

В. А. Маклашов, М. Н. Пиганов

МЕТОДИКА УНИФИКАЦИИ СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

V. A. Maklashov, M. N. Piganov

METHOD OF UNIFICATION OF ELECTRONIC WARFARE MEANS

Аннотация. Проведен анализ средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Рассмотрена архитектура средств РЭБ. Аппаратуру РЭБ предложено разделить на семь функционально законченных частей: приемную, передающую, распределительную, преобразующую, обрабатывающую, формирующую, управляющую. Выполнен анализ статических и динамических связей между составными частями. Рассмотрена аппаратная реализация разных вариантов связей. Приведено пять структурных схем средств РЭБ. Оценено влияние электронной компонентной базы. Предложена унифицированная архитектура средств РЭБ. Показано, что такая архитектура позволяет создавать средства РЭБ различного типа и назначения для любых объектов размещения. Рассмотрены возможности дальнейшей унификации до уровня блока, модуля и узла. Ее следует вести с учетом конкретных требований к аппаратуре. Установлено, что в первую очередь целесообразно подвергнуть унификации те части, которые мало (слабо) зависят от объекта размещения. Предполагается, что использование унифицированной архитектуры и унифицированных модулей позволит разработчикам средств РЭБ уменьшить время проектирования и сконцентрировать свои усилия на разработке наиболее зависимых от объекта размещения частях.

Ключевые слова: архитектура, аппаратура, методика, РЭБ, унификация, модуль, структурная схема, компоненты, функциональная часть.

Abstract. The analysis of electronic warfare (EW) means is made. The architecture of electronic warfare means is considered. EW equipment is proposed to be divided into seven functionally complete parts: receiving, transmitting, distributing, transforming, processing, generating, controlling. The analysis of static and dynamic relations between the components is performed. Hardware implementation of different variants of connections is considered. Five block diagrams of EW means are provided. The influence of the electronic component base is evaluated. The unified architecture of electronic warfare means is proposed. It is shown that this architecture allows the creation of EW means of various types and purposes for any objects of placement. The possibilities of further unification to the level of the block, module and node are considered. It should be carried out taking into account the specific requirements for the equipment. It is proposed that the use of a unified architecture and unified modules will allow developers of electronic warfare means to reduce the design time and concentrate their efforts on the development of the most dependent parts of the object placement.

Keywords: architecture, equipment, technique, EW, unification, module, block diagram, components, functional part.

Введение

Анализ результатов локальных войн и вооруженных конфликтов, в которых участвовали ВС США и ОВС НАТО в последнее десятилетие XX и начале XXI в., в том числе конфликтов в зоне Персидского залива, на Балканах, в Афганистане и Ираке, а также характер направленности оперативной и боевой подготовки коалиционных войск свидетельствуют о том, что радиоэлектронная борьба (РЭБ, или согласно западной терминологии радиоэлектронная война) трансформируется в один из основных элементов современных войн и наиболее значимую силу информационных операций (ИО). РЭБ как основа противоборства с системами боевого управления противника становится неотъемлемой частью вооруженного противостояния любого масштаба [1].

Радиоэлектронная борьба (РЭБ) – разновидность вооруженной борьбы, в ходе которой осуществляется воздействие радиоизлучениями (радиопомехами) на радиоэлектронные средства систем управления, наведения, навигации, связи и разведки противника в целях изменения качества цирку-

лирующей в них военной информации; защита своих систем от аналогичных воздействий, а также изменение условий (свойств среды) распространения радиоволн [2–7].

Помехи воздействуют, главным образом, на приемную часть радиосредств. Для создания радиопомех используются активные и пассивные средства. К активным относятся средства, которые для формирования излучений используют принцип генерирования (например, передатчики, станции помех). Пассивные средства используют принцип отражения (переизлучения) (например, дипольные и уголкового отражатели и др.).

В настоящее время РЭБ представляет собой комплекс согласованных мероприятий и действий войск, которые проводятся в целях снижения эффективности управления войсками и применения оружия противника; обеспечения заданной эффективности управления войсками; применения своих средств поражения.

