

Протокол контрольного разряда
аккумуляторной батареи от 21-03-2019

Место установки: *сателлит. Баранука* ИБЭП-220-4ВВ-12А № 1
 Тип батареи: *RNar RA* 55.0 А/ч Элемент № 1
 Режим разряда, ч: 14

Отметка	Время	Ток разряда	Напряжение АКБ	Емкость АКБ	Внутр. сопр.
+	21-03-2019 00:00:00	3.779	12.060	0.053	0.08851
+	21-03-2019 01:00:00	3.820	12.130	3.860	0.05364
+	21-03-2019 02:00:00	3.800	12.010	7.640	0.05395
+	21-03-2019 03:00:00	3.776	11.840	11.440	0.05746
+	21-03-2019 03:43:00	3.720	11.880	14.180	0.06082
+	21-03-2019 03:58:00	3.810	11.800	15.140	0.06916

Номинальный ток разряда, А: 3.80 Напряжение разряда на элемент, В: 1.80
 Измеренная емкость, А/ч: 20.54 Температура АКБ: 19.0
 Фактическая емкость, А/ч: 27.37
 Относительная емкость, %: 38.85

Аккумулятор проверен, подложки визуальной замены. До замены необходимо установить

Рисунок 2 – Скриншот протокола учета контрольного разряда АКБ

Проведенная работа позволила сформулировать следующие выводы:

- использование современных АКБ малообслуживаемого и необслуживаемого типов требует безусловного использования вторичных источников электроснабжения со встроенными средствами автоматизированного контроля параметров АКБ и возможностью их удаленного мониторинга;
- аккумуляторные батареи необходимо формировать на основе идентичности технических характеристик каждого элемента батареи, в первую очередь, – фактической емкости и внутреннего сопротивления;
- прогнозирование срока службы АКБ с целью оптимизации затрат на их своевременную замену невозможно без создания баз данных, с функцией формирования отчетов динамики изменения технических характеристик;
- внедрение систем автоматизированного контроля параметров АКБ с формированием баз данных технических характеристик позволяет повысить надежность работы систем электропитания технологической связи и снизить затраты на их эксплуатацию.

Данный комплекс используется в настоящее время при обслуживании устройств электропитания в Полоцкой дистанции сигнализации и связи Белорусской железной дороги.

УДК 004.052.32+681.518.5

САМОДВОЙСТВЕННАЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ КОМБИНАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д. В. ЕФАНОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Развитие компьютерных и информационных технологий во второй половине прошлого – в первой четверти нынешнего столетий позволяет инженерам в различных отраслях техники, в том числе, в транспортной, реализовывать миниатюрные системы управления на микроэлектронной и микропроцессорной основах. Такие системы подвержены различного рода деструктивным воздействиям, вызывающим устойчивые отказы и сбои. Поэтому в критических приложениях системы управления реализуются, следуя принципам контролепригодности, самопроверяемости и отказоустойчивости [1–3], что позволяет своевременно обнаруживать проявления неисправностей и парировать их.

В данной работе описывается новая отказоустойчивая структура, которую можно использовать при синтезе цифровых вычислительных устройств с контролем комбинационных составляющих (рисунок 1). Данная структура основана на использовании принципа логического дополнения, разработанного под руководством наших соотечественников, профессоров В. В. и Вл. В. Сапожниковых [4], совместно с контролем самодвойственности формируемых функций. Это требует представления рабочих и контрольных сигналов в виде последовательностей импульсов: 0 – 0101...01 и 0 – 1010...10 [5]. Сама структура работает в импульсном режиме.

