАО "НПП "Сапфир-КНС" пытается оформить решение о применении импортных компонентов в соответствии с приказом Министра обороны № 41 от 23.01.2001г., регламентирующим порядок применения импортной техники. Несмотря на наличие этого приказа, отношение чиновников МО к применению коммерческих ИП в ВТ резко отрицательное: "...Источники питания, предлагаемые коммерческими предприятиями и изготовленные с применением импортной элементной базы, не соответствуют требованиям Минобороны в части специальных требований, эксплуатационной надежности, а также положениям Инструкции о порядке применения модулей иностранного производства в системах и комплексах военного назначения" [3]. Причем, это утверждается априори, не удосужившись ознакомиться с результатами испытаний и опыта эксплуатации ИП, полученными в ЗАО "НПП "Сапфир-КНС" и "ММП-Ирбис".

В соответствии с Протоколом определительных испытаний от 29.07.97г. и Техническим обоснованием № 2, утвержденными директором ГУП НПЦ "Оптэкс" и согласованными с начальником ПЗ 3960, модули питания типа ВМПЗ и ВМП15 выдерживают воздействия специальных факторов по ГОСТ В 20.39.404 для группы IV с характеристиками И1, И2, И3, С1, С3, К1, К3.

По результатам испытаний предприятием ГУП НПЦ "Оптэкс" совместно с ПЗ 3960 определены показатели надежности модулей питания типа ВМП:

- среднее значение ресурса равно 241 088 час;

- средняя наработка до отказа равна 4 729 221 час.

Эти показатели надежности значительно превосходят значения, требуемые для современной российской ВТ (наработка до отказа 300 000 час [4]).

Кроме того, к модулям ИП по ВВФ предъявляют требования стандартов "Климат-7", а не "Мороз-6", как для функциональной аппаратуры [5], что еще более затрудняет применение коммерческих ИП в ВТ.

Заключение

Богатейшая страна мира, США, считает необходимым на правительственном уровне решать вопрос об

использовании коммерческих источников питания в военной технике с целью снижения ее цены.

В США прилагаются определенные усилия и вкладываются средства для вовлечения в эту работу максимального количества передовых коммерческих производителей источников питания.

В России, имеющей уровень жизни в девятнадцать раз ниже, чем в США, несмотря на наличие Приказа Министра обороны № 41 от 23.01.2001г., работа по организации использования коммерческих источников питания в военной технике не проводится и не планируется.

Предприятия (ЗАО "НПП "Сапфир-КНС", "ММП-Ирбис", "Александр-Электрик"), приложившие усилия и вложившие свои средства в организацию производства коммерческих источников питания для военной техники, не встречают заинтересованности, понимания и оценки проделанной работы со стороны чиновников Министерства обороны России.

Представляется необходимым привлечь к решению этой проблемы на правительственном уровне существующие в России Ассоциацию разработчиков, изготовителей и потребителей средств электропитания и Ассоциацию инженеров силовой электроники.

Литература

1. *S.Navarro, E.Mabe M.Soraya.* Aligning Military Requirements for Power Supply Systems with Commercial Resources.- Applied Power Electronics Conference (APEC'99) Proceedings, 1999, pp.55-60.

2. *Лукин А.В.* Современный рынок источников питания. Новая стратегия, проблемы, парадоксы.-Электронные компоненты, 1997, № 5-6. С.38-41.

3. *Критенко М.И., Полянский Е.М., Исаев В.М., Заика П.Н., Алешин И.Е., Игнатьев В.В.* Концепция развития систем вторичного электропитания радиоэлектронных средств военного и специального назначения. // Электропитание: Научно-технический сб.- М.: Ассоциация "Электропитание", 2001. Вып.3. С.5-17.

4. *Исаев В.М.* Современные требования к надежности источников вторичного электропитания военного назначения. // Электропитание: Научно-технический сб.- М.: Ассоциация "Электропитание", 2002. Вып.4. С.5-9.

5. *Исаев В.М., Алешин И.Е., Гамкредидзе С.А., Сенецкий С.А., Довбня В.Г., Заика П.Н.* Развитие системы стандартизации электронных модулей радиоэлектронной аппаратуры военного назначения и систем электроснабжения. // Электропитание: Научно-технический сб.- М.: Ассоциация "Электропитание", 2001. Вып.3. С.18-28.