В ходе РЭБ поражение обеспечивается преднамеренным воздействием различными видами излучений на электронные средства, каналы получения и передачи информации, специальным программно-техническим воздействием на электронно-вычислительные средства противника; свои системы управления, связи и разведки защищаются от аналогичных воздействий противника, а также от непреднамеренных воздействий излучениями, возникающих вследствие совместного применения электронных средств; защита охраняемых сведений осуществляется их скрыванием или (и) введением противника в заблуждение относительно их действительного содержания. Объектами РЭБ являются носители информации (поля и волны различной природы, потоки заряженных частиц), среда их распространения и электронные средства и системы. Таким образом, РЭБ является составной частью, технической основой информационной борьбы. Составными частями РЭБ являются радиоэлектронное подавление, защита, разведка и поражение.

Радиоэлектронное подавление – комплекс мероприятий и действий по срыву (нарушению) работы или снижению эффективности боевого применения противником радиоэлектронных систем и средств путем воздействия на их приемные устройства радиоэлектронными помехами. Включает радио-, радиотехническое, оптико-электронное и гидроакустическое подавление. Радиоэлектронное подавление обеспечивается созданием активных и пассивных помех, применением ложных целей, ловушек и другими способами.

Радиоэлектронная защита – составная часть радиоэлектронной борьбы, направленная на обеспечение устойчивой работы радиоэлектронных средств (РЭС) в условиях воздействия преднамеренных радиопомех противника, электромагнитных излучений оружия функционального поражения, электромагнитных и ионизирующих излучений, возникающих при применении ядерного оружия, а также в условиях воздействия непреднамеренных радиопомех. Основу РЭЗ составляют: обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС, комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение помехоустойчивости РЭС в условиях воздействия на них непреднамеренных помех.

Радиоэлектронная разведка – сбор разведывательной информации на основе приема и анализа электромагнитного излучения. Радиоэлектронная разведка использует как перехваченные сигналы из каналов связи между людьми и техническими средствами, так и сигналы работающих РЛС, станций связи, станций радиопомех и иных радиоэлектронных средств.

Электромагнитное воздействие (импульс) выводит из строя электронное, коммуникационное и силовое оборудование противника. Поражающий эффект достигается за счет наведения индукционных токов.

Существенным фактором, определяющим боевую эффективность техники РЭБ, другого вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), имеющей в своем составе радиоэлектронную аппаратуру, является надежность эксплуатационных свойств образцов и их составных частей (приемо-передающей аппаратуры, антенно-фидерных устройств и т. п.) в различных условиях [8].

В работе [9] предложена информационная технология многофакторного обеспечения надежности сложных электронных систем, а в [10] рассмотрены физические основы моделирования катастрофических отказов в этих системах.

Надежность средств РЭБ зависит от их архитектуры и конструктивно-технологических вариантов реализации.

В настоящее время весьма востребованы малогабаритные комплексы РЭБ, выполненные по модульной технологии VPX [11].

Цель работы – разработка методики, позволяющей унифицировать архитектуру средств РЭБ с учетом их проектирования и производства по модульной VPX технологии.

Варианты построения архитектуры средств РЭБ. Проведенный нами анализ средств РЭБ позволяет сделать вывод о схожести выполняемых ими функций, которые вытекают из общего принципа работы этих средств, заключающегося в приеме сигналов от излучающих радиоэлектронных средств (РЭС), измерении параметров принятых сигналов и формировании помеховых сигналов РЭС на основе анализа их параметров.

Так, излученный сигнал РЭС принимается приемной частью, преобразуется в удобную форму для обработки и далее поступает в обрабатывающую часть, где подвергается измерению. Измеренные параметры сигнала поступают в управляющую часть для анализа и принятия решения о необходимых мерах противодействия. В случае положительного решения выдается команда на формирование ответного помехового сигнала, который после преобразования излучается передающей частью в направлении РЭС.

В общем случае средства РЭБ могут строиться по разным структурным схемам, но в архитектурном плане они мало отличаются, так как все отличия сводятся в основном к комбинации ограниченного набора составных частей и связей между ними.

Таким образом, любую аппаратуру РЭБ можно условно разделить на следующие функционально законченные части:

- 1) приемную;
- 2) передающую;
- 3) распределительную;
- 4) преобразующую;
- 5) обрабатывающую;
- 6) формирующую;
- 7) управляющую.

