

УДК 621.396:084.3

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПЕРЕРЫВА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В.Е. ЕМЕЛЬЯНОВ, В.А. ИВАНЕНКО

Приведена модель, позволяющая оценить время перерыва функционирования средств навигации и управления воздушным движением (УВД), входящих в состав информационного канала.

Ключевые слова: канал, информация, надежность, радиотехнические системы.

Одним из характерных признаков радиотехнических каналов, служащих для информационного обеспечения диспетчеров УВД, является использование функциональной избыточности. При этом в качестве компонент, входящих в состав канала, используются различные радиотехнические системы (РТС), зачастую не имеющие общих трактов обработки информации. Однако именно они определяют функциональную готовность по отношению к деятельности диспетчера, с точки зрения которого для его нормальной работы необходим некий минимальный объем информации о воздушной обстановке и возможность вмешательства в складывающуюся в зоне ответственности воздушную ситуацию.

Не останавливаясь на важности информации, представляемой каждой из компонент канала, и считая, что отказ каждой из них имеет равные последствия, рассмотрим расчет характеристик надежности реальной системы, состоящей из трех подсистем. Очевидно, что в рамках принятых предпосылок для функционирования информационного канала достаточно безотказной работы по крайней мере одной подсистемы, т.е. можно считать, что в информационном смысле канал состоит из трех параллельных подсистем, например ПРЛ, ВРЛ и АРП.

Подобное упрощение позволяет воспользоваться в качестве описания модели надежности канала однородной марковской цепью, для описания которой достаточно задать матрицу вероятностей переходов за один шаг $Z=[Z_{ij}]_{K \times K}$ и начальное распределение процесса $P(0)=[P_1(0), P_2(0), \dots, P_K(0)]$.

Введем обозначения основных показателей безотказности рассматриваемых каналов: T_R – среднее время безотказной работы; T_V – среднее время восстановления; $G(k)$ – функция готовности системы; K_F – коэффициент готовности; $T_1=T_R+T_V$ – среднее время между отказами; T_Γ – среднее время наработки до первого отказа.

Модель информационного канала, включающего в себя ряд средств радиотехнического обеспечения полетов, представим следующим образом. Пусть θ является k -мерным вектором вероятностей, означающим, что в любой k -й момент времени система находится в фиксированном состоянии – J .

Уравнения состояния системы имеют вид

$$P(k+1) = P(k) \times Z. \quad (1)$$

В соответствии с [1] Z является случайной матрицей, и для нее справедливо соотношение $Z \times 1_k = 1_k$, где $1_k = [1, 1, \dots, 1]$ – представляет собой единичный вектор-столбец.

Решение системы уравнений можно записать в виде:

$$P \times [I - Z] = 0; \quad P \times 1_k = 1. \quad (2)$$

Считая, что состояние 1, 2, ..., N соответствует безотказной работе системы, а состояния $N+1, N+2, \dots, K$ – отказам, представим матрицу вероятностей переходов между соседними состояниями за один шаг следующим образом

$$Z = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где миноры, входящие в (3), равны:

$$A = [Z_{ji}; J, I \in \{1, 2, \dots, N\}]; \quad B = [Z_{ji}, J \in \{1, 2, \dots, N\}; I \in \{N+1, N+2, \dots, K\}];$$

$$C = [Z_{ji}, J \in \{N+1, N+2, \dots, K\}; I \in \{1, 2, \dots, N\}]; \quad D = [Z_{ji}; J, I \in \{N+1, N+2, \dots, K\}].$$

Аналогично:

$$P_R(k) = [P_1(k), P_2(k), \dots, P_n(k)];$$

$$P_b(k) = [P_{n+1}(k), P_{n+2}(k), \dots, P_N(k)].$$

Тогда уравнение (1) обращается в

$$\begin{cases} P_R(k+1) = P_R(k) \times A + P_b(k) \times C \\ P'_{b1}(k+1) = P_R(k) \times A + \widetilde{N}_b(k) \times C \end{cases} \quad (4)$$

