

УДК 629.76.08 + 629.76.06

Р.А. АНДРЮКОВ<sup>1</sup>, К.Н. ЗЕМЛЯНОЙ<sup>1</sup>, В.П. ФРОЛОВ<sup>1</sup>, С.В. СИДЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля, Украина

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, УЧАСТВУЮЩЕГО В ПОДГОТОВКЕ КА, НА СТАРТОВОЙ ПОЗИЦИИ КОСМИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

Для обеспечения качественного электропитания ответственных систем, особо критичных к просадкам напряжения питания и к перебоям в электроснабжении является необходимостью наличие системы гарантированного питания на любом КРК.

**космический ракетный комплекс, технологическое оборудование, ракета-носитель, система электроснабжения**

### Введение

Современный космический ракетный комплекс представляет собой сложную взаимосвязанную систему, состоящую из большого количества технологического оборудования (ТО) и технических систем (ТС), территориально разобщенных на значительные расстояния, функционирование которых подчинено единому непрерывному технологическому процессу подготовки и пуска ракеты-носителя (РН) с космическим аппаратом (КА).

### 1. Постановка задачи

Технологический процесс подготовки и проведения пуска РН с КА на стартовом комплексе (СК) космического ракетного комплекса (КРК) характеризуется рядом особенностей и специфических признаков:

- жесткой циклограммой работы технологического оборудования КРК, связанной с необходимостью пуска РН с КА в строго определенное время;
- большим ущербом, связанным с нарушением технологического процесса при провалах напряжения в системе электроснабжения стартового комплекса (СЭС СК) в том числе с потерей работоспо-

собности технологического оборудования СК;

- возникновением, при полном или длительном перерыве электроснабжения, угрозы выхода из строя ТО, взрыва, пожара, опасности для жизни и здоровья обслуживающего персонала, в связи с наличием взрывоопасных и токсичных веществ, используемых при заправке РН;

- пикообразным графиком потребляемой мощности, характеризующимся относительно малым электропотреблением в режиме дежурства и профилактических работ на СК (несколько сотен кВт) и большой потребляемой мощностью (несколько МВт) в режиме штатных работ при подготовке и пуске РН с КА на СК;

- высокой требуемой степенью надежности технологического оборудования и систем КА, работающих без присутствия обслуживающего персонала во время максимума нагрузки при проведении пуска РН с КА.

Учитывая указанные особенности при подготовке и пуске РН с КА, следует отметить, что общепромышленная система электроснабжения не сможет обеспечить требуемых технологическим оборудованием и космическим аппаратом показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

Опыт подготовки РН к запускам в последние годы показал, что существующие ранее созданные СК КРК обеспечиваются электроэнергией с перебоями из-за несовершенства систем внутреннего электроснабжения, связанного с использованием в них морально и физически устаревших источников электроснабжения и требуют постоянное привлечение дорогостоящих резервных средств обеспечения электроэнергией, в частности, газотурбинных энергоустановок. Из-за неудовлетворительного электроснабжения и, соответственно, сбоев в работе технологического оборудования СК, у заказчиков пусковых услуг складывается неблагоприятное мнение о надежности РН в целом, что снижает конкурентоспособность РН на рынке пусковых услуг.

Таким образом, можно сделать вывод, что штатная эксплуатация РН в подобных условиях недопустима по техническим и экономическим причинам.

Особенно остро стоит вопрос в связи с перспективой проведения в ближайшие годы запусков РН "Днепр", "Зенит-М", "Циклон-4" по коммерческим программам.

Таблица 1  
Типовой состав СЭС СК

Оборудование	Функция
Источник бесперебойного питания (ИБП)	Обеспечение бесперебойного питания ТО СК
Щит распределительный технологического оборудования (ЩР ТО)	Приём и распределение электроэнергии по помещениям
Устройства преобразования электроэнергии (УПЭ)	Преобразование напряжения 380/220В переменного в напряжение постоянного тока $28,5 \pm 1,5В$
Щит гарантированного питания технологического оборудования ЩГП ТО	Приём и распределение гарантированного питания потребителей
Комплект кабелей внутрисистемных связей	Внутрисистемные связи. Подвод электропитания к потребителям
СККЭУ система контроля качества электроэнергии и управления	Обеспечение контроля качества электроэнергии, регистрацию параметров, документирование и отображение информации на ПЭВМ.