В общем случае унифицированная архитектура средств РЭБ должна позволять произвольно менять состав и связи между составными частями. Связи между составными частями могут быть как статическими, так и динамическими, т.е. меняться в процессе работы средств РЭБ. Статические связи реализуются с использованием фиксированных каналов связи, выполненных с использованием кабелей и делителей (сумматоров) сигналов. При организации динамических связей используют коммутирующую часть. Один из общих вариантов построения обеспечивает связь всех составных частей через единую коммутирующую часть (рис. 1). Такой вариант позволяет произвольно соединять любую составную часть с любой другой составной частью. Вторым общим вариантом – это когда каждая составная часть соединяется со всеми другими составными частями канала связи (рис. 2). Аппаратная реализация таких вариантов при использовании аналоговых каналов связи сопровождается большими трудностями, так как очень трудно реализовать технические требования к коммутируемым каналам связи, в первом варианте – из-за потерь мощности передаваемых сигналов и наличия перекрестных связей, а во втором варианте – из-за большого их количества. При использовании цифровых каналов связи задача несколько упрощается, но, учитывая полосы рабочих частот РЭС, цифровая реализация связей потребует сверхбыстродействующей электронной элементной базы, что на сегодняшний день пока трудноосуществимо. Компромиссным решением является разделение сигнальных и управляющих каналов, т.е. разделение единой коммутирующей части на сигнальную, аналоговую и управляющую цифровую коммутирующую части (рис. 3). Аналоговая коммутирующая часть, как правило, строится с использованием ключей и делителей (сумматоров) мощности. Практические трудности сопряжения динамических диапазонов приемных и передающих каналов приводят к необходимости разделения аналоговой коммутирующей части на приемную и передающую, при этом преобразующую часть также придется разделить на приемную и передающую. Практически унифицированная архитектура средств РЭБ сводится к структурной схеме на рис. 4.