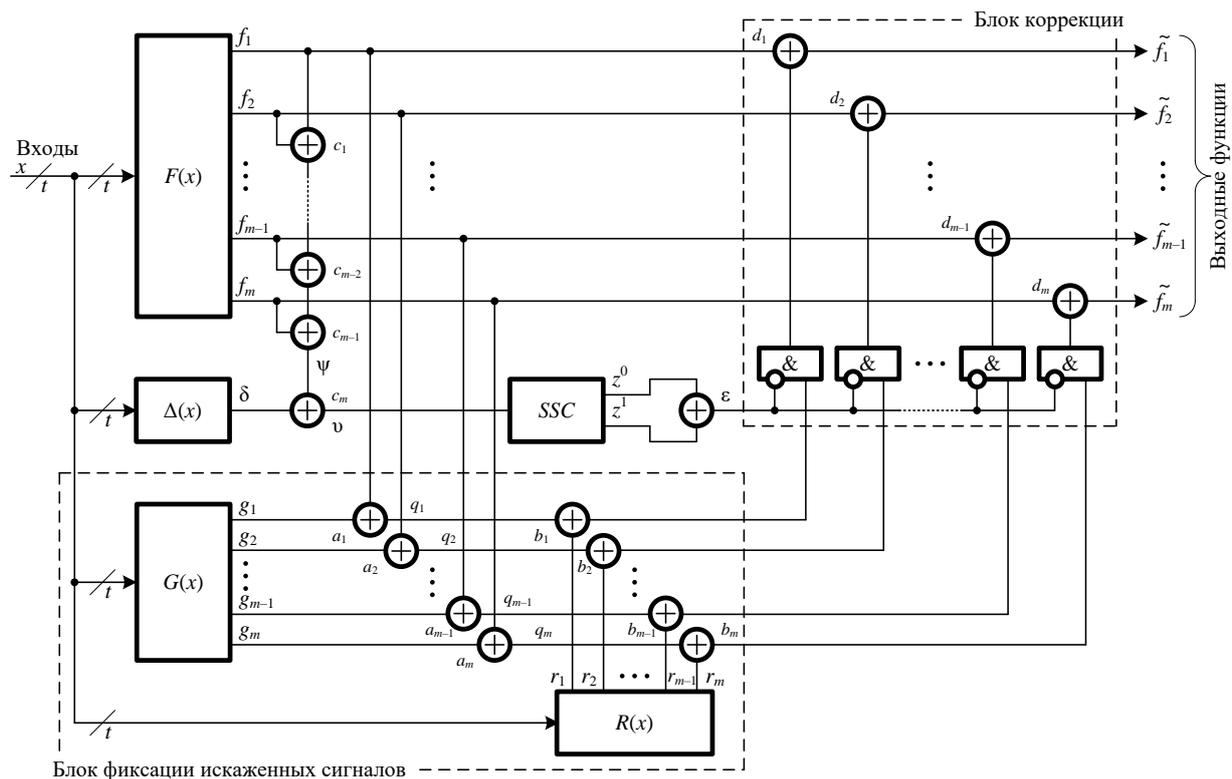


Рисунок 1 – Самодвойственная отказоустойчивая структура

В структуре исходным устройством (объектом диагностирования) является комбинационная схема $F(x)$, формирующая значения рабочих функций $f_1, f_2, \dots, f_{m-1}, f_m$ на каждой входной комбинации. Неисправности в схеме $F(x)$ могут приводить к возникновению ошибок в вычислениях рабочих функций, что должно парироваться. С этой целью устройство $F(x)$ дополняется тремя функциональными блоками: схемой встроенного контроля (СВК), блоком фиксации искаженных сигналов (ФИС) и блоком коррекции сигналов. СВК позволяет фиксировать факт присутствия ошибки на выходах объекта диагностирования. В предлагаемой структуре контроль вычислений производится по методу самодвойственного паритета, описанному в [6]. Для этого использованы следующие схемотехнические приемы. Выходы устройства $F(x)$ сжимаются с помощью элементов сложения по модулю $M = 2$ (элементов XOR): $\psi = f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{m-1} \oplus f_m$. Другими словами, вычисляется функция паритета значений рабочих выходов. Значение функции ψ подается на первый вход двухвходового элемента XOR . На второй его вход подается значение специальной функции самодвойственного дополнения δ , вычисляемой блоком $\Delta(x)$. Значение функции δ подбирается на этапе проектирования СВК таким образом, чтобы функция $v = \psi \oplus \delta$ являлась самодвойственной. Способы получения самодвойственных функций описаны в [5] и их существует большое множество. Для контроля самодвойственности функции v установлен самопроверяемый самодвойственный тестер (SSC – self-checking self-dual checker), имеющий простую структуру. Он снабжен двумя контрольными выходами z^0 и z^1 , на которых формируется парафазный сигнал 01, либо 10 в случае, если на входах тестера присутствует самодвойственный сигнал. Нарушение самодвойственности функции v вследствие искажений в вычислениях приводит и к нарушению парафазности на выходах. Выходы тестера подключены ко входам элемента XOR , вычисляющего функцию ошибки $\epsilon = z^0 \oplus z^1$. Если ошибки в вычислениях нет, то $\epsilon = 1$, иначе – 0. Именно поэтому сигнал ϵ , подаваемый на входы блока коррекции сигналов, инвертируется – коррекция выполняется только в том случае, если ошибка в вычислениях на выходах объекта диагностирования присутствует. Для коррекции ошибок требуется также использование блока ФИС. Он реализуется по методу логического дополнения и содержит блок логического дополнения $G(x)$, блок вычисления функций коррекции $R(x)$ и два каскада элементов сравнения. На выходах блока $G(x)$ вычисляются специальные функции дополнения