## 2. Решение проблемы электроснабжения ТО

СЭС СК состоит из СЭС технологического оборудования и СЭС технических систем. Типовой состав СЭС СК представлен в табл. 1.

Усложнение обслуживаемой аппаратуры РН и особенно обслуживаемой аппаратуры коммерческих КА, имеющей в своем составе до 20 управляющих компьютеров, требует обеспечения электропитанием с высокими показателями качества электроэнергии.

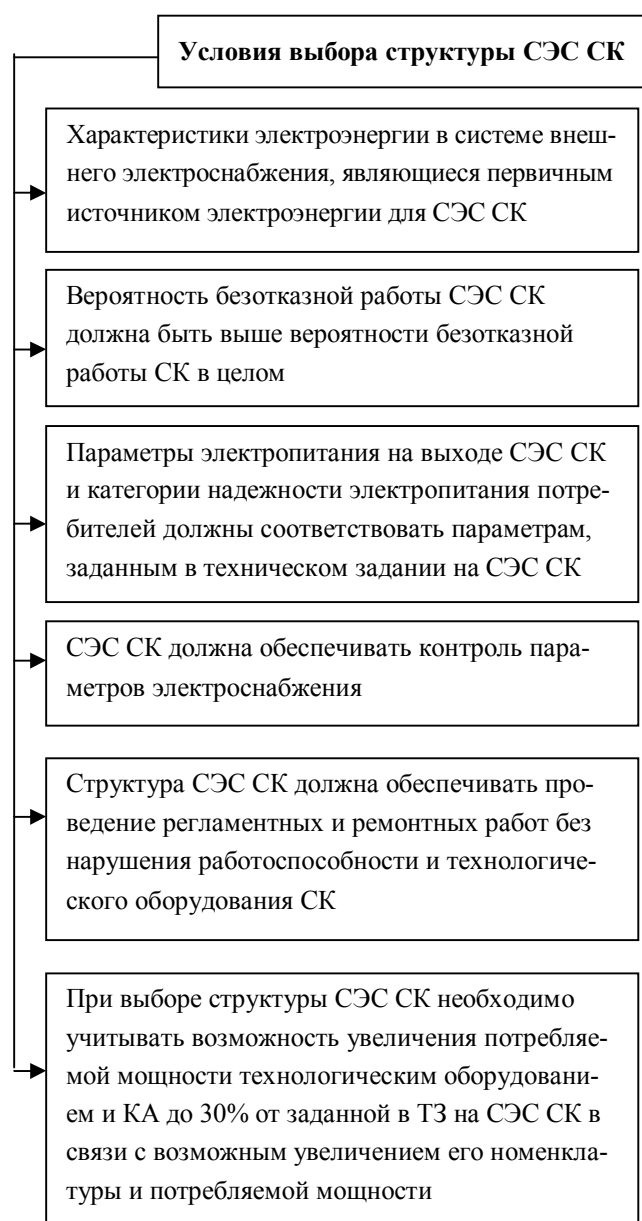


Рис. 1. Условия выбора структуры СЭС СК

Решение вопроса надежного электроснабжения технологического оборудования и систем, участвующих в подготовке РН и КА на СК КРК, может быть обеспечено использованием СЭС СК, построенных на современной элементной базе и совмещающих в себе функции гарантированного электропитания с требуемыми выходными характеристиками и обеспечением автоматического контроля ПКЭ.

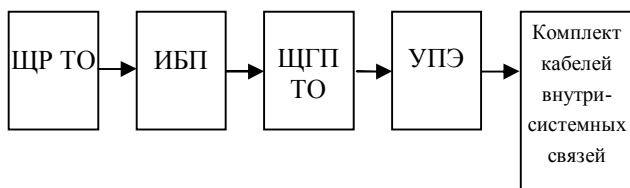


Рис. 2. Структурная схема надёжности СЭС ТО СК

Таким образом, для того чтобы обеспечить бесперебойное электропитание ответственных систем, особо критичных к просадкам напряжения питания и к перебоям в электроснабжении становится необходимостью наличие системы гарантированного питания (СГЭП) на любом КРК.

