

Раздел IV. Электроника, нанотехнологии и приборостроение

УДК 621.382

DOI 10.18522/2311-3103-2022-3-263-270

А.В. Андрианов, Д.Е. Губарев, А.Н. Зикий, П.Н. Зламан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА

Защитное устройство (ограничитель) на входе приемника является важной составной частью, так как обеспечивает безопасность эксплуатации приемника в условиях приема мощных сигналов. Представлены результаты экспериментального исследования защитного устройства диапазона 1–4 ГГц. Показано, что минимальные потери в полосе пропускания при низком уровне мощности не превышают 0,63 дБ, максимальные потери в полосе пропускания составляют 1,23 дБ. При входной мощности 25 дБм защитное устройство работает в нелинейном режиме, поэтому создает гармоники входной частоты. Представлены экспериментальная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) защитного устройства, а также амплитудные характеристики на трех частотах. Эксперимент по снятию АЧХ проводился на векторном анализаторе цепей. Эксперимент по снятию амплитудных характеристик проводился с помощью генератора стандартных сигналов и анализатора спектра на трех частотах: 1 ГГц; 2 ГГц; 4 ГГц. Конструктивно защитное устройство представляет собой подложку из поликора, на которой размещены все элементы, кроме соединителей. Подложка помещена в корпус рамочного типа и закрыта двумя герметичными крышками. В качестве соединителей применены гнезда тип III по ГОСТ13317-89. Дана принципиальная схема и краткое описание конструкции. Достигнуты следующие основные параметры: потери не превышают 1,23 дБ в диапазоне рабочих частот от 1 до 4 ГГц, мощность выходного сигнала при высоком уровне входной мощности ($f=1$ ГГц; $P_{вх}=25$ дБм) не превышает 12 дБм. Защитное устройство рекомендуется использовать во входных цепях приемников связи, навигации, радиолокации и радиоэлектронной борьбы.

Защитное устройство; ограничитель; амплитудная характеристика; амплитудно-частотная характеристика; спектр выходного сигнала; приемники.

A.V. Andrianov, D.E. Gubarev, A.N. Zikiy, P.N. Zlaman

EXPERIMENTAL STUDY OF A PROTECTIVE DEVICE

The protective device (limiter) at the receiver input is an important component, as it ensures the safety of the receiver operation in conditions of receiving powerful signals. The results of an experimental study of a protective device in the 1-4 GHz band are presented. It is shown that the minimum bandwidth losses at a low power level do not exceed 0.63 dB, the maximum bandwidth losses are 1.23 dB. At an input power of 25 dBm, the protective device operates in a non-linear mode, therefore it creates harmonics of the input frequency. The experimental amplitude-frequency response (AFC) of the protective device, as well as amplitude characteristics at three frequencies are presented. The experiment to remove the frequency response was carried out on a vector analyzer of circuits. The experiment to remove the amplitude characteristics was carried out using a standard signal generator and a spectrum analyzer at three frequencies: 1 GHz; 2 GHz; 4 GHz. Structurally, the protective device is a polycor substrate on which all elements except connectors are placed. The substrate is placed in a frame-type housing and closed with two sealed lids. Type III sockets according to GOST13317-89 are used as connectors. A schematic diagram and a brief description of the design are given. The following main parameters have been achieved: losses do not exceed 1.23 dB in the operating frequency range from 1 to 4 GHz, the

output signal power at a high input power level ($f = 1 \text{ GHz}$; $R_{vh} = 25 \text{ dBm}$) does not exceed 12 dBm . The protective device is recommended to be used in the input circuits of communication receivers, navigation, radar and electronic warfare.

Protective device; limiter; amplitude characteristic; amplitude-frequency characteristic; output signal spectrum; receivers.