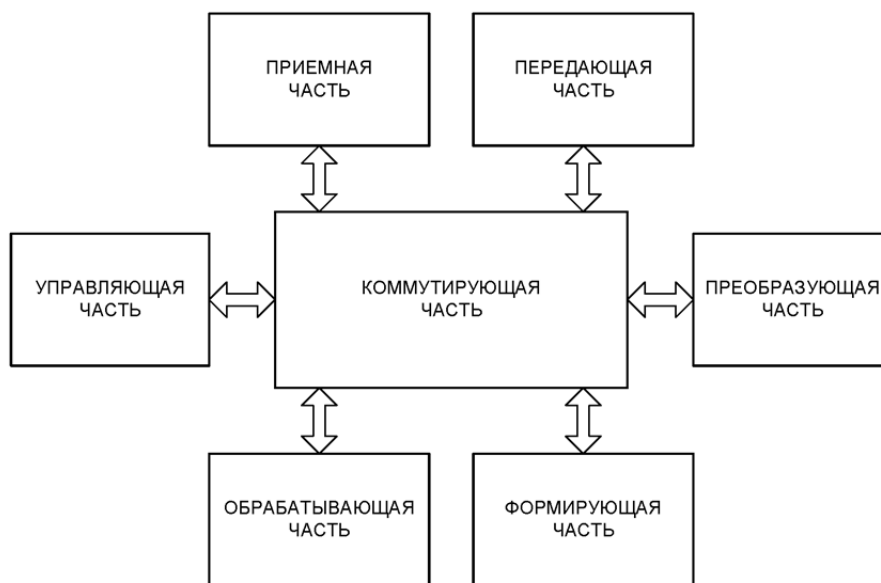


Рис. 1. Общая структурная схема средств РЭБ

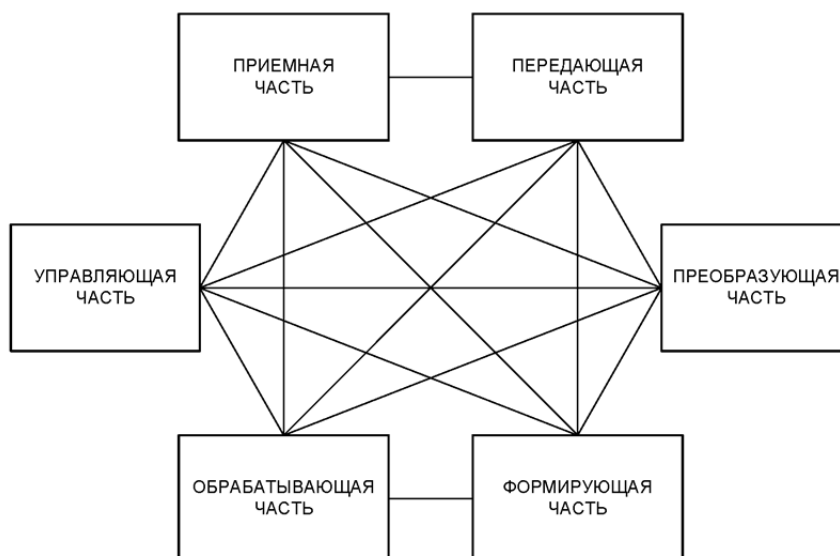


Рис. 2. Общая структурная схема средств РЭБ типа «каждый с каждым»

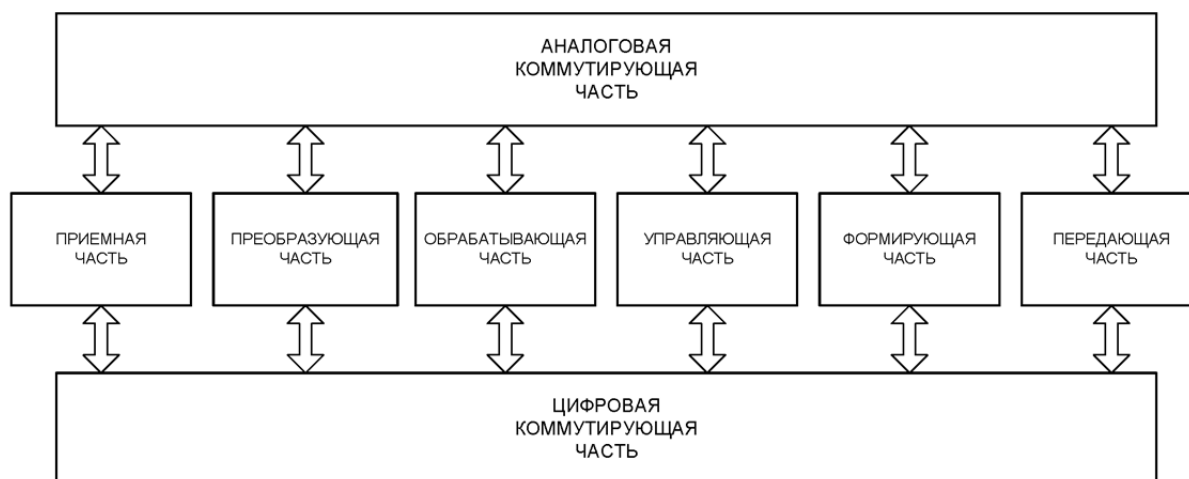


Рис. 3. Структурная схема средств РЭБ с аналоговой и цифровой коммутационной частью