### 3. Система гарантированного электропитания как объект исследования

Система гарантированного электропитания – это совокупность устройств, основной задачей которых является поддержание параметров электропитания большой группы оборудования в заданных пределах при отклонениях параметров напряжения электросети и, как следствие, защита электропотребителей по цепи питания.

Сегодняшнее состояние развития электроники и электротехники позволяет создать СГЭП на новых принципах – с использованием автоматизированных дизель-электрических станций, статических источников бесперебойного питания, фильтро-симметрирующих устройств, системы контроля качества электроэнергии.

При проведении работ с КА на СК КРК гаранти-

рованное электроснабжение оборудования КА и технологического оборудования, участвующего в подготовке КА, обеспечивается от СГЭП по I категории надежности (группа 1А).

Первичным источником электроэнергии являются два независимых ввода от системы внутреннего электроснабжения КРК (СВЭС КРК). При отсутствии электроэнергии от СВЭС КРК (или при отклонении характеристик электроэнергии от заданных норм качества) электроснабжение оборудования КА обеспечивается от ДЭС со второй степенью автоматизации (рис. 3), которая обеспечивает дистанционное автоматизированное и автоматическое управление его пуском, предпусковыми операциями, частотой вращения и остановкой.

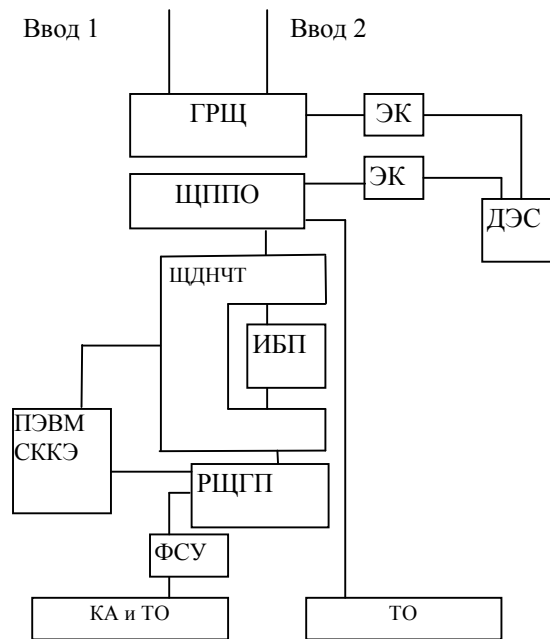


Рис. 3. Структурная схема системы гарантированного питания

Система гарантированного питания должна состоять из: автоматизированной дизель-электрической станции (ДЭС); статического источника бесперебойного питания (ИБП); коммутационно-распределительных устройств (электроколонок ЭК, группы распределительных щитов ГРЩ, щита питания потребителей особой группы ЩЩПО, щита гарантированного питания РЩГП); фильтро-

симметрирующих устройств (ФСУ); системы контроля качества электроэнергии (СККЭ), в состав которой входят ПЭВМ, щиты датчиков напряжения, частоты и тока (ЩДНЧТ); комплекта кабелей внутрисистемных связей.

В случае пропадания напряжения от СВЭС КРК и ДЭС (или при отклонении характеристик от заданных норм качества) электроснабжение НВЭО КА и ТО осуществляется автономно от ИБП на время, необходимое для безаварийного отключения потребителей электроснабжения.

Для устранения помех в кабельной сети СГЭП, ухудшающих качество электроэнергии, устанавливаются сетевые фильтры, экранируются и заземляются кабели.

### **3.1. Состав и назначение системы контроля качества электроэнергии.**

Важнейшим элементом в СГЭП является система контроля качества электроэнергии, работающая совместно с системой управления СГЭП.

СККЭ представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий в себя средства для сбора первичной информации – датчики тока, напряжения и частоты, её преобразования и передачи на персональную ЭВМ, собственно ЭВМ со встроенной платой аналого-цифрового преобразователя и специальное программное обеспечение для обработки и архивирования полученных результатов.

