

УДК 629.735.07

МЕТОД ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Н.Н. СИРОТИН, К.Н. АНТОНЕЦ

В статье приведен новый подход к оценке работоспособности и качества функционирования электронной системы автоматического управления силовой установкой воздушного судна.

Ключевые слова: работоспособность, качество функционирования, техническое состояние.

Функционирование электронной системы автоматического управления силовой установкой воздушного судна (ЭСАУ СУ ВС) постоянно сопровождается воздействиями внешних и внутренних факторов, приводящих к изменению технического состояния и уровня работоспособности. Эти воздействия носят как объективный, так и субъективный характер и являются:

- первопричиной изменения технического состояния ЭСАУ СУ ВС и определяют характер и последовательность реализации управляющих воздействий для компенсации влияния возмущающих факторов;

- генератором в формировании системы контроля и управления технического состояния ЭСАУ СУ ВС.

Техническое состояние ЭСАУ СУ ВС $S(t)$ определяется как «... состояние объекта, изменяющееся при изготовлении, использовании по назначению и ремонте и характеризующееся в определённый момент времени при определённых условиях внешней среды значениями показателей и (или) качественными признаками, установленными в эксплуатационной и ремонтной документации». Тогда при допущении принципа линейного суммирования состояний технического состояние ЭСАУ СУ ВС можно определить как состояние, формируемое состояниями ее

модулей и элементов $S(t) = \mathbf{e} \sum_{i=1}^n S_{i_m}(t)$, где $S_{i_m}(t)$ - состояние i -го модуля; n - количество

модулей. Так как модуль формируется из элементов, то $S_{i_m}(t) = \mathbf{e} \sum_{j=1}^m S_{j_{i_m}}(t)$, где $S_{j_{i_m}}(t)$ -

состояние j -го элемента i -го модуля (электрорадиоэлемент (ЭРИ)); m - количество ЭРИ в i -м

модуле. Тогда техническое состояние ЭСАУ СУ ВС определяется как $S(t) = \mathbf{e} \sum_{i=1}^n \mathbf{e} \sum_{j=1}^m S_{j_{i_m}}(t)$.

Основными видами реакции элементов ЭСАУ СУ ВС на внешние воздействующие факторы, вызывающие изменение технического состояния и уровня работоспособности, являются: нарушения целостности электрической цепи; пьезоэффект, тензоэффект; переменное значение переходного сопротивления; виброшумы за счёт электромагнитной индукции и кабельного эффекта; изменение параметров ЭРИ; нарушения целостности электрической цепи; изменение значений параметров; переменное значение переходного сопротивления.

Множество внешних воздействующих факторов можно представить как $MBF = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$, где $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ - типы внешних воздействующих факторов, $i=1, 2, \dots, i, \dots, n$ - номер воздействующего фактора, n - количество воздействующих факторов. Каждый воздействующий фактор A_i характеризуется уровнями соответствующих воздействующих внешних факторов $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_i\}$, где a_i - элемент подмножества

A_i , характеризующий уровень воздействующего фактора в этом подмножестве, i – номер характеристики воздействующего внешнего фактора, l – количество уровней соответствующих воздействующих внешних факторов. Множество $MBF = \{A_1, A_2, \dots, A_l, \dots, A_n\}$ можно рассматривать как вектор $\overset{\cdot}{V} = \{\overset{\cdot}{A}_1, \overset{\cdot}{A}_2, \dots, \overset{\cdot}{A}_l, \dots, \overset{\cdot}{A}_n\}$ в i -мерном евклидовом пространстве R^i , который определяет вектор воздействующих внешних факторов, где $\overset{\cdot}{A}_i = \{\overset{\cdot}{a}_1, \overset{\cdot}{a}_2, \dots, \overset{\cdot}{a}_r, \dots, \overset{\cdot}{a}_l\}$, $\overset{\cdot}{a}_r$ – составляющие вектора $\overset{\cdot}{A}_i$; l – количество уровней воздействующих факторов.

Факторам, действующим в нормальных условиях эксплуатации, присваивается индекс «0». Тогда совокупность воздействующих на ЭСАУ внешних факторов, действующих в нормальных условиях эксплуатации, представляется вектором $\overset{\cdot}{V}_0 = \{\overset{\cdot}{A}_{01}, \overset{\cdot}{A}_{02}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{0l}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{0n}\}$.

Обобщая данные по воздействующим внешним факторам, можно выделить следующие три группы внешних факторов, соответствующие этапам эксплуатации.

1. Этапы используются ЭСАУ СУ ВС по назначению. Вектор воздействующих внешних факторов на этапе использования по назначению характеризуется тем, что основным временем функционирования является время полета, и вектор определяется как $\overset{\cdot}{V}_p = \{\overset{\cdot}{A}_{p1}, \overset{\cdot}{A}_{p2}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{pl}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{pn}\}$.

