

УДК 629.7.064.5

В.С. РЕВА, В.П. ФРОЛОВ, К.Н. ЗЕМЛЯНОЙ, Е.Ю. ШЕВЧЕНКО

*Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля»***ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА**

Приведены и проанализированы нештатные ситуации на КРК связанные с отклонением от нормы качества параметров электроэнергии. В соответствии с этим определены показатели качества электроэнергии влияющие на циклограмму подготовки к пуску РКН, контроль которых необходимо осуществлять. Учитывая вышесказанное, присутствует необходимость в выделении, как отдельной составляющей, системы контроля качества электроэнергии (СККЭ) в составе системы электроснабжения современных космических ракетных комплексов (КРК). Указаны основные функциональные возможности и задачи системы, рассмотрен алгоритм внешней работы СККЭ, основные принципы работы системы контроля качества в обычном режиме и режиме выхода за пределы норм показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Изложено краткое описание структуры, а также пример работы СККЭ.

Ключевые слова: качество, электроэнергия, система электроснабжения, контроль, структура, потребитель, принцип работы.

Введение

При создании системы электроснабжения (СЭС) перспективных проектируемых космических ракетных комплексов КРК необходимо учитывать энергоемкость потребителей технологического оборудования (ТО) и технических систем (ТС) задействованного в целях подготовки РКН, а также увеличения количества потребителей разных номиналов напряжения, в том числе и низковольтного оборудования, при больших суммарных мощностях возникает проблема качества электроэнергии (КЭ) [1].

В связи с этим, на этапах проектирования системы электроснабжения КРК является необходимым выделить систему контроля качества электроэнергии (СККЭ) как отдельную составляющую системы электроснабжения наземного комплекса КРК.

1. Параметры, контролируемые СККЭ

Электрическая энергия – продукт производственной деятельности электроэнергетических субъектов. Как и любой продукт, электроэнергия имеет технические и экономические свойства. Технические свойства определяются совокупностью нескольких показателей, среди которых есть показатели качества электроэнергии. В настоящее время действует стандарт, который устанавливает требо-

вания к качеству электрической энергии [2]. Качество электрической энергии определяется значением частоты и действующим напряжением на потребителях, а также размахом колебаний напряжений и частоты, коэффициентом несинусоидальности, формы кривой напряжения, коэффициентом несимметрии напряжения, провалом напряжения.

Для обеспечения необходимого качества электроэнергии установлены граничные значения допустимых изменений показателей качества.

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

Анализ возможных нештатных ситуаций при проведении подготовки и пуска ракет-носителей, связанных с системой электроснабжения показал, что особо важными параметрами электроэнергии, которые необходимо контролировать является следующее:

- **Отклонение напряжения:**

$$\delta U(t) = \frac{U(t) - U_n}{U_n} \cdot 100\%,$$

где $U(t)$ – действующее значение напряжения;

U_n – номинальное напряжение.

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

- Действующее напряжение определяется по формуле:

$$U(t) = \frac{1}{3} (U_{AB(1)} + U_{BC(1)} + U_{AC(1)}),$$

где $U_{AB(1)}, U_{BC(1)}, U_{AC(1)}$ – действующие значения межфазных напряжений основной частоты.

Для сетей до 1 кВ:

$$\delta U_H = \pm 5\% \text{ и } \delta U_{\max} = \pm 10\% .$$

- Коэффициент несинусоидальности кривой напряжения:

$$k_{\text{нсU}} = \frac{1}{U_H} \sqrt{\sum_{n=2}^N U_n^2} \cdot 100\% ,$$

где U_H – действующее значение n-й гармонической составляющей напряжения;

N – порядок последней из учитываемых гармоник.

Нормальные и максимальные допустимые значения коэффициента не должны превышать соответственно: в сети при напряжениях до 1 кВ – 5 и 10 % [3].

- Отклонение частоты:

$$\Delta f = f - f_H ,$$

где f – текущее значение частоты,

f_H – номинальное значение частоты.

2. Задачи СККЭ

Основной задачей систем контроля качества электроэнергии (СККЭ) является обеспечение контроля параметров питания на зажимах электропотребителей технологического оборудования (ТО) посредством контроля осциллограмм напряжения переменного тока, значений напряжения 380/220В и 28,5В, значений частоты и коэффициента несинусоидальности напряжения переменного тока. Указанный контроль обеспечивает подтверждение того, что системы электроснабжения обеспечивают на зажимах потребителей заданные параметры электроэнергии, а также является необходимым условием для однозначного определения за минимальное время причин отклонения значений параметров качества электроэнергии от заданных в случае их возникновения, что крайне важно при выполнении пусков по коммерческим программам.

