

- Lilliefors H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown // J. Am. Statist. Assoc. – 1967. – Vol. 62. – P. 399-402.
- Джеймс Г. и др. Введение в статистическое обучение с примерами на языке R / Пер. с англ С.Э. Мاستицкого. – М.: ДМК Пресс. – 2016.
- D'Agostino R.B. An omnibus test of normality for moderate and large sample size // Biometrika. – 1971. – №58. P. 341-348.
- Бослаф С. Статистика для всех / Пер. с англ. П.А. Волкова, И.М. Флямер, М.В. Либман, А.А. Галицына. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 586 с.
- Процедура Экспресс-оценки [Электронный ресурс] <https://domstor.ru/userfiles/express.pdf>

Сведения об авторах:

Серобабов Александр Сергеевич – аспирант по направлению «Информатика и вычислительная техника», ОмГТУ, г.Омск.

УДК 621.3

<https://doi.org/10.26160/2541-9579-2019-6-6-7>

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Брусков А.А.

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет», г.Королев

Ключевые слова: спутник, испытания, космический аппарат, комплексные электрические испытания, структура программы испытаний.

Аннотация. Автором описана оптимальная структура программы комплексных испытаний электротехнических систем космических аппаратов.

STRUCTURE OF THE PROGRAM OF COMPLEX TESTS OF ELECTRICAL SYSTEMS OF SPACECRAFT

Bruskov A.A.

State budgetary educational institution of higher education of Moscow region "Technological University", Korolev

Keywords: satellite, tests, spacecraft, complex electrical tests, structure of the test program.

Abstract. The author describes the optimal structure of the program of complex tests of electrical systems of spacecraft.

Введение. В процессе производства космических аппаратов проводится большое количество испытаний, начиная от самых простейших – контрольных и заканчивая одними из самых сложных – комплексных.

В результате планирования испытаний необходимо определить структуру программы комплексных электрических испытаний космических аппаратов [1-4].

Планирование структуры программы испытаний позволяет оптимизировать и повысить эффективность комплексных испытаний космических аппаратов.

Структура программы комплексных испытаний электротехнических систем космических аппаратов. Определение объема и содержания программы комплексных испытаний электротехнических систем космических аппаратов необходимо проводить с целью оптимизации всего процесса испытаний, т.е. обеспечить отработку изделия наилучшим качеством при минимальных затратах средств и времени.

В результате планирования объема и содержания программы испытаний необходимо оптимально разбить общую программу испытаний на частные программы, определить цели и объем частных испытаний, установить критерии их законченности и готовности изделия перехода к высшим уровням испытаний. Эта задача является трудной, так как процесс испытаний электротехнических систем космических аппаратов является сложным техническим процессом.

Сложность систем космического аппарата является одной из главных причин возникновения отказов и нестандартных ситуаций при комплексных испытаниях электротехнических систем космических аппаратов, программного обеспечения. В общем случае, сложность изделия определяется сложностью взаимодействия его компонентов.

Перечисленные особенности процесса комплексных испытаний электротехнических систем космических аппаратов являются определяющими для сложных технических систем и определяют использование для комплексного планирования процесса испытаний иерархического метода.

Иерархический метод позволяет разбить систему на элементарные уровни. Концепция уровней позволяет анализировать систему, скрывая несущественные для данного уровня детали реализации

других уровней. Иерархия позволяет понимать, проектировать и описывать сложные технические системы.

Иерархический метод предусматривает последовательное понижение сложности на всех этапах испытания изделия, т.е. выделение систем, уровней систем, затем подсистем, блоков, элементов и так далее.

Для системы оцениваются взаимодействие подсистем, влияние их характеристик на характеристики изделия, влияние установки и оборудования на процесс испытаний.

На уровне подсистемы проводится оценка взаимодействия блоков и совершенства конструкции, верификация дополнительного оборудования.

Целью испытаний блоков является оценка взаимодействия между элементами и обнаружение ошибок, вызванных характеристиками конструкции блоков.

На уровне элементов оценивается влияние факторов, анализ состояния, среднее значение и дисперсия параметров и ошибок при проведении испытаний.

В соответствии с иерархической концепцией, для минимизации сложности, необходимо чтобы была определенная независимость элементов системы.

Иерархический метод может предусматривать введение в программу испытаний различных видов достижения достоверности при комплексных испытаниях электротехнических систем космических аппаратов:

- 1) испытания системы проводятся, исходя из предположения, что другие компоненты и исходные данные могут содержать ошибки;
- 2) немедленное обнаружение и регистрацию отказов и нештатных ситуаций в процессе испытаний;
- 3) выполнение одинаковых действий разными модулями системы и сопоставление результатов испытаний;

Каждый из методов позволяет повысить надежность космического аппарата и устойчивость к отказам и нештатным ситуациям.

Основным преимуществом испытаний на низших уровнях иерархии является простота обнаружения дефекта, обусловленная использованием возможности более глубокой проверки компонентов.

Испытательное оборудование на низших уровнях иерархии обычно простое и дешевое. Но при этих испытаниях не представляется возможным оценить взаимодействие и влияние отдельных компонент на качество всей системы.

Проведения испытаний в составе изделия дает возможность оценки взаимодействия отдельных компонентов. Недостатком таким испытаний является сложность и невозможность определения отказавшего компонента.

На высших уровнях иерархии появляются проблемы, связанных с необходимостью согласования методов получения и обработки информации и уменьшения искажений.

При разработке программы комплексных испытаний электротехнических систем космических аппаратов должна быть учтена специфика каждого уровня и распределен общий объем испытаний между различными уровнями.

Выводы. Наибольшую оптимальность испытаний обеспечивает программа, предусматривающая проверку главных характеристик изделия при максимальных нагрузках на самых низких уровнях иерархии испытаний.

Список литературы

1. Основы испытаний летательных аппаратов: Учебник для вузов / Е.И. Кринецкий, Л.Н. Александровская, В.С. Мельников, Н.А. Максимов; Под общ. ред. Е.И. Кринецкого. – М.: Машиностроение, 1980. – 312 с.
2. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Бортовые системы управления космическими аппаратами: учебное пособие. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.
3. Создание и развитие систем управления движением транспортных космических кораблей «Союз» и «Прогресс»: опыт эксплуатации, планируемая модернизация / В.П. Легостаев, Е.А. Микрин, И.В. Орловский и др. // Труды МФТИ. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 4-13.
4. <http://ru.wikipedia.org/>

Сведения об авторе:

Брусков Артем Алексеевич – аспирант по направлению «Информатика и вычислительная техника», МГОТУ, г.Королев.