2. Этап в режиме хранения (свободного состояния) ЭСАУ СУ ВС. Этот этап характеризуется простоем ЭСАУ между периодами функционирования. Вектор воздействующих внешних факторов определяется как $\overset{\cdot}{V}_p = \{\overset{\cdot}{A}_{p1}, \overset{\cdot}{A}_{p2}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{pl}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{pn}\}$.

На этом этапе факторы, действующие на ЭСАУ СУ ВС, формируются при стоянке, хранении ЛА, в перерывах между полетами. К таким факторам относят: климатические, погодные воздействия температуры, влажность, атмосферное давление, солнечная радиация и т.п.

3. Этап поддержания ЭСАУ СУ ВС в установленной степени готовности к использованию по назначению. На этом этапе воздействующие внешние факторы с определенной степенью точности характеризуют вектором $\overset{\cdot}{V}_0 = \{\overset{\cdot}{A}_{01}, \overset{\cdot}{A}_{02}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{0l}, \dots, \overset{\cdot}{A}_{0n}\}$, так как воздействующие внешние факторы незначительны по величине и длительности.

Если Z_j^{\exists} – текущее значение j -го внешнего воздействующего фактора, определяемого в момент проведения технического обслуживания (при оценке технического состояния ЭСАУ СУ ВС); y_i^{\exists} – текущее значение i -го параметра, определяемого в момент оценки технического состояния ЭСАУ; f_{ij}^0 – эталонная зависимость влияния j -го внешнего фактора на i -й параметр системы, определяемая при изготовлении ЭСАУ; k_j – коэффициент, характеризующий размах области работоспособного состояния по i -му параметру; R_{ij}^{\exists} – текущий уровень работоспособности, то метод контроля и управления техническим состоянием и уровнем работоспособности ЭСАУ СУ ВС представляется в виде последовательности выполнения определенных операций, входящих в модель определения уровня работоспособности (рис. 1).

Уровень работоспособности по i -му параметру при воздействии на него j -го внешнего фактора определяется согласно соотношению $R_{ij}^{\exists} = k_i \cdot \Delta y_i^{\exists}$, где, $\Delta y_i^{\exists} = |y_i^{\exists}(z_j^{\exists}) - y_{i \text{ ном}}|$, $i=1 \dots n$, $j=1 \dots m$ – отклонение i -го параметра от номинального значения, определяемое для j -го значения внешнего фактора; $y_{i \text{ ном}}$ – номинальное значение i -го параметра. Условие нахождения системы в работоспособном состоянии определяется как $0 \leq R_{ij}^{\exists} < 1$, $i=1 \dots n$, $j=1 \dots m$.

