

УДК 654.9–049.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Батура А.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Боровиков С.М. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассматриваются основные этапы методики оценки для электронной системы безопасности показателя эффективности её функционирования в виде вероятности защиты объекта. Рассмотрен пример, иллюстрирующий основные этапы методики.

Ключевые слова: электронная система безопасности, надёжность, временные отказы, эффективность функционирования.

Введение. При классическом расчёте надёжности электронной системы безопасности (ЭСБ) обычно учитывают устойчивые отказы её функциональных устройств [1, 2]. Неучёт возможных временных отказов, называемых сбоями [3], приводит к тому, что расчётный уровень надёжности системы и, следовательно, вероятность защиты объекта с помощью ЭСБ оказываются выше реальных эксплуатационных значений, что может проявиться на степени защищённости объекта при его функционировании. При расчёте надёжности ЭСБ важно принять во внимание не только устойчивые отказы функциональных устройств системы, но и их возможные временные отказы при эксплуатации системы в реальных условиях. В случае учёта временных отказов устройств полученный показатель надёжности ЭСБ может рассматриваться в качестве показателя эффективности функционирования системы безопасности.

Основная часть. Предлагаемая методика оценки эффективности функционирования ЭСБ включает следующие основные этапы: уточнение электрической структурной схемы ЭСБ; определение условия работоспособности ЭСБ с учётом задач, решаемых системой, и указаний технической документации о том, что рассматривается в качестве нормального функционирования системы; разработка структурной схемы надёжности ЭСБ с учётом условий работоспособности системы, а также указаний и рекомендаций ГОСТ [3]; определение возможных технических состояний рассматриваемой ЭСБ; получение математического выражения для определения коэффициентов эффективности возможных состояний ЭСБ; расчёт эффективности функционирования рассматриваемой системы безопасности с учётом её возможных технических состояний и коэффициентов эффективности этих состояний с точки зрения обеспечения защиты объекта.

Пример применения методики. Покажем применение методики на примере простейшей ЭСБ, электрическая структурная схема которой показана на рисунке 1.

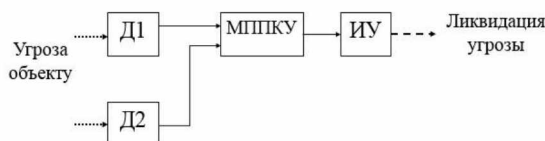


Рисунок 1 – Электрическая структурная схема исследуемой электронной системы безопасности

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: Д1, Д2 – датчики, воспринимающие угрозу объекту, фиксируют факт несанкционированного проникновения на объект; МППКУ – микропроцессорное приёмно-контрольное устройство; ИУ – исполнительное устройство, выполняющее функцию устранения угрозы для объекта.

Будем считать, что согласно технической документации ЭСБ сохраняет работоспособное состояние в случаях, если хотя бы один из датчиков вырабатывает сигнал об угрозе объекту, устройство МППКУ правильно обрабатывает сигнал об угрозе, а устройство ИУ правильно формирует команду для ликвидации угрозы.

Рассматривая электрическую структурную схему (см. рисунок 1) и указанные условия работоспособных состояний ЭСБ, с учётом рекомендаций документа [3] строим структурную схему надёжности (СНН). Эта схема является моделью надёжности системы, представляет собой логическое и графическое представление изделия, показывающее, каким образом безотказность его частей и их сочетаний влияют на работоспособность изделия. Для построения СНН надо выяснить, как с точки зрения надёжности в системе соединены устройства, входящие в состав системы. СНН строят так, что потеря работоспособности системы происходит в случае, если на СНН при движении слева направо или наоборот нет ни одного замкнутого пути. Построенная СНН показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема надёжности исследуемой ЭСБ

В данном частном случае СНН во многом напоминает электрическую структурную схему ЭСБ. Объясняется это простотой электрической схемы выбранной для исследования системы безопасности.

Возможные состояния рассматриваемой ЭСБ определяется по формуле 1:

$$h_i = s(D1) \cdot s(D2) \cdot s(MP) \cdot s(IU), \quad (1)$$

где $s(j)$ – вероятность, характеризующая техническое состояние (работоспособное или неработоспособное) j -го устройства исследуемой ЭСБ; $j \rightarrow D1, D2, MP, IU$ (устройство МППКУ для краткости обозначено через МП).