Введение. Защитные устройства (ЗУ) СВЧ нашли широкое применение в радио-приемных устройствах. Их описанию и исследованию посвящена обширная литература, в том числе монографии [1–3], обзоры [4], статьи [5–13], диссертации [14–16], патенты [17, 18], учебные пособия [19,20], однако их теория и практика далеки от завершения. Повышаются требования к их быстродействию, максимально допустимой входной мощности, широкополосности, совершенствуется их схемотехника и элементная база. Традиционно в защитных устройствах применяют pin-диоды и диоды с барьером Шотки [5–13]. ЗУ на основе диодов с барьером Шотки имеют большее быстродействие и меньшую просачивающуюся мощность, однако уступают pin-диодным ЗУ в энергопрочности [9, 13]. Резкое увеличение допустимой входной мощности можно получить путем применения резонансных диодных решеток [2].

Объектом исследования в данной работе является полупроводниковое защитное устройство десятисантиметрового диапазона волн.

Целью работы является получение амплитудно-частотной и амплитудных характеристик защитного устройства.

К защитному устройству предъявляются следующие требования:

- ◆ диапазон рабочих частот от 1 до 4 ГГц;
- ◆ потери в диапазоне рабочих частот при низком уровне входной мощности не более 3,5 дБ;
- ◆ уровень просачивающейся мощности на выход для непрерывного сигнала не более 12 дБм;
- ◆ волновое сопротивление 50 Ом.

Схема и конструкция. Перечисленные выше требования можно реализовать в ЗУ, принципиальная схема которого приведена на рис. 1. Защитное устройство состоит из двух соединителей X1, X2 типа III по ГОСТ13317, между которыми установлена печатная плата с тремя pin-диодами и катушкой индуктивности. Pin-диоды при низком уровне мощности СВЧ сигнала имеют высокое сопротивление и не шунтируют линию передачи. При высоком уровне мощности СВЧ сигнала pin-диоды имеют низкое сопротивление (от долей Ом до единиц Ом), поэтому они шунтируют линию передачи. Большая часть энергии входного СВЧ сигнала отражается, значительно меньшая часть поглощается pin-диодами или проходит в нагрузку.

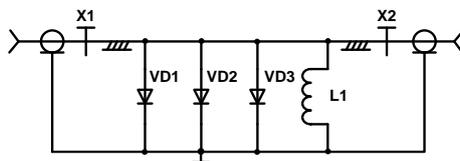


Рис. 1. Схема защитного устройства

Фото защитного устройства можно видеть на рис. 2. ЗУ имеет корпус с размерами 46x20x16 мм. Для работы в жестких условиях эксплуатации корпус герметизирован.

Моделирование. Моделирование защитного устройства проводилось в пакете прикладных программ Microwave Office (MWO). На рис. 3 изображена модель ЗУ из MWO. На рис. 4 показана амплитудно-частотная характеристика ЗУ из MWO. Получились очень низкие потери из-за идеализированной модели, не учитывающей потери в двух соединителях и другие факторы.



Рис. 2. Фото защитного устройства

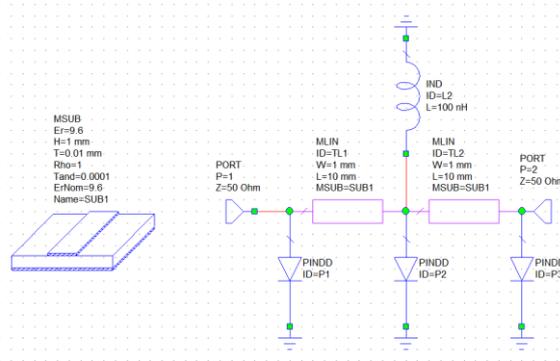


Рис. 3. Модель защитного устройства в MWO

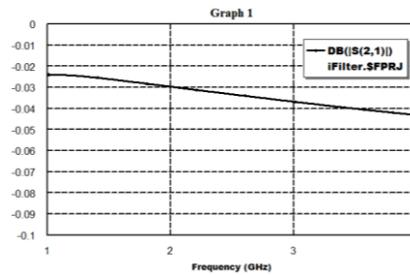


Рис. 4. АЧХ защитного устройства в MWO при низком уровне мощности

На рис. 5 представлена модель ЗУ для нелинейного анализа. С помощью этой модели получена амплитудная характеристика ЗУ, изображенная на рис. 6. Из этой характеристики видно, что ЗУ при мощностях более 15 дБм работает в режиме мягкого ограничителя.

