МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ОРИЕНТИРОВАННОГО ГРАФА СОСТОЯНИЙ

SIMULATION OF THE OPERATION OF THE AIRCRAFT ELECTRICAL EQUIPMENT SYSTEM USING A DIRECTED STATE GRAPH

УДК 519.872

Цветков Артур Сергеевич, магистрант**,** Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ, Россия, г. Казань

Новосельский Вячеслав Григорьевич, научный руководитель, канд. воен. наук, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ, Россия, г. Казань

Tsvetkov Artur Sergeevich

Novoselsky Vyacheslav Grigorievich

Аннотация

Для исследования состояний системы электрооборудования, состоящей из N однородных элементов, можно использовать вероятностные (стохастические) модели. Такие модели используются для исследования систем, процесс функционирования которых определяется случайными факторами. Учет случайных факторов является обязательным при исследовании процессов эксплуатации, ремонта и обеспечения технических комплексов оборудованием (комплектующими), при оценке их эффективности, разработке автоматизированных систем управления, обосновании технических требований к системам ЛА и т. п. Цель исследования: определение распределения вероятностей для ее состояний. Новизна заключается в подходе к оценки

состояний системы электрооборудования летательного аппарата с помощью марковских процессов.

Annotation

Probabilistic (stochastic) models can be used to study the states of an electrical system consisting of N homogeneous elements. Such models are used to study systems whose functioning is determined by random factors. Taking into account random factors is mandatory when studying the processes of operation, repair and provision of technical complexes with equipment(components), when evaluating their effectiveness, developing automated control systems, justifying technical requirements for aircraft systems, etc. The purpose of the study: to determine the probability distribution for its states. The novelty lies in the approach to assessing the states of the aircraft electrical equipment system using Markov processes.

Ключевые слова: вероятность состояний, система электрооборудования, марковские процессы, уравнения колмогорова, эффективность функционирования.

Keywords: probability of states, electrical equipment system, Markov processes, Kolmogorov equations, efficiency of functioning.

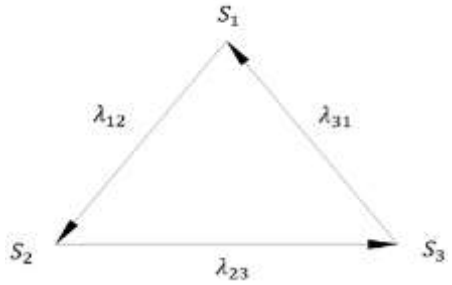

Рисунок 1. Граф состояний системы

где: λ-среднее число событий в единицу времени;

S0, S1, S2, . . ., Si- Возможные состояния системы.

Возможные состояния такой системы S0, S1, S2, . . ., Si. можно перечислить (перенумеровать), а переход ее из одного состояния в другое возможен в любой, наперед неизвестный, случайный момент времени, причем этот переход осуществляется скачком (мгновенно). Число состояний системы может быть как конечным, так и бесконечным (но счетным).

Множество S = {S0, S1, S2, . . ., Si} возможных состояний системы и множество возможных ее переходов из одного состояния в другое удобно представлять в виде ориентированного графа (рис.1), вершинам которого соответствуют состояния системы, а дугам – возможные переходы. Направление дуги указывает, из какого состояния и в какое возможен переход системы.

Так как в любой момент времени t система обязательно находится в одном из возможных ее состояний, то при любом t справедливо нормировочное условие

$$\sum_{k=0}^{N} P_k(t) = 1, \quad (1)$$

где N – число возможных состояний системы;

$P_k(t)$- число событий;

k-число событий;

При разработке модели системы необходимо, прежде всего, определить множество S ее возможных состояний и дать описание законов, в соответствии с которыми она переходит из одного состояния в другое.

Множество S можно определить, во-первых, как множество допустимых комбинаций возможных состояний элементов системы. Важным при этом является анализ и учет взаимосвязей между элементами системы.

Во-вторых, каждое состояние системы можно охарактеризовать численными значениями одного или нескольких ее параметров, т. е. множество S можно определить также и как множество возможных комбинаций численных значений параметров системы. Этот подход более целесообразен, так как набор параметров, характеризующих состояние

системы, определяют не только исходя из природы системы, но и с учетом цели проводимого исследования.

Оба указанных подхода не исключают, а наоборот, дополняют друг друга, так как на основе анализа возможных состояний элементов системы можно определить ее параметры.