$g_1, g_2, \dots, g_{m-1}, g_m$. Последние сравниваются с одноименными функциями выходов блока $F(x)$ при помощи элементов XOR $a_1, a_2, \dots, a_{m-1}, a_m$, на выходах которых вычисляются функции сравнения $q_1, q_2, \dots, q_{m-1}, q_m$. Блок ФИС включает в себя также блок коррекции функций сравнения $R(x)$, вычисляющий функции $r_1, r_2, \dots, r_{m-1}, r_m$, которые выбираются с таким расчетом, чтобы на выходе блока ФИС в исправной структуре были реализованы функции $e_i = f_i \oplus g_i \oplus r_i, i = \overline{1, m}$. Если в результате неисправности в блоке $F(x)$ искажается значение функции f_i , то, $e_i = 1$ и активизируются вход и выход соответствующего элемента логического умножения (при этом на выходе схемы паритета сигнал $z = 1$). Осуществляется исправление неправильного значения функции f_i . При синтезе блока ФИС необходимо определить функции $g_1, g_2, \dots, g_{m-1}, g_m$ и $r_1, r_2, \dots, r_{m-1}, r_m$. Из выражения $e_i = f_i \oplus g_i \oplus r_i, i = \overline{1, m}$, следует, что $g_i = f_i \oplus r_i$. Каждая функция r_i может быть выбрана произвольным образом независимо от того, какими являются функции f_i и g_i . От выбранного варианта функции r_i зависит сложность реализации функции g_i , при этом никакой зависимости между функциями g_i и r_i с различными индексами i не существует [7, 8]. Для коррекции неверных значений использован блок коррекции сигналов, включающий в себя каскад элементов AND для фиксации ошибки, а также элементы коррекции $d_1, d_2, \dots, d_{m-1}, d_m$, исправляющие только те значения функций, на которых присутствует ошибка.

Представленная структура является развитием одной из известных структур (см. рисунок 3 в [7]). В отличие от нее блок $\Delta(x)$ в СВК формирует не функцию паритета для сравнения сигнала с выхода свертки по модулю два $\psi = f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{m-1} \oplus f_m$, а функцию преобразования сигнала ψ в самодвойственный сигнал υ . Как показано в [6], такое устройство СВК позволяет существенно повышать процент фиксируемых искажений на выходах блока $F(x)$, а также выбирать наиболее простую реализацию блока $\Delta(x)$. В [7, 8] показано, что "прообраз" предложенной в настоящей работе структуры может быть не только менее избыточным, чем при использовании структуры, реализуемой на основе тройной модульной избыточности, но и менее избыточным, чем структуры, реализуемые на основе двойной модульной избыточности. При этом в эксперименте получены высокие показатели достоверности коррекции ошибок на выходах объекта диагностирования $p_c > 0,95$. Учитывая возможности по выбору структуры блока $\Delta(x)$ и обнаруживающие способности метода самодвойственного паритета, можно еще более уменьшать структурную избыточность СВК и самого отказоустойчивого устройства, а также повышать показатель достоверности коррекции ошибок.

Описанная структура дополняет рассмотренные в [9, 10] самодвойственные отказоустойчивые структуры, основанные на использовании принципов контроля по паритету и самодвойственного дублирования, и может сравниваться с ними в дальнейших исследованиях.

Применение самодвойственных структур при синтезе отказоустойчивых вычислительных устройств может найти практический выход при решении задачи построения блоков и узлов систем критического применения.