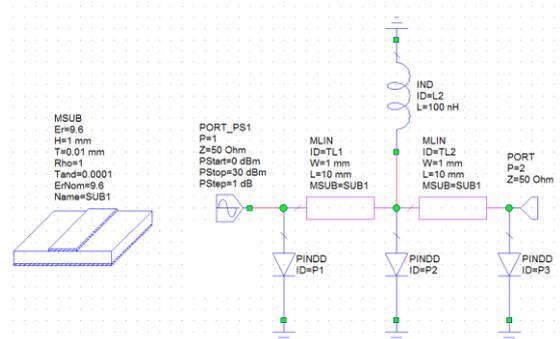


Рис. 5. Модель защитного устройства в MWO для нелинейного анализа

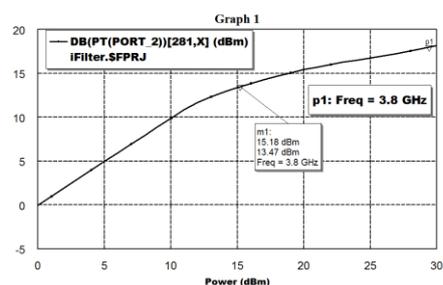


Рис. 6. Амплитудная характеристика защитного устройства, полученная в MWO

Эксперимент. Первый эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа PNA-L, набор кабелей и переходов. Измерения проводились при низком уровне мощности. В качестве результата эксперимента на рис. 7 представлена амплитудно-частотная характеристика ЗУ в диапазоне частот 1-4 ГГц. Из этого рисунка можно видеть, что максимальные потери составляют 1,23 дБ, а неравномерность амплитудно-частотной характеристики составляет около 1 дБ.

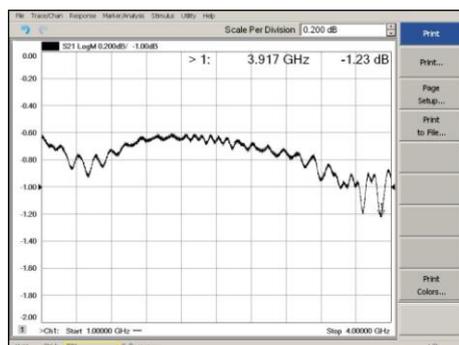


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика ЗУ

Второй эксперимент проводился на установке, содержащей генератор сигналов типа E8257D, анализатор спектра типа PXA N9030A, набор кабелей и переходов. Уровень входного сигнала ЗУ менялся от 0 до 25 дБм с шагом 2 дБ. Результаты измерения уровня выходного сигнала заносились в табл. 1. По данным табл. 1 построены графики на рис. 8. Из этих графиков видно, что в режиме низкого уровня мощности ($P_{вх}=0$ дБм) потери ЗУ и двух кабелей составляют не более 2 дБ.

Таблица 1

Результаты испытаний ЗУ (амплитудные характеристики)

$P_{вх}$, дБм	1 ГГц $P_{вых}$, дБм	2 ГГц $P_{вых}$, дБм	4 ГГц $P_{вых}$, дБм
0	-1,38	-1,88	-3,31
2	0,62	0,05	-1,37
4	2,72	2,40	0,57
6	4,65	4,24	2,42
8	6,38	5,96	4,10
10	7,81	7,41	5,61
12	8,92	8,56	6,90
14	9,78	9,40	7,97
16	10,41	10,04	8,72

18	10,88	10,54	9,21
20	11,30	10,84	9,62
22	11,56	11,06	9,81
24	11,81	11,21	9,97
25	11,81	11,19	10,02

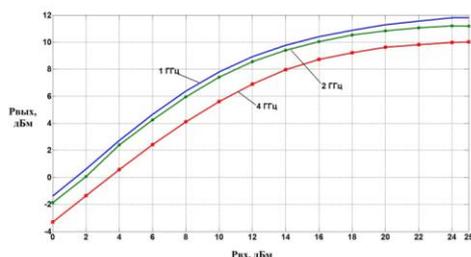


Рис. 8. Амплитудные характеристики ЗУ на трех частотах

Третий эксперимент проводился на той же измерительной установке, что и второй эксперимент. В нем проводилось фотографирование спектра выходного сигнала при частоте 1 ГГц и входной мощности +25 дБм. Из-за нелинейного режима работы ЗУ при большом уровне входного сигнала возникают гармоники полезного сигнала. На рис. 9 можно видеть первую, вторую и третью гармоники полезного сигнала на выходе ЗУ. При этом вторая гармоника слабее первой всего на 3,5 дБ, а третья слабее первой на 6,5 дБ.

