

УДК 629.7.064.5

В.С. РЕВА, В.П. ФРОЛОВ, К.Н. ЗЕМЛЯНОЙ*ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля», Днепропетровск*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ И МЕТОДОВ ИХ ПАРИРОВАНИЯ НА ЭТАПАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА

Приведены и проанализированы нештатные ситуации (НШС) возникающие в системе электроснабжения наземного комплекса (СЭС НК) связанные с отклонением от нормы качества параметров электроэнергии, а также в момент предстартовой подготовке, указаны методы парирования при возникновении НШС. В соответствии с этим определены показатели качества электроэнергии, влияющие на циклограмму подготовки к пуску РКН, контроль которых осуществляется системой контроля качества электроэнергии (СККЭ). Построена общая модель безопасности СЭС НК в процессе эксплуатации. Определены последствия отказов элементов системы электроснабжения во время эксплуатации. Даны рекомендации по оптимизации работы СЭС НК. Определены основные мероприятия по обеспечению безопасности системы электроснабжения наземного комплекса.

Ключевые слова: нештатные ситуации, безопасность, структура, электроэнергия, система электроснабжения, эксплуатация, качество.

Введение

Коммерциализация запусков КА, страхование полезного груза требуют поиска научно обоснованного компромисса между ожидаемым эффектом от применения РКН с КА и риском возможных потерь при возникновении происшествий. Одним из видов рисков, связанных с работами на космическом ракетном комплексе в периоды эксплуатации, являются нештатные ситуации (НШС), приводящие к потере космическим ракетным комплексом (КРК) способности выполнять заданные функции и требующие, в связи с этим, изменения технологии (порядка и объема) или прекращения работ.

Одним из важнейших элементов КРК, обеспечивающих подготовку к пуску и запуск РКН, является система электроснабжения наземного комплекса (СЭС НК). Взаимодействуя с другими системами космического ракетного комплекса, обеспечивая их электроэнергией требуемого вида и качества во всех режимах эксплуатации, в условиях жесткой циклограммы работы на КРК, СЭС НК является ключевой технологической системой, без которой невозможно функционирование КРК.

1. Оценка безопасности

Оценивание безопасности – одна из проблем эксплуатации изделий систем электроснабжения КРК. Основопологающим принципом обеспечения безопасности является снижение опасности до минимума. Однако принципиальная невозможность

достижения нулевого риска возникновения опасных ситуаций ставит проблему задания и оценивания риска (уровня опасности) в вероятностном аспекте при эксплуатации СЭС.

Оценивание безопасности эксплуатации СЭС проводится в двух основных направлениях:

1. Получение вероятностных оценок или статистических характеристик возникновения опасных ситуаций и определение основных направлений их снижения.
2. Учет последствий возможных происшествий при эксплуатации изделий наряду с оцениванием вероятности их возникновения.

Анализ безопасности эксплуатации СЭС может быть разделен на этапы (рис. 1).

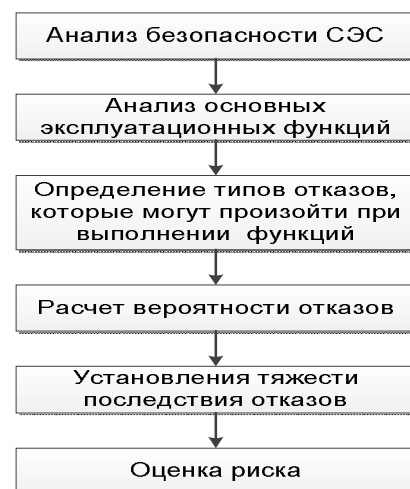


Рис. 1 Анализ безопасности эксплуатации СЭС

Под нештатной ситуацией понимается состояние составных частей СЭС не предусмотренное программой штатного функционирования. Нештатная ситуация может иметь два вида: неопасная и опасная.

Устранение неопасной ситуации обеспечивается обслуживающим персоналом в соответствии с инструкцией по эксплуатации или техническим заданием на устранение нештатной ситуации.

Модель развития нештатной ситуации представлена на рис. 2.



Рис. 2. Общая модель безопасности в СЭС

2. Анализ нештатных ситуаций в СЭС

При сложной специфике работы электропотребителей на КРК по подготовке и проведения пуска РН возникают возможные причины и следствия нештатных ситуаций, связанных с качеством электроэнергии (табл. 1).