Список литературы

- 1 **Согомонян, Е. С.** Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы / Е. С. Согомонян, Е. В. Слабаков. – М. : Радио и связь, 1989. – 208 с.
- 2 Checkability of the Digital Components in Safety-Critical Systems: Problems and Solutions / A. Drozd [et al.] // Proceedings of 9th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2011), Sevastopol, Ukraine, 2011. – P. 411–416, doi: 10.1109/EWDTS.2011.6116606.
- 3 **Сапожников, Вл. В.** Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов / Вл. В. Сапожников. – М. : Наука, 2021. – 229 с.
- 4 Организация функционального контроля комбинационных схем методом логического дополнения / Вл. В. Сапожников [и др.] // Электронное моделирование. – 2002. – Т. 24, № 6. – С. 52–66.
- 5 **Сапожников, В. В.** Самодвойственные дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, М. Гессель – СПб. : Энергоатомиздат (Санкт-Петербургское отделение), 2001. – 331 с.
- 6 Self-Dual Parity Checking – a New Method for on Line Testing / Vl. V. Saposhnikov [et al.] // Proceedings of 14th IEEE VLSI Test Symposium, USA. – Princeton. – 1996. – P. 162–168.
- 7 **Сапожников, В. В.** Схема коррекции сигналов для комбинационных устройств автоматики на основе логического дополнения с контролем вычислений по паритету / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 71–85. – DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-71-85.

8 **Ефанов, Д. В.** Отказоустойчивые структуры цифровых устройств на основе логического дополнения / Д. В. Ефанов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 140–158. – DOI: 10.31857/S0005231021080079.

9 Fault-Tolerant Self-Dual Circuits with Error Detection by Parity- and Group Parity Prediction / V. Ocheretnij [et al.] // 4th IEEE International On-Line Testing Workshop, July 6–8, 1998, Capri, Italy.

10 **Saposhnikov, Vl. V.** Design of Fault-Tolerant Circuits by Self-Dual Duplication / Vl. V. Saposhnikov // Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems : 2nd International Workshop, September 2–4, 1998, Szczyrk, Poland.

УДК 656.25

ПРИМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ПРИ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

В научно-технической периодике по проблеме электромагнитной совместимости радиоэлектронной и электронно-вычислительной техники поставлена задача сопоставления испытаний указанной техники на устойчивость к электромагнитным помехам различной природы. Для сокращения числа испытаний и затрат времени на них предлагается разрабатывать такие процедуры испытаний, при которых по результатам испытаний на устойчивость к определенному виду импульсных электромагнитных помех можно было бы косвенно судить об устойчивости того же технического средства (ТС) к другим видам помех.

Особенную актуальность эта задача приобрела с появлением новых видов электромагнитных помех. В современных условиях существует угроза применения электромагнитных импульсов преднамеренного воздействия (ЭИПВ), которые отличаются высокой амплитудой, сверхширокой полосой частот и, следовательно, высокой проникающей способностью. Угроза усиливается, так как разработаны конструкции компактных генераторов, доступных экстремистским группировкам. Степень устойчивости электронной и микропроцессорной техники к этому виду помех определяется путем лабораторных испытаний. Это требует наличия испытательных генераторов, которые являются уникальными установками. Поэтому для массовых испытаний оборудования систем обеспечения безопасности движения поездов косвенные оценки устойчивости этого оборудования к ЭИПВ становятся особенно актуальными. Техническая возможность косвенных оценок обеспечивается наличием генераторов-имитаторов помех, обладающих широкой полосой спектра, в частности генераторов электростатического разряда. Методическая возможность – методикой и математическим аппаратом для сравнения импульсов помех различной формы.

В лаборатории «Безопасность и ЭМС» НИИЖТА при БелГУТе разработаны два способа вывода условий эквивалентности импульсов: спектрально-энергетический и интегральный.

В интегральном способе условием эквивалентности является равенство энергии и вольт-секундной площади импульсов. Таким образом, сравниваются параметры, от которых зависят последствия воздействия импульса на рецептор помех – микроэлектронный узел. Энергия импульса помехи определяет возможность отказа или сбоя узла. Вольт-секундная площадь – возможность того, что импульс будет принят за информационный. Помехи к рецептору проникают по цепям передачи информации и цепям питания, таким образом, являются кондуктивными. Как правило, кондуктивные помехи возникают при переходных процессах. Поэтому их форма описывается импульсом включения, экспоненциальным, биэкспоненциальным импульсами, а также импульсом в виде затухающей синусоиды. Выражения для энергии и вольт-секундной площади таких импульсов легко получить по известным теоремам спектрального анализа. Так, для экспоненциального импульса

$$W = \frac{A^2}{2\beta}, \quad Q = \frac{A}{\beta}, \quad (1)$$

для биэкспоненциального импульса

$$W = A^2 \left[\frac{1}{2\gamma\beta_2} - \frac{2}{\beta_2(\gamma+1)} + \frac{1}{2\beta_2} \right], \quad Q = A \frac{\beta_2(\gamma-1)}{\gamma\beta_2^2}, \quad (2)$$