Для выполнения расчётов по формуле (1) удобно пользоваться символическими обозначениями состояний устройств ЭСБ (таблица 1). В этой таблице вероятность работоспособного состояния устройств, входящих в систему, обозначена через $r(j)$, $j \rightarrow D1, D2, MP, IU$. В теории надёжности технических изделий показатель $r(j)$ называют стационарным коэффициентом готовности, кратко просто коэффициентом готовности [1, 2]. Если в таблице 1 состоянию данного устройства отвечает цифра «1» (состояние работоспособности), в формулу (1) для данного устройства необходимо подставлять вероятность $r(j)$, если цифра «0» – вероятность $[1-r(j)]$.

Таблица 1 – Возможные состояния исследуемой электронной системы безопасности

Номер состояния	Символическое обозначение состояния	Состояние работоспособности устройств ЭСБ				Формула определения вероятности состояния h_i	Коэффициент эффективности состояния
		D1	D2	MP	IU		
1	1111	1	1	1	1	$r(D1) \cdot r(D2) \cdot r(MP) \cdot r(IU)$	Формула (2)
2	0111	0	1	1	1	$[1-r(D1)] \cdot r(D2) \cdot r(MP) \cdot r(IU)$	Формула (2)
3	1011	1	0	1	1	$r(D1) \cdot [1-r(D2)] \cdot r(MP) \cdot r(IU)$	Формула (2)

Для расчёта коэффициентов эффективности Φ_i состояний ЭСБ получена формула:

$$\Phi_i = [1 - (1 - p_{D1})(1 - p_{D2})] p_{MP} \cdot p_{IU}, \quad (2)$$

где символы p означают вероятности обнаружения нарушителя датчиками или правильная обработка устройством МП сигналов, поступающих от датчиков, или правильное восприятие устройством ИУ команд, поступающим от устройства МП, а по нижним индексам интуитивно понятна суть соответствующих вероятностей.

Расчёт показателя эффективности функционирования E рассматриваемой системы безопасности с учётом её возможных состояний h_i и коэффициентов эффективности Φ_i этих состояний выполняется по формуле 3 [5]:

$$E = \sum_{i=1}^k h_i \cdot \Phi_i, \quad (3)$$

где k – число состояний системы, обеспечивающих условие её работоспособности.

Используя формулы (1)–(3), рассчитан показатель эффективности функционирования ЭСБ для значений характеристик p_j и r_j устройств системы (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики устройств ЭСБ

Обозначение вероятности	Значение вероятности для устройства ЭСБ			
	Д1	Д2	МПКУ	ИУ
r_j	0,94	0,94	0,98	0,97
p_j	0,97	0,97	0,99	0,98

Получено $E = 0,9151$. Расчёт вероятности работоспособного состояния ЭСБ (показатель обозначен через R) с учётом только устойчивых отказов даёт значение $R = 0,9472$.

Заключение. Из проведённых расчётов следует, что показатель эффективности функционирования ЭСБ меньше значения вероятности работоспособного состояния ЭСБ. Поэтому для получения более достоверных данных о защите объекта следует учитывать влияние временных отказов на функционирование ЭСБ.

Список литературы

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности: учеб. для студ. инженер.-техн. специальностей вузов / С.М. Боровиков. – Минск: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
2. Боровиков, С.М. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств: учебно-методическое пособие / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.
3. Надёжность в технике. Термины и определения: ГОСТ 27.002-2015. – Введён 1.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 24 с.
4. Надёжность в технике. Структурная схема надёжности (IEC 61078:2016, Reliability block diagrams, IDT): ГОСТ Р МЭК 61078-2021. – Введён 1.01.2022. – М: Российский институт стандартизации, 2021 – 90 с.
5. Теоретические основы проектирования электронных систем безопасности. Лабораторный практикум: пособие / С.М. Боровиков [и др.]; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2014. – 70 с.

UDC 654.9–049.5

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF FUNCTIONING OF ELECTRONIC OF SECURITY SYSTEMS

Batura A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The main stages of the methodology for assessing for an electronic security system the indicator of the effectiveness of its functioning in the form of the probability of protecting the object are considered. An example illustrating the main stages of the methodology is considered.

Keywords: electronic security system, reliability, temporary failures, efficiency of functioning.