Окончательно, введя переменную τ – время от начала работы системы до ее первого отказа, получаем:

$$T_R = \frac{P_R \times 1_N}{P_R \times B \times 1_{K-N}}; \quad (5)$$

$$T_V = \frac{1 - G}{P_B \times C \times 1_N}; \quad (6)$$

$$T_1 = \frac{1}{P_B \times C \times 1_N}; \quad (7)$$

$$T_f = [1, 0, \dots, 0] \times [J - A]^{-1} \times 1_N. \quad (8)$$

Для исследуемого канала возможны следующие состояния: 1 – исправны все три подсистемы, входящие в канал; 2 – отказ одной подсистемы и восстановление другой; 3 – отказ двух подсистем, одна из которых восстановлена; 4 – отказ всех трех подсистем, одна из которых восстановлена.

Пусть вероятности появления неисправностей в течение одного шага соответственно равны q_1, q_2, q_3 , а вероятность восстановления отказавшей подсистемы – p

$$Z = \begin{bmatrix} 1 - q_3 & q_3 & 0 & 0 \\ \tilde{n} & 1 - q_2 - \tilde{n} & \tilde{n} & 0 \\ 0 & \tilde{n} & 1 - q_1 - \tilde{n} & q_1 \\ 0 & 0 & \tilde{n} & 1 - \tilde{n} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

В (9) состояния 1, 2, 3 являются состояниями безотказной работы, а состояние 4 – состоянием отказа начала.

Используя соотношения (5)-(8), будем иметь для рассматриваемой модели канала:

$$T_f = (q_1)^{-1} + (q_2)^{-1} + (q_3)^{-1} + \tilde{n}(q_2 q_3)^{-1} + \tilde{n}(q_1 q_3)^{-1} + \tilde{n}^{-2}(q_1 q_2 q_3)^{-1}; \quad (10)$$

$$T_R = (q_2 q_3 + q_3 \tilde{n} + \tilde{n}^2) \cdot (q_1 q_2 q_3)^{-1}; \quad (11)$$

$$T_V = \tilde{n}^{-1}; \quad (12)$$

$$T_1 = q_1^{-1} + \tilde{n}[(q_1 q_3)^{-1} + \tilde{n}^2](q_1 q_2 q_3)^{-1} + \tilde{n}^{-1}. \quad (13)$$

Представленные оценки позволяют провести решение и обратной задачи, т.е. задачи синтеза требований на время перерыва в работе всего канала, и следовательно, провести сопоставляющую оценку времени перерыва в выдаче информации подсистемам, входящим в информационный канал, исходя из принятых критериев, например, как это определено в [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.Н., Турбин А.Ф., Цатурян Г.Ж. Полумарковские модели восстановления систем. - К.: Ин-т математики АН УССР, 1990.
2. Руководство по радиотехническому обеспечению полетов и технической эксплуатации объектов радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи (РПТОП ТЭ – 2000). - М.: ФCBT России, 2000.

ASSESSMENT OF TIME OF THE BREAK IN FUNCTIONING OF THE ATC RADIO AIDS CHANNEL

Emelyanov V.E., Ivanenko V.A.

The authors provide a model that allows estimating the time of the break of functioning navigation and ATC that make up the information channel.

Keywords: channel, information, reliability, radio engineering systems.

Сведения об авторах

Емельянов Владимир Евгеньевич, 1951 г.р., окончил КИИГА (1974), доцент, доктор технических наук, профессор кафедры основ радиотехники и защиты информации МГТУ ГА, автор более 100 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация радиоэлектронных систем, функционирующих в сложной электромагнитной обстановке.

Иваненко Владимир Андреевич, 1993 г.р., студент МГТУ ГА, область научных интересов – оценка достоверности и надежности информации в АС УВД.