

ФОРМАЛИЗАЦИЯ КРИТЕРИЯ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аэрокосмический институт Национального авиационного университета

Предложено, для решения задачи повышения эффективности функционирования эргатических комплексов, формализация критерия системной эффективности функционирования этих комплексов, что позволит существенно упростить задачу, применив модели логико-динамического класса.

Введение

Основные показатели качества функционирования эргатических систем [1] – отказобезопасность, стабильность безопасности и стабильность отказоустойчивости в значительной степени отражают уровень автоматизации процессов функционирования сложных систем «экипаж–воздушное судно (ВС)–среда» и «технический экипаж–авионика–среда». На международном уровне ещё нет полного единства взглядов относительно использования автоматизации, однако сокращение числа авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, без всякого сомнения может быть объяснено внедрением автоматизации.

В Циркуляре ICAO 234-AN/142 указывается, что объединение пилотов, инженеров и специалистов по человеческому фактору позволило декомпозировать процесс автоматизации на девять категорий (знание обстановки, вызываемое автоматизацией чувство самоуспокоения, внушаемый автоматизацией страх, отбор пилотов, подготовка персонала и методика её проведения и др.). Внедрение автоматизации должно было устранить ошибки лётного и технического экипажей, что частично удалось, но в других случаях пришлось замещение ошибок другими.

С позиции пилотов в системе «экипаж–ВС–среда» при проектировании кабин были учтены два уровня взаимодействия: внешний контур, осуществляет формирование психомоторных навыков; а

внешний – контроль за воздушными судами, что требует и формирует познавательные способности. С точки зрения теории можно выделить два подхода при изучении и управлении процессом функционирования: технологический и подход, основанный на человеческом факторе. При технологическом подходе к автоматизации существует достаточное количество информации о недостатках, угрожающих безопасности полётов, так и из докладов об авиационных происшествиях.

Подход, основанный на человеческом факторе, предполагает функцию человека как центрального элемента в управлении системой, автоматизация же является вспомогательным средством,

Ввиду отсутствия согласованных принципов, т.е. отсутствия определенной философии в автоматизации кабины, существует разница в подходах. Существует установившаяся тенденция сравнивать человека и машину с точки зрения выполняемых функций. Доказывать достоинства оператора или техники можно, но это не всегда конструктивно.

В Циркуляре ICAO 234-AN/142 не признаётся целесообразность каких-либо сравнений в этой области и подчёркивается мнение о несопоставимости человека и машины, но они могут дополнять друг друга для выполнения этой задачи. Автоматизация должна дополнять, а не вытеснять функции человека в управлении и контроле. Процесс создания новой техники предлагается «очеловечить».

Анализ последних достижений

Эргатичность комплекса – это его свойство сохранять качество своего функционирования во взаимодействии с операторами, учитывая их профессиональный уровень и психофизиологические свойства организма человека. Показателем эргатичности комплекса может быть вероятность того, что уровень отказобезопасности человеко-машинной системы остается стабильным на определенном участке времени функционирования за счет технологий ее управления в процессе полета, глубины знаний и операторских навыков экипажа.

Основываясь на результатах анализа проблемности ситуации в области разработки, сертификации и эксплуатации самолетных систем электроснабжения, как технического звена авиационных электроэнергетических комплексов (ЭЭК), которые являются эргатическими, следует отметить имеющееся противоречие между выдвигаемыми возросшими требованиями к эффективности функционирования такого рода систем и возможностями авиапредприятий удовлетворить эти требования за счет рационального расходования своих ресурсов различного вида. Указанное противоречие характерно не только для процесса эксплуатации существующей авиационной техники (АТ), но и для процесса создания новых типов бортового оборудования (ВС), в особенности, авиационного оборудования (АО). Сложившаяся ситуация в авиационной отрасли требует разработки и внедрения новых подходов к управлению эффективностью функционирования объектов АО, в частности, ЭЭК ВС на всех этапах их жизненного цикла (ЖЦ).

Концептуально, в работе не существует расхождений в трактовке общепринятого в теории управления понятия процесса управления [1, 2, 3]. Управление эффективностью функционирования ЭЭК организуется за счет раскрытия их внутренних свойств, а реализуется – за счет рационального использования их выявленных внутренних резервов (или прив-

несения дополнительных) с целью обеспечения требований безопасности и экономичности настоящей или перспективной эксплуатации.