Кроме того, СККЭ выполняет регистрацию и отображение параметров питания электропотребителей, контроль работоспособности СЭС в целом и их составных частей с привязкой к системе единого времени. Осуществляет документирование параметров питания электропотребителей и работоспособности СЭС в целом и их составных частей с обеспечением сохранения информации не менее чем за 10 минут до возникновения нештатной ситуации, управление оборудованием СЭС.

3. Состав и алгоритм внешней работы СККЭ

Алгоритм внешней работы СККЭ представлен на рис. 1.

Ввод системы электроснабжения осуществляется от двух независимых источников, переключение между которыми осуществляется при помощи автоматического включения резервного ввода (АВР). Измерение таких основных параметров как напряжение, частота, ток и коэффициент несинусоидальности системой контроля качества выполняется на двух уровнях, показанных на рисунке, в точке А – на вводе в систему и в точке В – непосредственно на шинах ввода потребителя, при этом

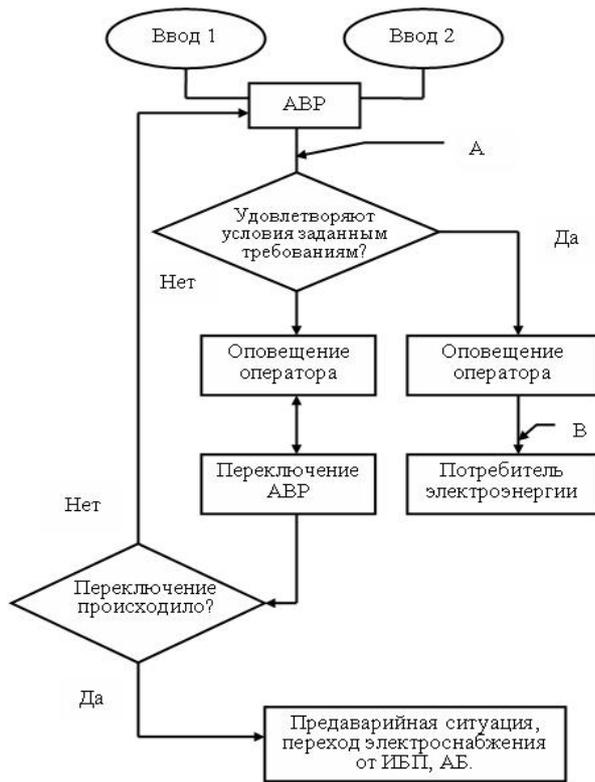


Рис. 1. Алгоритм внешней работы СККЭ:
А – точка контроля параметров качества на вводе системы; В – точка контроля параметров качества на вводе потребителя

сигнализируя оператора о полученных результатах. СККЭ производит сравнение номинальных параметров электроэнергии с допустимыми, в случае сбоя происходит автоматическое включение резервного ввода при этом, подается сигнал оператору. Возврат на рабочий ввод системы при помощи АБР после прошедшей нештатной ситуации возможен только после устранения неисправности на линии [4].

4. Предназначение и структура СККЭ

СККЭУ предназначена для контроля, отображения и регистрации текущих значений параметров электроэнергии, состояния автоматических выключателей, дистанционного и автоматического управления выключателями. Регистрация текущих значений параметров электроэнергии, состояния автоматических выключателей, действий оператора и выполнения алгоритмов автоматического управления, выполняется автоматически непрерывно.

Измерительные входы преобразователей подключены к шинам и вводам в изделиях ЩР, ЭК и

ШУПЭ и выполняют преобразование напряжения трехфазной сети переменного тока 220/380 V сигналы (4-20) mA постоянного тока, пропорциональные измеряемым фазным напряжениям. Контроллер ввода аналоговых сигналов принимает сигналы постоянного тока (4-20) mA, поступающие от преобразователей и преобразует в цифровую форму для передачи по сети.

Мультиметры, подключенные измерительными входами напряжения контролируют параметры электроэнергии на вводах и шинах ЩР ТО и ЩГП ТО.