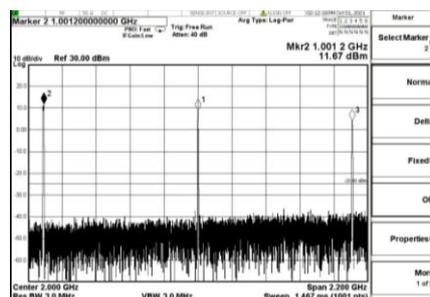


Рис. 9. Спектр сигнала на выходе ЗУ при входной частоте 1 ГГц и мощности +25 дБм

Заключение. Ниже сведены достигнутые параметры защитного устройства.

Основные достигнутые параметры ЗУ:

- ◆ Диапазон рабочих частот, 1-4 ГГц.
- ◆ Потери в диапазоне рабочих частот при низком уровне мощности, 3,31 дБ.
- ◆ Уровень просачивающейся мощности на выход для непрерывного сигнала при $P_{вх}=25$ дБм не более, 11,81 дБм.
- ◆ Волновое сопротивление при низком уровне мощности, 50 Ом.
- ◆ Подавление второй гармоники по отношению к первой гармонике при $f_{вх}=1$ ГГц; $P_{вх}=25$ дБм, 2,5 дБм.
- ◆ Подавление третьей гармоники по отношению к первой гармонике при $f_{вх}=1$ ГГц; $P_{вх}=25$ дБм, 6,5 дБм.

Из этой таблицы видно, что все требования к ЗУ выполняются. ЗУ рекомендуется использовать в приемниках СВЧ диапазона для повышения их помехозащищенности и электромагнитной совместимости. Особенно это актуально на подвижных носителях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ропий А.И., Старик А.М., Шутов К.К.* СВЧ защитные устройства. – М.: Радио и связь, 1993. – 128 с.
2. Электронные устройства СВЧ / под ред. И.В. Лебедева. Кн. 2. – М.: Радиотехника, 2008. – 400 с.
3. *Клич С.М.* Проектирование СВЧ устройств радиолокационных приемников. – М.: Сов. радио, 1973. – 320 с.
4. *Виненко В.Г., Красовский С.В., Усанов Д.А.* СВЧ ограничители мощности на полупроводниковых приборах // Обзоры по электронной технике. Серия «Электроника СВЧ». – М.: ЦНИИ «Электроника», 1988.
5. *Виноградова А.В., Зикий А.Н., Зламан П.Н.* Полупроводниковое защитное устройство. Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия «Общие вопросы радиоэлектроники». – 2008. – № 1. – С. 112-116.
6. *Зикий А.Н., Бондаренко Л.В., Власенко Д.В., Монастырный А.С.* Защитное устройство миллиметрового диапазона // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия «Общие вопросы радиоэлектроники». – 2011. – № 2. – С. 106-109.
7. *Добуш И.М.* Обзор способов построения и схем СВЧ монолитных ограничителей мощности // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 2 (22), Ч. 1. – С. 44-48.
8. *Крутов А.В., Ребров А.С.* Монолитная интегральная схема защитного устройства // Новые функциональные возможности: Матер. конференции «Крымико-2007». – Севастополь: Вебер, 2007. – С. 79-80.
9. *Егорова Е.И., Козловский Э.Ю.* Низкобарьерные диоды Шоттки в технологии изготовления защитных устройств // Матер. конференции «Крымико-2008». – Севастополь, Вебер, 2008. – С. 116-117.
10. *Лебедев И.В.* Развитие переключаемых и защитных СВЧ- устройств // Радиотехника. – 1999. – № 4. – С. 69-73.
11. *Легенкин С.А.* Ограничитель КВЧ-диапазона // Электронная техника. Серия «СВЧ- техника». – 1992. – № 1. – С. 57-58.
12. *Лебедев И.В., Семенча М.В.* Квазиактивный защитный ограничитель СВЧ мощности // Радиотехника. – 2001. – № 2. – С. 17-21.
13. *Осипов А.М.* Защитное устройство на основе диодов Шоттки С- и Х-диапазонов // Матер. конференции «Крымико -2007». – Севастополь: Вебер, 2007. – С. 97-98.
14. *Лазунин Ю.А.* Быстродействующие диодно-транзисторные ограничители мощности для приемных модулей СВЧ в гибридно-интегральном и монолитном исполнениях: автореф. дисс. ... к.т.н. – М.: МЭИ, 1993. – 20 с.
15. *Abdullah Yilmaz.* Design of high Power waveguide Limiter. The degree of Master of Science. – Middle East Technical University, 2014. – 83 p.
16. *Шитников А.С.* Моделирование и разработка твердотельных ЗУ коротковолновой части СВЧ диапазона: дисс. ... д-ра тех. наук (05.27.01). – М.: МИЭТ, 1993. – 248 с.
17. Патент №1.827.041 (СССР). МКИ H01p 1/22. Ограничитель СВЧ мощности / Прохоров Р.А., Лебедев И.В., Скоробогатов Д.В. Открытия, изобретения. – 1993. – № 25.
18. Авторское свидетельство №1. 737.571 (СССР), МКИ H01p 1/15. Ограничитель СВЧ мощности / Лебедев И.В., Угничев Л.В., Скоробогатов Д.В. и др. Открытия, изобретения. – 1992. – № 20.
19. Проектирование радиоприемных устройств: учеб. пособие / под ред. А.П. Сиверса. – М.: Сов. радио, 1976. – 488 с.
20. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств: учеб. пособие / под ред. М.К. Белкина. – Киев: Вища школа, 1988. – 472 с.