Постановка проблемы

Для развития мирового и отечественного рынка авиационных перевозок актуальным является рациональное решение проблемы обеспечения необходимого уровня безопасности полетов ВС и повышение эффективности эксплуатации АТ. Одним из направлений решения данной проблемы есть обоснование и формализация критериев системной эффективности ЭЭК выраженных через вероятности возможных технических состояний комплекса и его выходных эффектов, отнесенных к особым полетным ситуациям, как следствиям этих состояний, что даст возможность сформировать «дерево критериев» системной оптимизации и упростить методы решения поставленных задач по оптимизации эффективности ЭЭК применив модели логико-динамического класса.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является обеспечение повышения эффективности функционирования авиационных систем электроснабжения как одного из основных элементов ЭЭК ВС за счет рационального управления их внутренними свойствами, параметрами и характеристиками. Задачей исследования является создание «дерева критериев» системной эффективности функционирования эргатического комплекса «экипаж–ВС–среда».

Формализация критерия системной эффективности функционирования эргатических комплексов

Одним из основных бортовых комплексов, обеспечивающим функционирование большинства агрегатов современных ВС, является электроэнергетический комплекс (ЭЭК). В дальнейшем, под ЭЭК будем понимать функциональное объединение экипажа ВС с электроэнергетическими и информационно-управляющими системами, предназначенными для выполнения функций высокого уровня:

- энергообеспечения функционирования агрегатов других ФС ВС;
- обеспечения устойчивости и управляемости ВС при ручном, автоматизированном и автоматическом управлении полетом;
- обнаружения и локализации критических режимов полета;
- обеспечения условий жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

В частности, в [4] под системными комплексами, реализующими функции высокого уровня, понимается оборудование ВС выполняющее на его борту наиболее критичные функции ВС или функции высокой ответственности.

Например, для ЭЭК – это обеспечение бесперебойного питания приемников электроэнергии с требуемым уровнем качества и выполнение приемниками самолетных функций при высокой функциональной интеграции, т.е. высокой целостности.

Согласно выбранному в [5] комплексному показателю эффективности функционирования ЭЭК – вероятность благополучного исхода полета ($P_{бун}(t)$), его составляющие $P_{отк}(t)$ – вероятность возникновения отказов ЭЭК (характеристика отказоустойчивости); $P_{овв}(t)$ – вероятность непопадания в условия опасных внешних воздействий (ОВВ) – характеристика живучести; $P_{эф}(t)$ – вероятность принятия правильных решений экипажем при взаимодействии в комплексе «экипаж-ВС-среда» – (характеристика отказобезопасности), целесообразно выразить через внутренние свойства (архитектура, режим полета, особые полетные ситуации) предмета исследования, которым служат летно-технические и эксплуатационно-технические характеристики и параметры ЭЭК ВС, подлежащие управлению на этапах эксплуатации. Тогда системная эффективность функционирования χ^* может быть оценена выражением логического произведения составляющих:

$$\chi^* = [\chi_1^* \wedge \chi_2^* \wedge \chi_3^*]. \quad (1)$$

В свою очередь, величины χ_1^* , χ_2^* , χ_3^* соответственно характеризуют уровни особых полетных ситуаций (ОПС) – усложнение условий полета (УУП), сложная ситуация (СС), аварийная ситуация (АС),

катастрофическая ситуация (КС) по отдельному или совокупному эффекту (одновременное воздействие среды, условий эксплуатации, отказов ЭЭК и других ФС).

Предложенный в [6] граф является логической структурой составляющих эффективности функционирования АО (в нашем случае – ЭЭК) и представляет собою «дерево критериев» системной оптимизации (рис. 1.). Граф определяет предметную область исследований настоящей работы и формирует подходы раскрытия внутренних свойств и связей комплекса «экипаж-ВС-среда» на этапах ЖЦ.

Под $P_{ноу}^*$, $P_{новв}^*$, $P_{ноб}^*$ понимаем нормативные вероятности соответствующих событий, а именно: нормативной отказоустойчивости ЭЭК; нормативной вероятности непопадания ЭЭК в условия опасных внешних возмущений; нормативной отказобезопасности эргатического комплекса «экипаж-ВС-среда».

При наличии коррелированной связи фактических значений отказоустойчивости $P_{ноу}(t)$ и отказобезопасности $P_{ноб}(t)$, что вполне объяснимо влиянием отказов ЭЭК на характеристики эргатического комплекса «экипаж-ВС-среда», в состав графа вводим дополнительный элемент логики $P_{нээк}^*$, а в уравнение (1) – χ_4^* . Множества ТС ЭЭК, условий ОПС и возможностей эргатической системы через логические условия преобразуются в функции предикат χ_i , т.е. χ_1^* , χ_2^* , χ_3^* , χ_4^* .

Представим указанные составляющие χ_i в функции предикат для типичного ЭЭК современного ВС, который можно отнести к классу аддитивных (структурно-резервированных) систем. Все энергоузлы такого ЭЭК при параллельной работе подсоединены на общую шину (первый вариант работы); возможна попарная параллельная работа 4-х генераторов (второй вариант), а также раздельная работа энергоузлов на приемники с их переключением на исправный энергоузел при отказе питающего (третий вариант).