Для нештатных ситуаций, связанных с качеством электроэнергии, предусмотрена и внедрена система контроля качества электроэнергии (СККЭ).

Основной задачей систем контроля качества электроэнергии является обеспечение контроля параметров питания на зажимах электропотребителей технологического оборудования (ТО) посредством контроля осциллограмм напряжения переменного тока, значений напряжения 380/220 В и 28,5 В, значений частоты и коэффициента несинусоидальности напряжения переменного тока.

Однако если нештатные ситуации, связанные с качеством электроэнергии, являются таковыми для КРК, то для самой системы электроснабжения это один из режимов ее нормального функционирования.

Данные по возможным нештатным ситуациям составных частей системы электроснабжения при предстартовой подготовке (ПСП) приведены в табл. 2.

Влияние некоторых НИС могут привести к отказу отдельных элементов системы электроснабжения. Индекс критичности (CN) для характерных видов отказов в процессе НИС следует из тяжести последствия отказа и вероятности возникновения данного вида отказа, т.е.:

$$CN = SN \cdot PN \cdot DN ,$$

где SN – индекс тяжести;

PN – индекс вероятности;

DN – индекс выявляемости.

Вероятность отказа определяется следующим выражением:

$$Q = 1 - P ,$$

где P – вероятность безотказной работы, которая определяется по выражению:

$$P = e^{-\lambda_i t_i} ,$$

где λ_i – интенсивность отказа отдельных элементов;

t_i – время работы элемента в течении года.

Таблица 1

Анализ возможных нештатных ситуаций и методы их парирования

Причины нештатной ситуации	Возможные следствия нештатной ситуации, методы парирования
Повышенное напряжение. Высоковольтные импульсы.	Выход из строя оборудования. Аварийное отключение оборудования с потерей данных в компьютерах. Выход из строя чувствительного оборудования. Ввод фильтрующих элементов.
Гармонические искажения напряжения Нестабильная частота	Помехи при работе чувствительного оборудования (радио и телевизионные системы, измерительные комплексы и т.д.). Перегрев трансформаторов. Неправильная работа электрооборудования. Использование двойного преобразования напряжения.
Пониженное напряжение, провалы напряжения	Перегрузки блоков питания электронных приборов и уменьшение их ресурса. Отключение оборудования при недостаточном для его работы напряжении. Выход из строя электродвигателей. Потери данных в компьютерах. Ввод нового источника питания.

Анализ возможных нештатных ситуаций при предстартовой подготовке

Нештатная ситуация	Последствия НШС в случае непринятия мер	Рекомендации по дальнейшей работе
Отключение автоматического выключателя в ЩГП ТО (ЩР ТО, ШУПЭ) на отдельном фидере питания электропотребителя технологического оборудования	Отсутствие напряжения на отдельном электропотребителе ТО. Невозможность работы участка цепи СЭС	Выяснить причину отключения автоматического выключателя. При необходимости заменить автоматический выключатель из комплекта ЗИП. Решение о продолжении ПСП принимает Руководитель работ
Отсутствие напряжения или выход его параметров за допустимые пределы на одном из вводов системы электроснабжения (ЩР ТО)	Работа СЭС с пониженной надежностью	Продолжение ПСП на резервном вводе системы электроснабжения ТО. При восстановлении параметров напряжения, переключение системы в нормальный режим происходит автоматически.
Выход за допустимые пределы параметров качества электроэнергии (или его отсутствие) на отдельных фидерах питания электропотребителей в ШУПЭ или в щитах питания (ЩР ТО, ЩГП ТО, ЩР) для группы электропотребителей	Возможны помехи в работе электрооборудования чувствительного к параметрам электроэнергии, а также в отдельных случаях выход его из строя	Выяснить причину выхода параметров электроэнергии за допустимые пределы. Принять возможные меры по устранению этих причин. Продолжение ПСП
Выход из строя (или обрыв связи) отдельных элементов СККЭ	Невозможность контроля состояния отдельных элементов силовой части СЭС ТО СК	Выяснить причину выхода из строя элементов СККЭ. Принять возможные меры по устранению этих причин и восстановлению работоспособности СККЭ.

Также следует с ответственностью подходить к нештатным ситуациям, которые в некоторой степени влияют на окружающую среду. В системе электроснабжения НК к таковым могут относиться процессы, связанные с электрохимическими источниками тока, пример: неисправность предохранительных клапанов аккумуляторных батарей закрытого типа и нарушение функционирования в помещении с химическим источником тока системы вентиляции, на которую возлагается обеспечение требуемой чистоты воздуха.