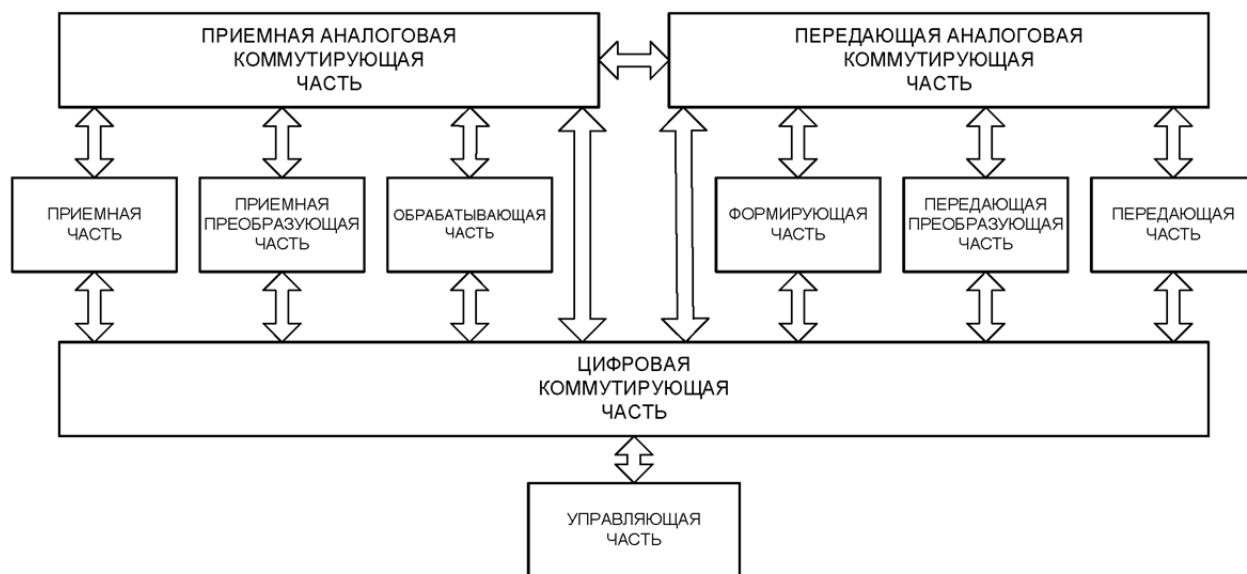


Рис. 4. Структурная схема унифицированной архитектуры средств РЭБ

Унифицированная архитектура позволяет создавать средства РЭБ различного типа и назначения для любых объектов размещения, будь то корабль, танк или самолет. Таким образом, предлагается унифицировать структурную схему построения средств РЭБ. Дальнейшую унификацию до уровня блока, модуля и узла следует вести уже с учетом конкретных требований к аппаратуре РЭБ, которые зависят от объекта размещения и условий ее применения. В первую очередь целесообразно подвергнуть унификации те части, которые мало зависят от объекта размещения, это – управляющая, обрабатывающая, формирующая, преобразующая и цифровая коммутационная части.

Унифицированные части должны удовлетворять современным требованиям, в первую очередь принципу модульности. Принцип модульности заключается в построении РЭО на основе отдельных модулей. Модули должны быть унифицированными (взаимозаменяемыми), наращиваемыми, легко устанавливаемыми и ремонтпригодными. Это позволит повысить удобство эксплуатации и ремонта, обеспечить открытость архитектуры, а значит – возможность изменения состава оборудования в многоцелевых комплексах различного назначения и относительно простого оснащения новой аппаратурой по мере ее развития.

Учитывая, что между предлагаемыми унифицированными модулями имеется значительное количество связей, целесообразно их расположить рядом для уменьшения длины каналов связи. Конструктивно это лучше реализовать в виде блока с посадочными местами для модулей, объединенных общей высокоскоростной системной шиной стандарта VITA46 (VPX). Количество посадочных мест может быть различно и зависит от технических требований к аппаратуре РЭБ, это в первую очередь масса, габариты, способ охлаждения, пропускная способность и др. Унификация блока нецелесообразна, так как это приведет либо к излишней избыточности, либо к недостатку посадочных мест. Лучшим решением будет создание ограниченного набора блоков, отличающихся количеством посадочных мест и способом охлаждения.

При данном выборе системной шины (VPX) отпадает необходимость разрабатывать управляющие модули, так как они представляют собой встраиваемые одноплатные компьютеры, которые широко представлены на российском рынке.

Что касается каналов связи, то они, как было сказано выше, бывают двух видов: сигнальные аналоговые и управляющие цифровые. Как сигнальные каналы, так и управляющие каналы связи можно реализовывать с использованием печатных проводников, коаксиальных кабелей, оптических линий и витых пар. Выбор определяется техническими, конструктивными и технологическими требованиями к каналу связи. В качестве интерфейса обмена управляющей информацией целесообразно применить широко используемый сетевой интерфейс на основе стандарта Ethernet. Выбор сетевого интерфейса Ethernet освободит разработчиков аппаратуры РЭБ от создания интерфейсного коммутационного модуля, так как он, как и встраиваемые компьютерные модули, серийно выпускается российскими предприятиями.

В итоге, приходим к модульной унифицированной структуре средств РЭБ, приведенной на рис. 5.