Искомые функции для χ_i имеют для аддитивных систем с формированием выходного эффекта от суммирования функций каналов энергоснабжения следующий вид:

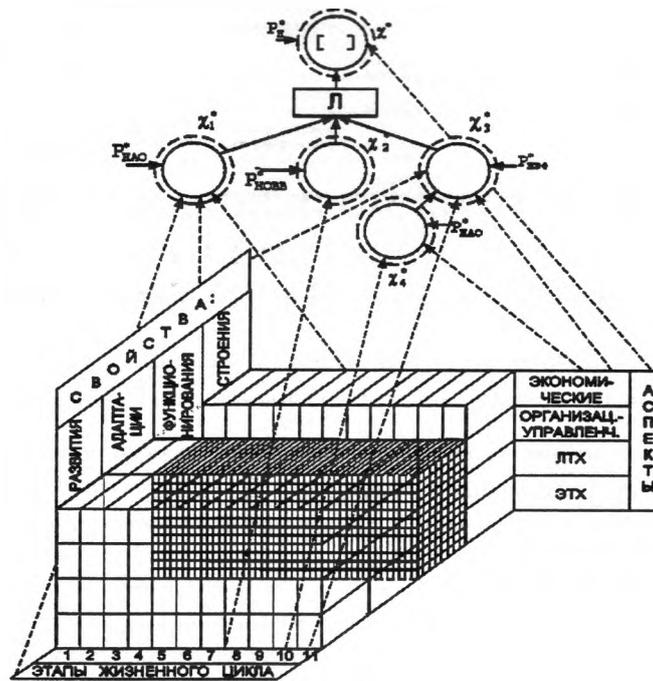


Рис. 1. «Дерево критериев» системной эффективности функционирования ЭЭК

$$\begin{aligned}
 \chi_1(t) &= \begin{cases} 1,0, \text{ если } \sum_{i=1}^n P_{1i}(H_i)\Phi_i(t) \geq \sum_{i=1}^n E_{\text{онс}}^*(t,p); \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases} \\
 \chi_2(t) &= \begin{cases} 1,0, \text{ если } \sum_{j=1}^m P_{2j}(H_j)\Phi_j(t) \geq \sum_{j=1}^m E_{\text{онс}}^*(t,p); \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases} \\
 \chi_3(t) &= \begin{cases} 1,0, \text{ если } \sum_{l=1}^L P_{3l}(H_l)\Phi_L(t) \geq \sum_{l=1}^L E_{\text{онс}}^*(t,p); \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases} \\
 \chi_4(t) &= \begin{cases} 1,0, \text{ если } \sum_{i=1}^L P_{3i}(H_i, p, (t))\Phi_L^{(i)}(t) \geq E_{\text{онс}}^*(t,p); \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $E_{\text{онс}}^*(t,p)$, $E_{\text{онс}}(t,p)$ – соответственно нормативная и фактическая эффективность функционирования, соответствующие ОПС (УУП, СС, АС, КС); p – шкала градации ОПС; H_i – техническое состояние ЭЭК.

Выводы

Подобные уравнения функций предикат можно составить для построения графов системных критериев ЭЭК другой конфигурации, в частности, для:

- функционально-резервированных структур (при одновременной работе каналов и при выполнении каналами задачи в разные моменты времени);
- многофункциональных систем (с отказавшим каналом; при выполнении режимов работы группой каналов, при выполнении системой p частных задач структурно находящейся в n совместных состояниях).

Сформированное «дерево критериев» системной оптимизации существенно упрощает методы решения поставленных задач по оптимизации эффективности ЭЭК, позволяя применять модели логико-динамического класса.

Список литературы

1. ДСТУ 3589-97. Системи та комплекси авіаційного обладнання. Надійність та експлуатація. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1998. – С. 28.
2. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. – М.: Машиностроение, 1968. – 764 с.
3. Основы автоматического управления / В. С. Пугачев, И. Е. Казаков, Д. И. Гладков и др. – М.: Наука, 1974. – 720 с.
4. Теория автоматического управления / Под ред. А. А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1986. – 367 с.
5. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издат.стандартов, 1990.
6. Воробьев В. М., Захарченко В. А., Ваишук Ж. О., Воробьев А. В. Системная эффективность комплекса «экипаж-ВС-среда». Сб. научн. трудов «Кибернетика и вычислительная техника». Вып. 126. – К.: ИК им. В. Глушкова, НАНУ, 2000. – С.48-76.
7. Захарченко В. П. Метод оперативної діагностики відмовостійких комплексів електропостачання літальних апаратів. – К.: Вісник НАУ. – №1, 2002. – С. 84-88.