Чтобы выявить и описать закономерности перехода системы из одного состояния в другое, каждый переход удобно рассматривать как результат воздействия на систему некоторого случайного потока событий.

Поток событий – это последовательность однородных событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени (например, поток отказов технических систем, поток сообщений, поступающих в систему управления, поток подключений потребителей к источникам электроэнергии и т. п.).

Оценить эффективность функционирования СЭС ЛА, предназначенной для снабжения потребителей электроэнергией. Количество потребителей равно двум все они однотипные. Поток заявок на отключение потребителей – простейший поток событий интенсивности λ. Потребители могут быть подключены к источникам электроснабжения в течение случайного отрезка времени, распределенного по показательному закону со средним значением $\bar{t}$.

Определим множество возможных состояний системы (СЭС). Система может находиться в одном из возможных состояний, которое определяется количеством потребителей, подключенных и (или) отключенных от источников электроэнергии.

Следовательно, в любой момент времени система может находиться в одном из следующих возможных состояний:

S0 – все потребители отключены от источников электроэнергии;

S1 – один из потребителей подключен к источникам электроэнергии;

S2 – оба потребителя подключены к источникам электроэнергии.

Каждое состояние системы можно охарактеризовать количеством потребителей k, подключенных к источникам электроэнергии, причем k = 0, 1, 2.

Переходы системы из состояния в состояние происходят под воздействием потока заявок на подключение потребителей и потоков отключения потребителей.

После построения размеченного графа состояний системы переходят к завершающему этапу разработки вероятностной модели – определению распределения вероятностей для ее состояний. Если процесс функционирования системы является марковским, то вероятности ее состояний удовлетворяют дифференциальным уравнениям Колмогорова.

Составляем уравнеия Колмогорова:

$$\frac{\mathbf{dP_1(t)}}{\mathbf{dt}} = -\lambda_{12}\mathbf{P_1(t)} + \lambda_{31}\mathbf{P_2(t)}$$

$$\frac{\mathbf{dP_2(t)}}{\mathbf{dt}} = -\lambda_{23}\mathbf{P_2(t)} + \lambda_{12}\mathbf{P_1(t)}$$

$$\frac{\mathbf{dP_3(t)}}{\mathbf{dt}} = -\lambda_{31}\mathbf{P_3(t)} + \lambda_{23}\mathbf{P_2(t)}$$

$$\sum_{i=1}^{3} P_i(t) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 1$$

Список литературы:

1. Константинов, Виленин Дмитриевич. Электрооборудование самолета Ил-86 : Учеб. пособие для студентов специальности 131 000 / В. Д. Константинов; М-во трансп. РФ. Гос. служба гражд. авиации. Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации. Каф. техн. эксплуатации авиац. электросистем и пилотаж.-навигац. комплексов. - М. : Моск. гос. техн. ун-т ГА, 2002. - 29 см.
2. Авиационное и радиоэлектронное оборудование самолета Ан-24. Бондарчук И. Е., Харин В. И. М., «Транс-порт», 1975. 280 с.

3. Грузков С. А.Электроснабжение летательных аппаратов : Раздаточный материал : Метод. пособие для студентов, обучающихся по спец. "Электрооборудование летательных аппаратов". - М. : Изд-во МЭИ, 2003 (ЦНИИ Электроника). - 58 с. - (Методическое пособие).; ISBN (В обл.)

List of literature:

1. Konstantinov, Vilenin Dmitrievich. Electrical equipment of the IL-86 aircraft : Textbook for students of the specialty 131,000 / V. D. Konstantinov; M-vo transp. RF. State service of the civil Service. aviation. Moscow State Technical University un-t civil. aviation. Kaf. tehn. operation of aircraft electrical systems and aerobatics.- navigac. Moscow : Moscow State Technical University. un-t GA, 2002. - 29 cm.
2. 5aviation and radio-electronic equipment of the AN-24 aircraft. Bondarchuk I. E., Kharin V. I. M., "Transport", 1975. 280 p.
3. Gruzkov S. A. Power supply of aircraft: Handout material: Method. a manual for students studying in the specialty. "Electrical equipment of aircraft". - M.: MEI Publishing House, 2003 (Central Research Institute of Electronics). - 58 p. - (Methodological guide).; ISBN (In the region.)