

ПРИМЕНЕНИЕ «МЕТОДА АНАЛИЗА ДЕРЕВА ОТКАЗОВ» ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.М. Боровиков, С.К. Дик, И.Н. Цырельчук, Д.В. Лихачевский

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ПИКС, 220013, г. Минск, Республика Беларусь, тел. +375 17 2938838, +375 17 2938505, +375 17 2938601, E-mail: bsm@bsuir.by, sdick@bsuir.by, tsyrelchuk@gmail.com

Abstract. Current rating the reliability of electronic systems for medical purposes is justified. The authors consider the use of the "method of fault tree analysis" (English version - FTA) to assess the reliability of electronic systems for medical purposes. Describes an example of applying the method. The example shows the construction of an electronic system fault tree. The results of evaluating the reliability of the electronic system It is produced by the method of probabilistic assessment of fault tree events.

При проектировании электронных систем (ЭС) медицинского назначения важно учесть все ситуации и события, которые при эксплуатации системы могут привести к её отказу. Традиционные подходы к оценке надёжности ЭС медицинского назначения не позволяют учесть влияние на надёжность системы всех возможных ситуаций и событий, которые при использовании ЭС могут вызвать её отказ (в виде сбоя или полной потери работоспособности) и, следовательно, не обеспечат решение требуемой задачи.

В работе [1] для оценки надёжности ЭС медицинского назначения предлагалось использовать «метод анализа дерева отказов» (в англоязычном варианте – **Fault Tree Analysis, кратко – FTA**). Метод основан на построении схемы (похожей на дерево), на которой указывают возможные отказы составных частей и системы в целом, а также события, вызывающие появление отказов.

При анализе надёжности и эффективности функционирования ЭС медицинского назначения её отказ в виде невыполнения предписанных ей функций следует выделять как головное (иначе, конечное) событие, которое располагается в вершине дерева отказов. Этому конечному событию предшествуют другие события.

Последовательности событий в дереве отказов организуют с помощью символов логических операций, из которых наиболее часто используются операции И и ИЛИ. Операция И указывает на то, что для получения выходного события необходимы все события на входе. Операция ИЛИ означает, что для получения выходного события должно произойти хотя бы одно событие на входе.

Применение «метода анализа дерева отказов» проиллюстрируем на примере оценки надёжности ЭС медицинского назначения, обобщённая структурная схема которой показана на рисунке 1.

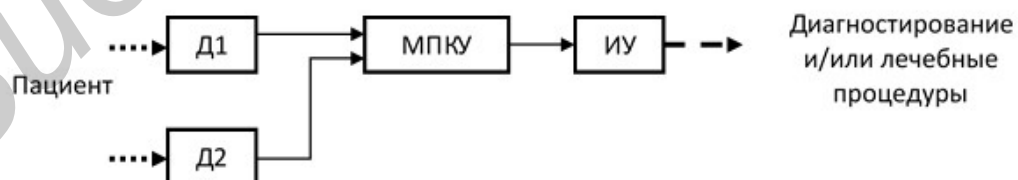


Рисунок 1 – Обобщённая структурная схема ЭС медицинского назначения:
 D1, D2 – датчики; МПКУ – микропроцессорное контрольное устройство;
 ИУ – исполнительное устройство

Будем считать, что ЭС способна выполнить функцию по диагностическому обследованию пациента в случаях, если посылаемый диагностический сигнал воспринят хотя бы одним из датчиков (D1 или D2), МПКУ правильно обрабатывает сигналы,

поступающие от датчиков, и формирует команды для ИУ, а ИУ правильно воспринимает команды от МПКУ и выдаёт результаты диагностического обследования пациента.

Пусть для устройств ЭС информация о вероятностях работоспособного состояния r_j и вероятностях восприятия и/или правильной обработки сигналов p_j соответствует данным таблицы 1. Для простоты построения дерева отказов примем, что для МПКУ вероятность $p_{\text{мпку}} = 1$.

Таблица 1 – Информация о характеристиках устройств ЭС

Обозначение вероятности	Значение вероятности			
	Д1	Д2	МПКУ	ИУ
r_j	0,85	0,85	0,95	0,93
p_j	0,90	0,90	1,00	0,97

Для моделирования отказа ЭС в виде невыполнения предписанных ей функций построим «дерево отказов», используя алгоритм, описанный в [1, 2].

Выделяем исходные (элементарные) события, которые могут привести к невыполнению ЭС предписанных функций по диагностическому обследованию пациента. В качестве первой группы таких событий можно выделить возникновение технических неисправностей в устройствах, входящих в состав ЭС, и следовательно, их отказ. Вторую группу составляют такие нежелательные события (отказы), которые могут иметь место для устройств ЭС даже в случае их исправного технического состояния: неформирование и/или невосприятие диагностических сигналов датчиками, неправильная обработка сигналов МПКУ, несрабатывание ИУ в случае поступления команды от МПКУ, например из-за сбоя программного обеспечения ИУ и т.д.

Выделяем головное событие – невыполнение системой предписанных функций по диагностическому обследованию пациента.

Определяем все промежуточные события, которые могут вызвать появление головного события.