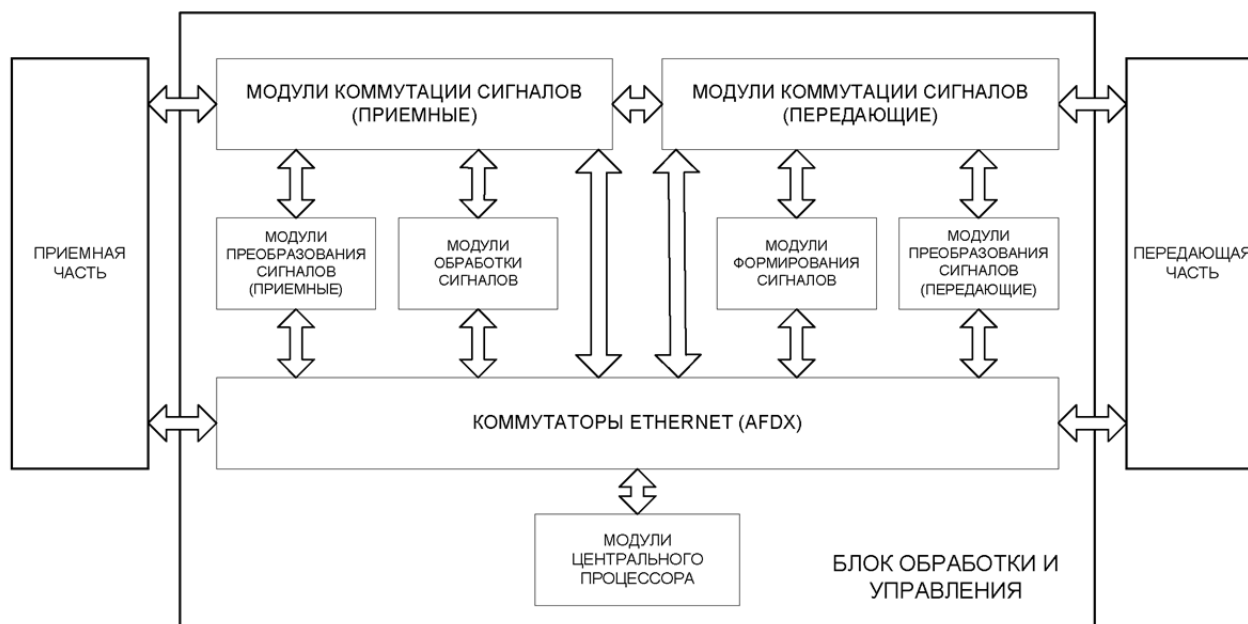


Рис. 5. Структурная схема средств РЭБ с унифицированными модулями

Заключение

Предложена методика унификации средств радиоэлектронной борьбы. Она базируется на выделении основных функционально законченных частей аппаратуры РЭБ, анализе связей и принципа работы, а также конструктивно-технологических вариантов их реализации. Данная методика позволила создать унифицированную архитектуру средств РЭБ, позволяющую использовать наиболее передовую технологию VPRX.

Использование унифицированной архитектуры и унифицированных модулей позволит разработчикам средств РЭБ уменьшить время проектирования и сконцентрировать свои усилия на разработке наиболее зависимых от объекта размещения частях – приемной и передающей, а также на разработке функционального программного обеспечения, от которого в большой степени зависит эффективность средств РЭБ.

Библиографический список

1. Иванов, И. Содержание и роль радиоэлектронной борьбы в операциях XXI века / И. Иванов, И. Чадов // Зарубежное военное обозрение. – 2011. – № 1. – С. 14–20.
2. Шерстнев, Д. В. Малогабаритный модульный комплекс РТР и РЭП индивидуальной защиты летательных аппаратов / Д. В. Шерстнев, В. А. Маклашов, Ю. В. Мазуров, В. К. Тезейкин // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах Российской Федерации. – 2017. – № 1. – С. 172–173.
3. Добыкин, В. Д. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В. Д. Добыкин, А. И. Куприянов, В. Г. Пономарев, Л. Н. Шустов. – Москва : Вузовская книга, 2007. – 468 с.
4. Цветнов, В. В. Радиоэлектронная борьба. Радиоразведка и радиопротиводействие / В. В. Цветнов, В. П. Демин, А. И. Куприянов. – Москва : МАИ, 1998. – Т. 2. – 248 с.
5. Куприянов, А. И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. – Москва : Вузовская книга, 2007. – С. 59–64.
6. Гуткин, Л. С. Проектирование радиосистем и радиоустройств : учеб. пособие для вузов / Л. С. Гуткин. – Москва : Радио и связь, 1986. – С. 36–37.
7. Денисов, В. П. Фазовые радиопеленгаторы / В. П. Денисов, Д. В. Дубинин. – Томск : Изд-во ТУСУР, 2002. – 251 с.
8. Гулидов, А. А. Новые направления развития экспериментально-испытательной базы НИИИ (РЭБ) / А. А. Гулидов, В. В. Мысив, Э. А. Соломин, А. В. Букреев // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации. – 2018. – № 1. – С. 52–55.