3. Мероприятие по обеспечению безопасности в СЭС НК

К основным мероприятиям и работам по обеспечению безопасности в системе электроснабжения относят:

- разработка схемных и конструкторских решений СЭС обеспечивающих выполнение заданных требований по безопасности;
- разработка РКД (КД и ЭД) СЭС с учетом мер по обеспечению безопасности;
- разработка программ обеспечения безопасности;

- разработка обобщенного перечня нештатных (аварийных) ситуаций и принимаемых по выходу из них мероприятий;

- разработка методик анализа, оценки, контроля и прогнозирования показателей безопасности;

- анализ возможных отказов и неисправностей, приводящих а АС, с составлением перечня критичных элементов СЭС;

- сбор данных по выполнению требований по обеспечению безопасности при проведении испытаний СЭС.

Выводы

Определение и анализ нештатных ситуаций на этапах проектирования системы электроснабжения позволяет определить меры по парированию этих НШС, что, в свою очередь обеспечит большую вероятность безопасной эксплуатации СЭС.

При выполнении мероприятий по обеспечению безопасности работы системы электроснабжения позволит подтвердить выполнение требований Заказчиков пусковых услуг к электроснабжению при подготовке к запуску на НК перспективных КА.

Литература

1. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Х.: Изд-во «Индустрия», П-68 2007. – 416 с.
2. Половко, А.М. Основы теории надежности [Текст] / А.М. Половко. – М.: Наука, 1964. – 468 с.
3. Дружинин, Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем [Текст] /

Г.В. Дружинин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 479 с.

4. Кожухов, В.Н. Комплексы наземного оборудования ракетной техники [Текст] / В.Н. Кожухов, В.Н. Соловьев. – М.: КБТМ, 1998. – 212 с.

5. Бирюков, Г.П. Основы обеспечения надежности и безопасности стартовых комплексов [Текст] / Г.П. Бирюков, Ю.Ф. Кукушкин, А.В. Торпачев. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 264 с.

Поступила в редакцию 1.06.2013, рассмотрена на редколлегии 14.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.В. Безручко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ВИЗНАЧЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ТА МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ НА ЕТАПАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСУ

В.С. Рева, В.П. Фролов, К.М. Земляний

Наведено і проаналізовано нештатні ситуації (НШС), що виникають у системі електропостачання наземного комплексу (СЕП НК), пов'язані з відхиленням від норми якості параметрів електроенергії, а також у момент передстартової підготовки, зазначено методи усунення під час виникнення НШС. Відповідно до цього визначено показники якості електроенергії, що впливають на циклограму підготовки до пуску РКП, контроль яких здійснюється системою контролю якості електроенергії (СКЯЕ). Побудовано загальну модель безпеки СЕП НК у процесі експлуатації. Визначено наслідки відмов елементів системи електропостачання під час експлуатації. Надано рекомендації щодо оптимізації роботи СЕС НК. Визначено основні заходи щодо забезпечення системи електропостачання наземного комплексу.

Ключові слова: нештатні ситуації, безпека, структура, електроенергія, система електропостачання, експлуатація, якість.

DEFINITION OF THE OFF-NOMINAL SITUATIONS AND METHODS OF THEIR MANAGEMENT AT THE STAGES OF GROUND COMPLEX POWER-SUPPLY SYSTEMS OPERATION

V.S. Reva, V.P. Frolov, K.N. Zemlyanoi

The paper shows and analyzes the off-nominal situations (ONS) which may appear at the Ground Complex power-supply system (GC PSS), related to deviation from the quality norm of electric power parameters as well as during pre-launch processing, defines the methods of ONS management. Based on the above, indices of electric power quality affecting the ILV pre-launch processing timeline are defined, which control is executed by electric power quality control system (EPQCS). A general model of GS PSS safety model is built. The post-effects of power-supply system elements failures during the operation are defined. Recommendations on GS PSS performance optimization are given. Main measures on Ground Complex power-supply system safety ensuring are defined.

Key words: off-nominal situation, safety, structure, electric power, power-supply system, operation, quality

Рева Вадим Сергеевич – инженер II категории, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

Фролов Виктор Петрович – канд. техн. наук, заместитель Главного конструктора – начальника КБ, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

Земляной Константин Николаевич – начальник сектора, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.