REFERENCES

1. *Ropiy A.I., Starik A.M., Shutov K.K.* SVCh zashchitnye ustroystva [Microwave protective devices]. Moscow: Radio i svyaz', 1993, 128 p.
2. *Elektronnyye ustroystva SVCh* [Microwave electronic devices], ed. by I.V. Lebedeva. Book 2. Moscow: Radiotekhnika, 2008, 400 p.
3. *Klich S.M.* Proektirovanie SVCh ustroystv radiolokatsionnykh priemnikov [Design of microwave devices for radar receivers]. Moscow: Sov. radio, 1973, 320 p.
4. *Vinenko V.G., Krasovskiy S.V., Usanov D.A.* SVCh ogranichiteli moshchnosti na poluprovodnikovyykh priborakh [Microwave power limiters on semiconductor devices], *Obzory po elektronnoy tekhnike. Seriya «Elektronika SVCh»* [Reviews on electronic engineering. Series "Microwave Electronics". Moscow: TSNII «Elektronika», 1988.

5. Vinogradova A.V., Zikiy A.N., Zlaman P.N. Poluprovodnikovoe zashchitnoe ustroystvo [Semiconductor protective device], *Voprosy spetsial'noy radioelektroniki. Seriya «Obshchie voprosy radioelektroniki»* [Questions of special radio electronics. Series "General issues of radio electronics"], 2008, No. 1, pp. 112-116.
6. Zikiy A.N., Bondarenko L.V., Vlasenko D.V., Monastyrnyy A.S. Zashchitnoe ustroystvo millimetrovogo diapazona [Millimeter wave protective device], *Voprosy spetsial'noy radioelektroniki. Seriya «Obshchie voprosy radioelektroniki»* [Questions of special radio electronics. Series "General issues of radio electronics"], 2011, No. 2, pp. 106-109.
7. Dobush I.M. Obzor sposobov postroeniya i skhem SVCh monolitnykh ogranichiteley moshchnosti [Review of construction methods and schemes of microwave monolithic power limiters], *Doklady TUSURa* [Reports of TUSUR], 2010, No. 2 (22), Part 1, pp. 44-48.
8. Krutov A.V., Rebrov A.S. Monolitnaya integral'naya skhema zashchitnogo ustroystva [Monolithic integrated circuit of the protective device. New functionality], *Novye funktsional'nye vozmozhnosti: Mater. konferentsii «Krymiko-2007»* [New functionality. Materials of the conference "Krymiko-2007"]. Sevastopol': Veber, 2007, pp. 79-80.
9. Egorova E.I., Kozlovskiy E.Yu. Nizkobar'ernye diody SHottki v tekhnologii izgotovleniya zashchitnykh ustroystv [Low-barrier Schottky diodes in the technology of manufacturing protective devices], *Mater. konferentsii «Krymiko-2008»* [Materials of the conference "Krymiko-2008"]. Sevastopol', Veber, 2008, pp. 116-117.
10. Lebedev I.V. Razvitiye pereklyuchatel'nykh i zashchitnykh SVCh- ustroystv [Development of switching and protective microwave devices], *Radiotekhnika* [Radio engineering], 1999, No. 4, pp. 69-73.