Определяем взаимосвязь между событиями в терминах логических операций И и ИЛИ. Представляя события в графическом виде, получаем дерево отказов (рисунок 2).

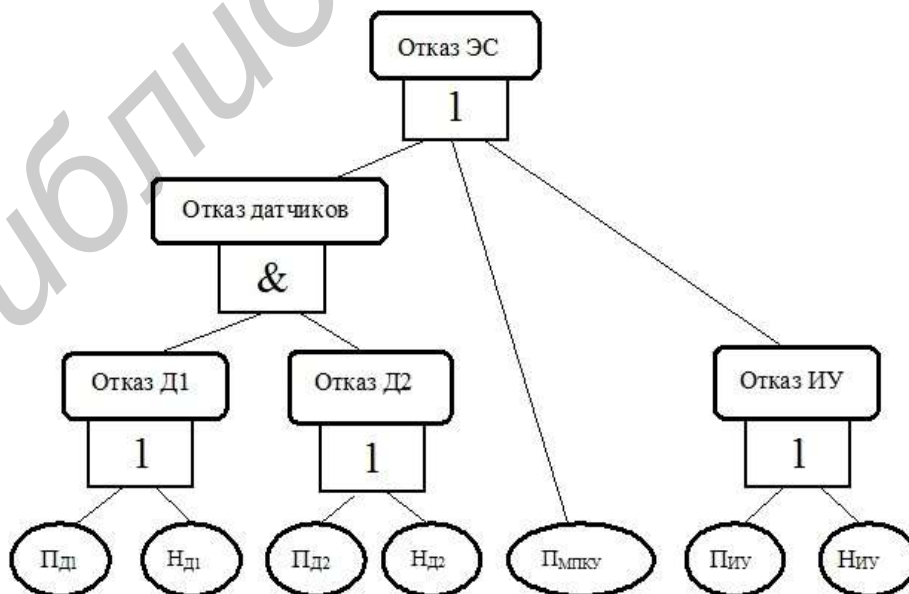


Рисунок 2 – Дерево отказов рассматриваемой ЭС

Пояснение событий, указанных на рисунке 2, приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Пояснение событий дерева отказов

Обозначение события на рисунке 2	Смысл события	Примечание
П _{Д1}	Отказ в виде полной потери работоспособности Д1 из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Н _{Д1}	Отказ в виде невосприятия диагностического сигнала технически исправным датчиком Д1	Исходное событие
П _{Д2}	Отказ в виде полной потери работоспособности Д2 из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Н _{Д2}	Отказ в виде невосприятия диагностического сигнала технически исправным датчиком Д2	Исходное событие
П _{МПКУ}	Отказ в виде полной потери работоспособности МПКУ из-за возникшей неисправности	Исходное событие
П _{ИУ}	Отказ в виде полной потери работоспособности ИУ из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Н _{ИУ}	Отказ в виде невосприятия команды на вывод результатов диагностического обследования технически исправным ИУ	Исходное событие
Отказ Д1	Невыполнение Д1 возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ Д2	Невыполнение Д2 возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ ИУ	Невыполнение ИУ возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ датчиков	Невыполнение совокупностью датчиков (Д1 и Д2) функции по восприятию диагностических сигналов	Промежуточное событие
Отказ ЭС	Невыполнение ЭС предписанных медицинских функций	Главное событие

Пользуясь деревом отказов, выполняем вероятностную оценку промежуточным событиям и находим вероятность главного события. Так, например:

$$P(\text{Отказ датчиков}) = P(\text{Отказ Д1}) \cdot P(\text{Отказ Д2}),$$

где $P(\text{Отказ Д1}) = P(\text{П}_{Д1}) + P(\text{Н}_{Д1}) - P(\text{П}_{Д1}) \cdot P(\text{Н}_{Д1}) = (1 - r_1) + (1 - p_1) - (1 - r_1) \cdot (1 - p_1) = (1 - 0,85) + (1 - 0,9) - (1 - 0,85) \cdot (1 - 0,9) = 0,15 + 0,1 - 0,15 \cdot 0,1 = 0,235$ и т.д.

$$P(\text{Отказ ЭС}) = 1 - [1 - P(\text{Отказ датчиков})] \cdot [1 - P(\text{Отказ МПКУ})] \cdot [1 - P(\text{Отказ ИУ})] = 1 - 0,944775 \cdot 0,95 \cdot 0,9021 \approx 0,19.$$

Отметим, что полученное число характеризует возможность появления отказов ЭС, обусловленных как возникновением технических неисправностей устройств, входящих в состав системы, так и невыполнением устройствами, находящимся в исправном техническом состоянии, своих функций ввиду различных причин: действие климатических факторов, индустриальные и естественные электромагнитные помехи и др.

Литература

1. Боровиков, С. М. Новый подход к оценке надёжности электронных систем медицинского назначения / С.М. Боровиков [и др.] // Медэлектроника 2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, Беларусь, 10–11 декабря 2014 года. – Минск: БГУИР, 2014. – С. 178–181.
2. Боровиков, С. М. Надёжность технических систем. Лабораторный практикум : пособие / С.М. Боровиков [и др.] ; под ред. С. М. Боровикова. – Минск : БГУИР, 2015. – 72 с.