Общая структура и программное обеспечение СККЭ адаптированы для решения задач контроля качества электроэнергии на СК. В качестве устройств сбора информации применяются автономные микропроцессорные контроллеры, устанавливаемые внутри распределительных щитов соответствующих элементов комплекта устройств бесперебойного питания и объединенные в информационную сеть с ЭВМ при помощи стандартного коаксиального кабеля. В процессе работы СККЭУ, сервер системы циклически опрашивает измерители электрических

параметров, контроллеры аналогового и дискретного ввода и сохраняет полученные данные в архивированном виде для предоставления их в удобном виде оператору СЭС СК.

### **3.2 Программное обеспечение системы контроля качества электроэнергии.**

Программное обеспечение системы создается на базе SCADA системы «MONITOR-PRO» (Shneider Electric) или аналогичных систем. При этом программное обеспечение выполняет следующие задачи:

- автоматизированный сбор информации о показателях качества электроэнергии с привязкой к текущему времени;
- регистрацию информации;
- контроль функционирования трактов сбора и регистрации информации;
- вывод значений параметров на средствах визуального отображения информации;
- обработку информации;
- архивацию обработанной информации и формирование отчетных материалов.

Программное обеспечение позволяет организовать работу СККЭ следующим образом. Вначале СККЭ устанавливается в режим регистрации электромагнитных процессов с максимальной скоростью регистрации. После обработки определённого массива информации, охватывающего типовые технологические режимы нагрузки, ЭВМ производит расчет характерных значений токов и напряжений. Затем СККЭ переходит в режим регистрации процессов, отклоняющихся от типовых, более чем на 10%. При этом регистрируются именно те режимы, которые могут привести к сбоям в работе потребителей гарантированного электропитания. Как правило, это внезапные изменения тока нагрузки и токов нейтралей, сопровождающиеся соответствующими изменениями напряжений. Также по отклонениям синусоидальности напряжения регистрируются режимы

нагрузки с превышениями заданного уровня искажения синусоидальности напряжения.

Из массивов мгновенных значений напряжений и токов рассчитываются диаграммы изменения действующих и амплитудных значений напряжений, действующих и амплитудных значений токов нагрузки, частота напряжений, коэффициенты несинусоидальности напряжений. Рассчитываются также коэффициенты несимметрии трёхфазной системы напряжений.

Анализ принимаемой информации и запись полученных результатов производятся в автоматическом режиме и не требует вмешательства оператора.

По завершении очередного технологического цикла испытаний по команде оператора производится окончательная обработка, построение графиков и вывод протоколов испытания на печать.

### Заключение

Выбор структуры системы электроснабжения СК в соответствии с требованиями по электропитанию технологического оборудования, размещаемого на СК, во всех режимах эксплуатации является важнейшим вопросом для осуществления новых проектов по запуску коммерческих спутников.

При этом особое внимание уделяется вопросам создания системы контроля качества электроэнергии и управления, которая является составной частью СЭС СК.

Система гарантированного электропитания построенная по принципу использования автоматизированных ДЭС, статических источников бесперебойного питания и системы контроля качества элект

троэнергии позволит обеспечить надежное электропитание потребителей КРК в свете коммерческих запусков, где важно получение качественных характеристик электроэнергии.

Использование СЭС СК по ранее описанной схеме обеспечит необходимый уровень надежности и показателей качества электропитания КА и технологического оборудования, участвующего в подготовке КА, во всех режимах эксплуатации СК перспективных КРК.

### Литература

1. Ванке В.А., Лесков Л.В., Лукьянов А.В. Космические энергосистемы. – М: Машиностроение, 1990. – 144 с.
2. Глушко В.П., Бармин В.П., Бушуев К.Д., Верещетин В.С. и др. Космонавтика: Энциклопедия – М.: Сов. энциклопедия, 1985. – 528 с.
3. Грилихис В.А., Соловьев В.А. Вопросы космической энергетики. – М.: Мир, 1971. – 290 с.
4. Сердюк В.К., Толяренко Н.В., Хлебникова Н.Н. Ракетостроение и космическая техника. – М.: ВИНТИ, 1990. – 6, 10, 11 части.
5. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета : Изд. 2-е. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. – 496 с.
6. Инженерный справочник по космической технике / Под ред. А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977. – 432 с.

*Поступила в редакцию 24.05.2005*

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент С.В. Губин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.