11. Legenkin S.A. Ogranichitel' KVCh-diapazona [EHF range limiter], *Elektronnaya tekhnika. Seriya «SVCh- tekhnika»* [Electronic technology. Series "Microwave technology"], 1992, No. 1, pp. 57-58.
12. Lebedev I.V., Semenchik M.V. Kvaziaktivnyy zashchitnyy ogranichitel' SVCh moshchnosti [Quasi-active protective microwave power limiter], *Radiotekhnika* [Radio engineering], 2001, No. 2, pp. 17-21.
13. Osipov A.M. Zashchitnoe ustroystvo na osnove diodov Shottki S- i Kh- diapazonov [Protective device based on Schottky diodes C- and X-ranges], *Mater. konferentsii «Krymiko -2007»* [Materials of the conference "Krymiko -2007"]. Sevastopol': Veber, 2007, pp. 97-98.
14. Lazunin Yu.A. Bystrodeystvuyushchie diodno-tranzistornyye ogranichiteli moshchnosti dlya priemnykh moduley SVCh v gibridno-integral'nom i monolitnom ispolneniyakh: avtoref. diss. ... k.t.n. [High-speed diode-transistor power limiters for microwave receiving modules in hybrid-integrated and monolithic versions: abstract of the cand. of eng. sc, diss.]. Moscow: MEI, 1993, 20 p.
15. Abdullah Yilmaz. Design of high Power waveguide Limiter. The degree of Master of Science. Middle East Technical University, 2014, 83 p.
16. Shnitnikov A.S. Modelirovaniye i razrabotka tverdotel'nykh ZU korotkovolnovoy chasti SVCh diapazona: disc. ... d-ra tekhn. nauk [Modeling and development of solid-state memory for the short-wave part of the microwave range: dr. of eng. sc. diss.] (05.27.01). Moscow: MIET, 1993, 248 p.
17. Prokhorov R.A., Lebedev I.V., Skorobogatov D.V. Patent №1.827.041 (SSSR). MKI N01r 1/22. Ogranichitel' SVCh moshchnosti [Patent No. 1.827.041 (USSR). MKI H01r 1/22. Microwave power limiter]. Discoveries, inventions. 1993, No. 25.
18. Lebedev I.V., Ugnichev L.V., Skorobogatov D.V. i dr. Avtorskoe svidetel'stvo №1. 737.571 (SSSR), MKI N01p 1/15. Ogranichitel' SVCh moshchnosti [Copyright certificate No. 1. 737.571 (USSR), MKI H01p 1/15. Microwave power limiter]. Discoveries, inventions, 1992. No. 20.
19. Proektirovaniye radiopriemnykh ustroystv: ucheb. posobie [Design of radio receivers: tutorial], ed. by A.P. Sivarsa. Moscow: Sov. radio, 1976, 488 p.
20. Spravochnik po uchebnomu proektirovaniyu priemno-usilitel'nykh ustroystv: ucheb. posobie [Reference book on educational design of receiving-amplifying devices: tutorial], ed. by M.K. Belkina. Kiev: Vishcha shkola, 1988, 472 p.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. М.И. Дулин.

Андрянов Артур Валерьевич – АО «ТНИИС»; e-mail: artur_andrianov_1990@mail.ru; г. Таганрог, Россия.