Все результаты измерений по каналу сети Ethernet передаются для регистрации в базе данных в виде исторических трендов и отображения на мониторах основного и мобильного АРМов.

На рис. 2 представлена часть схемы СККЭ, где под блоком М показано сумма модулей, передающая информацию параметров электроэнергии от шин питания ввода в систему или непосредственно потребителей.

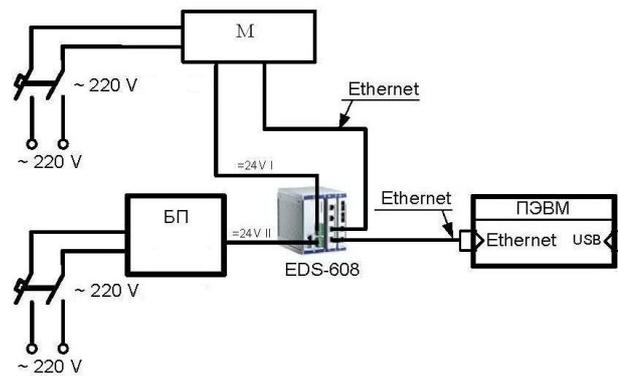


Рис. 2. Пример работы части схемы СККЭ

Преобразованная информация идет на коммутатор, питающийся от блока питания и посредством связи Ethernet информация передает сигнал на монитор оператора СККЭ.

Выводы

Таким образом, использование СККЭ в составе систем электроснабжения космических ракетных комплексов позволяет обеспечить непрерывный контроль важных параметров электроэнергии. В случае выхода за допустимые пределы показателей качества электроэнергии предпринять оперативные меры необходимые для парирования нештатных ситуаций, а также позволит подтвердить выполнение требований Заказчиков пусковых услуг к электроснабжению при подготовке к запуску на НК перспективных КА.

Литература

1. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Х.: Индустрия, 2007. – 416 с.
2. ГОСТ 23875-88 Качество электрической энергии. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 54 с.
3. ГОСТ 23722-85 Системы наземного электропитания. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 42 с.

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

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 1.06.2012

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

ОБҀРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ І СТРУКТУРА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У СКЛАДІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСУ

В.С. Рева, В.П. Фролов, К.М. Земляний, Є.Ю. Шевченко

Наведено і проаналізовано позаштатні ситуації на КРК, пов'язані з відхиленням від норми якості параметрів електроенергії. Відповідно до цього визначено показники якості електроенергії, такі як коливання напруги, високовольні імпульси, нестабільна частота, провали напруги, контроль яких необхідно здійснювати. Враховуючи сказане вище, виникає необхідність у виділенні, як окремої складової, системи контролю якості електроенергії (СКЯЕ) у складі системи електропостачання сучасних космічних ракетних комплексів (КРК). Зазначено основні функціональні можливості і завдання системи, показано алгоритм зовнішньої роботи СКЯЕ, основні принципи роботи системи контролю якості у звичайному режимі й режимі виходу за межі норм показників якості електроенергії (ПЯЕ). Викладено короткий опис структури, а також наведено приклад роботи СКЯЕ.

Ключові слова: якість, електроенергія, система електропостачання, контроль, структура, споживач, принцип роботи.

JUSTIFICATION FOR PRODUCTION AND ELECTRIC POWER QUALITY CONTROL SYSTEM STRUCTURE AS PART OF GROUND COMPLEX POWER SUPPLY SYSTEM

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

Off-nominal situations emerging at SLS due to nonconformance of electric power parameters to quality standards are presented and analyzed. Therefore electric power quality indexes, which should be monitored, having impact on timeline of ILV launch preparation are determined. Taking into consideration the abovementioned, there is a necessity to single out the electric power quality control system (EPQCS) as a separate component of power supply system of the up-to-date Space Launch Systems (SLS). In this paper the following is considered: main functional capabilities and tasks of the system, algorithm of EPQCS external operation, basic principles of quality control system operation in normal mode and abnormal mode of electric power quality indexes (EPQI). Brief description of the structure as well as an example of EPQCS operation is given.

Key words: quality, electric power, power supply system, control, structure, consumer, principle of operation.

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

Фролов Виктор Петрович – канд. техн. наук, начальник отдела, 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.

Шевченко Евгений Юрьевич – начальник группы, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. Янгеля», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.