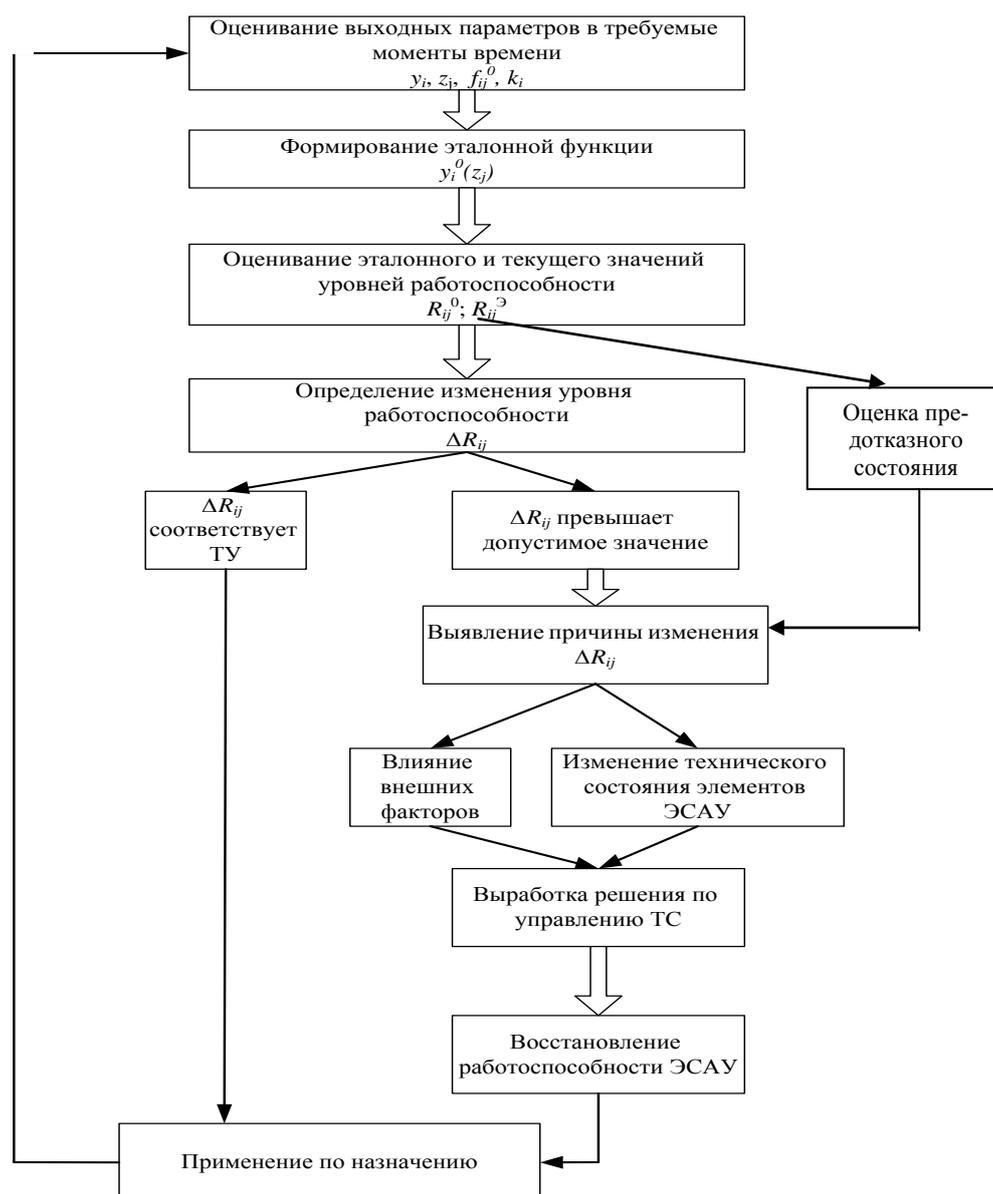


Рис. 1. Обобщенная модель метода управления техническим состоянием и определения уровня работоспособности

Изменение технического состояния ЭСАУ СУ ВС под воздействием внешних факторов перед началом эксплуатации определяется при изготовлении ЭСАУ СУ ВС для каждого конкретного изделия в виде $y_i = f_{ij}^0(z_j)$. Эта зависимость представляет собой эталонную модель влияния внешних факторов на параметры ЭСАУ СУ ВС. Тогда уровень работоспособности ЭСАУ, рассчитанный с учетом эталонной модели влияния внешних факторов, определяется как $R_{ij}^э = k_i \cdot \Delta y_i^0$, $i=1\dots n, j=1\dots m$, где $\Delta y_i^0 = |f_{ij}^0(z_j^э) - y_{i \text{ ном}}^0|$, $i=1\dots n, j=1\dots m$ – изменение i -го параметра, рассчитанное по модели для j -го значения воздействующего фактора.

Фактическое изменение уровня работоспособности в результате изменения технического состояния элементов ЭСАУ СУ ВС определяется по отклонению текущего уровня работоспособности $R_{ij}^э$ от эталонного, рассчитанного по модели R_{ij}^0 : $\Delta R_{ij} = R_{ij}^0 - R_{ij}^э$.

При $R_{ij}^0=0$ изменение уровня работоспособности происходит только под воздействием внешних факторов. При $\Delta R_{ij}>0$ изменение уровня работоспособности происходит как под воздействием внешних факторов, так и за счет изменения технического состояния элементов, входящих в ЭСАУ СУ ВС.

Выводы

1. Модели контроля и управления техническим состоянием ЭСАУ СУ ВС должны учитывать с различной степенью детализации и в различной форме основные внешние возмущающие факторы и закономерности формирования внешних возмущающих факторов.

2. Основными внешними возмущающими факторами, вызывающими изменение состояния ЭСАУ СУ ВС и приводящими к изменению функциональных свойств системы в процессе эксплуатации, являются процессы деградации, процессы, вызывающие накопление отклонений параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сиротин Н.Н. и др. Основы конструирования производства и эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок в системе CALS технологий: учебник в 3 кн. - М.: Наука. - Кн. 3: Эксплуатация и надежность ГТД и ЭУ, 2012.

METHOD OF THE ESTIMATION OF FUNCTIONABILITY OF THE ELECTRONIC AUTOMATIC CONTROL SYSTEM THE OF AIRCRAFT POWER PLANT

Sirotin N.N., Antonets K.N.

The paper deals with a new approach to an estimation of working capacity and quality of functioning of electronic system of an aircraft power-plant automatic control.

Keywords: working capacity, quality of functioning, an engineering condition.

Сведения об авторах

Сиротин Николай Николаевич, 1933 г.р., окончил КАИ (1958), доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии им. проф. Н.Е. Жуковского, главный научный сотрудник ФГУП ГосНИИ ГА, автор более 220 научных работ, область научных интересов – повреждаемость и работоспособность ГТД в процессе проектирования, доводки, производства и эксплуатации.

Антонец Константин Николаевич, 1983 г.р., окончил Ставропольское ВВАИУ (2005), адъюнкт НИЦ ЭРАТ 4ЦНИИ МО РФ, автор 3 научных работ, область научных интересов – эксплуатация авиационных систем.