9. Юрков, Н. К. Информационная технология многофакторного обеспечения надежности сложных электронных систем / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 74–79.
10. Юрков, Н. К. Физические основы получения катастрофического отказа в электрорадиокомпонентах и системах / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев, Е. А. Кузина // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – Т. 1. – С. 102–107.
11. Маклашов, В. А. Модульная технология VPX в технике РЭБ / В. А. Маклашов // Радиотехника. – 2016. – № 1. – С. 28–31.

References

1. Ivanov I., Chadov I. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. 2011, no. 1, pp. 14–20. [In Russian]
2. Sherstnev D. V., Maklashov V. A., Mazurov Yu. V., Tezeykin V. K. *Radioelektronnaya bor'ba v Vooruzhennykh silakh Rossiyskoy Federatsii* [Electronic warfare in the Armed forces of the Russian Federation]. 2017, no. 1, pp. 172–173. [In Russian]
3. Dobykin V. D., Kupriyanov A. I., Ponomarev V. G., Shustov L. N. *Radioelektronnaya bor'ba. Silovoe porazhenie radioelektronnykh sistem* [Electronic warfare. Power defeat of radio-electronic systems]. Moscow: Vuzovskaya kniga, 2007, 468 p. [In Russian]
4. Tsvetnov V. V., Demin V. P., Kupriyanov A. I. *Radioelektronnaya bor'ba. Radiorazvedka i radioprotivodeystvie* [Electronic warfare. Radio intelligence and radio operations]. Moscow: MAI, 1998, vol. 2, 248 p. [In Russian]
5. Kupriyanov A. I., Sakharov A. V. *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoy bor'by* [Theoretical foundations of electronic warfare]. Moscow: Vuzovskaya kniga, 2007, pp. 59–64. [In Russian]
6. Gutkin L. S. *Proektirovanie radiosistem i radioustroystv: ucheb. posobie dlya vuzov* [Design of radio systems and radio devices: studies. manual for universities]. Moscow: Radio i svyaz', 1986, pp. 36–37. [In Russian]
7. Denisov V. P., Dubinin D. V. *Fazovye radiopelengatory* [Phase direction finders]. Tomsk: Izd-vo TUSUR, 2002, 251 p. [In Russian]
8. Gulidov A. A., Mysiv V. V., Solomin E. A., Bukreev A. V. *Radioelektronnaya bor'ba v Vooruzhennykh Silakh Rossiyskoy Federatsii* [Electronic warfare in the Armed Forces of the Russian Federation]. 2018, no. 1, pp. 52–55. [In Russian]
9. Yurkov N. K., Zatylykin A. V., Poleskiy S. N., Ivanov I. A., Lysenko A. V. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems]. 2013, no. 4, pp. 74–79. [In Russian]
10. Yurkov N. K., Goryachev N. V., Kuzina E. A. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems]. 2018, vol. 1, pp. 102–107. [In Russian]
11. Maklashov V. A. *Radiotekhnika* [Radiotechnics]. 2016, no. 1, pp. 28–31. [In Russian]

Маклашов Владимир Анатольевич

аспирант,
Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С. П. Королева
(443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34)
E-mail: kipres@ssau.ru

Пиганов Михаил Николаевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра конструирования и технологии
электронных систем и устройств,
Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С. П. Королева
(443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34)
E-mail: kipres@ssau.ru

Maklashov Vladimir Anatol'evich

postgraduate student,
Samara National Research University
named after academician S. P. Korolev
(443086, 34 Moskovskoye highway, Samara, Russia)

Piganov Mikhail Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of design and technology
electronic systems and devices,
Samara National Research University
named after academician S. P. Korolev
(443086, 34 Moskovskoye highway, Samara, Russia)

Образец цитирования:

Маклашов, В. А. Методика унификации средств радиоэлектронной борьбы / В. А. Маклашов, М. Н. Пиганов // Надежность и качество сложных систем. – 2019. – № 3 (27). – С. 26–32. – DOI 10.21685/2307-4205-2019-3-3.