Губарев Дмитрий Егорович – Южный федеральный университет; e-mail: dgubarev@sfnu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: 89614132918; кафедра АиРПУ; аспирант.

Зикий Анатолий Николаевич – e-mail: zikiy50@mail.ru; тел.: 89185822295; кафедра информационно-безопасности телекоммуникационных систем; к.т.н.; доцент.

Зламан Павел Николаевич – НКБ «МИУС», Южный федеральный университет; e-mail: otde124d@mail.ru; г. Таганрог, Россия; ведущий инженер-конструктор.

Andrianov Artur Valer'evich – JSC "TNIIS"; e-mail: artur_andrianov_1990@mail.ru; Taganrog, Russia.

Gubarev Dmitriy Egorovich – Southern Federal University; e-mail: dgubarev@sfnedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +79614132918; the department of A&RPU; postgraduate student.

Zikiy Anatoliy Nikolaevich – e-mail: zikiy50@mail.ru; phone: +79185822295; the department of information security of telecommunication systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

Zlaman Pavel Nikolaevich – НКБ "МИУС", Southern Federal University; e-mail: otde124d@mail.ru; Taganrog, Russia; leading design engineer.

УДК 004.047

DOI 10.18522/2311-3103-2022-3-270-280

С.А. Паньчев, А.И. Паньчев, А.В. Максимов**РЕАЛИЗАЦИЯ В БАЗИСЕ ПЛИС РЕЛЯТОРНЫХ КОНТРОЛИРУЮЩИХ
ОПРОСНЫХ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ**

Сформулированы требования к современным средствам технического контроля и функциональной диагностики оборудования для ответственных применений, одним из которых является обработка диагностической информации в темпе реального времени. Отмечено, что для работы с цифровыми диагностическими сигналами перспективными являются реляторные контролируемые опросные устройства, основанные на аппарате порядковой логики, дающей существенный временной выигрыш перед традиционной двоичной логикой. Аппаратная реализация порядково-логической опросной устройств в базисе ПЛИС наряду с очевидными преимуществами этапа разработки позволит осуществлять оперативную реконфигурацию внутренней структуры для адаптации к изменяющимся условиям функционирования объекта контроля. Рассмотрена аппаратная реализация двух известных устройств. Устройство переменного приоритета использовано для выявления зафиксировавшего отказ или сбоя датчика с возможностью установки номера датчика, с которого начнется опрос, и направления обхода датчиков. Устройство централизованного контроля группы объектов применено для поиска экстремального (максимального или минимального) цифрового диагностического сигнала с одновременным определением номера соответствующего датчика за один такт работы системы контроля и диагностики. Разработка комбинационных схем данных контролируемых опросных устройств выполнена средствами ISE Design Suite 14.7. Представлены положительные результаты тестирования алгоритмов работы созданных моделей, сведенные в таблицы состояний входов и выходов схем и иллюстрируемые временными диаграммами двоичных сигналов на выводах схем. Дана оценка требуемых затрат ресурсов ПЛИС, выраженная в количестве логических элементов и пользовательских контактов. Также на примере приборов низкой интеграции и наиболее ресурсоемких образцов даны верхняя и нижняя оценки количество ПЛИС различных типов семейства Xilinx Spartan-6, Xilinx Virtex-4 и отечественной серии 5576/5578 АО «КТЦ «Электроника». Установлено, что при количестве диагностических датчиков до 200 в зависимости от семейства ПЛИС для реализации одного контролирующего опросного устройства требуется до 17 микросхем низкой интеграции и до 7 ресурсоемких микросхем.

Техническая функциональная диагностика; порядковая логика; переменный приоритет; ПЛИС.

S.A. Panychev, A.I. Panychev, A.V. Maksimov**IMPLEMENTATION OF RELATIONAL DEVICES OF DIGITAL SIGNALS
MONITORING AND POLLING IN THE FPGA BASIS**

The requirements for modern means of technical control and functional diagnostics of equipment for critical applications are formulated, one of which is the processing of diagnostic information at a real-time pace. It is noted that for working with digital diagnostic signals, rela-