

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.396.6:537.8

На правах рукописи

КИНДРУК
Николай Николаевич

**ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИХ ПАРАМЕТРАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра

по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ПИСКУН Геннадий Адамович**,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **БОНДАРИК Василий Михайлович**,
кандидат технических наук, доцент, декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «27» апреля 2021 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития технологий осуществляется реализация мероприятий, направленных на обеспечение возможности обмена информацией из различных точек пространства, находящихся на разных расстояниях друг от друга. Следует отметить, что обмен данными подобного рода возможен только в диапазоне электромагнитных волн, излучение которых осуществляется в свободное пространство. В большей степени это относится к обмену информацией с подвижными объектами. Несмотря на постоянные инновации и совершенствование организации связи, обмен данными по-прежнему сопряжен с такой проблемой, как ограничение длин волн, что, в свою очередь, может приводить к ограничению числа абонентов, использующих данный диапазон. Превышение числа абонентов возможностей используемого диапазона приводило к взаимным непреднамеренным помехам (далее – НП). Таким образом, возникла проблема обеспечения электромагнитной совместимости (далее – ЭМС).

Электромагнитная совместимость представляет собой способность каналов передачи информации (далее – КПИ) выполнять поставленные перед ними задачи при возникновении НП, не создавая помех непреднамеренного характера для других КПИ; способность функционировать на удовлетворительном уровне и не мешать работе других каналов в данной электромагнитной обстановке.

В целом, электромагнитная совместимость представляет собой системное понятие, ввиду чего для ее решения и обеспечения необходим ряд мероприятий, которые способны учесть всю выделенную совокупность КПИ как единое целое. Осуществление данных мероприятий должно сопровождаться применением управляющей системой более высокого уровня организации, чем отдельные КПИ.

Таким образом, можно отметить, что рост числа КПИ сопряжен с риском возникновения помех в условиях взаимного влияния радиоэлектронных средств (далее – РЭС), ввиду чего возникает необходимость решения проблемы обеспечения ЭМС.

На сегодняшний день существует большое число работ в области обеспечения ЭМС РЭС. Наиболее значимые результаты были получены российскими и белорусскими учеными, которые проводили исследования особенностей обеспечения ЭМС радиоэлектронных средств (Н. К. Юрков, П. Г. Андреев, Т. Р. Газизов, А. П. Пудовкин, Ю. Е. Седельников); методы защиты РЭС от электромагнитных помех (Л. Н. Кечиев, Е. Д. Пожидаев).

Актуальность исследуемой темы магистерской диссертации обусловлена не только распространением РЭС в различных сферах инфраструктуры современного общества, но также тем, что непосредственными потребителями информации на данном этапе развития технологии являются персональные компьютеры с их возможностями переработки и хранения информации, что привело к необходимости обеспечения передачи значительных объемов информации, увеличивающихся ежегодно.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Актуальность исследований обусловлена увеличением объемов обрабатываемой информации и количества РЭС, часто работающей в ограниченном пространстве, что приводит к увеличению плотности радиоэлектронной аппаратуры. Так, в совокупности с ростом ее производительности может привести к нарушению работы из-за взаимных электромагнитных помех.

Это обуславливает необходимость обеспечения электромагнитной совместимости, способности удовлетворительно работать и не мешать работе других в заданной электромагнитной обстановке.

В связи с вышесказанным, актуальной является разработка методики обеспечения оценки и обеспечения ЭМС посредством управления частотным ресурсом.

Степень разработанности проблемы

Исследование обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств путем управления их параметрами осуществляется в работах российских и белорусских ученых: Н. К. Юрков, П. Г. Андреев, Т. Р. Газизов, А. П. Пудовкин, Ю. Е. Седельников, В. В. Винников, Я. Мироненко, В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, Л. Н. Кечиев, Е. Д. Пожидаев, Г. А. Грошев, а также зарубежных авторов: Дж. Барнс, Р. Нассер, Л. Д. Гольдштейн, Т. Уилльямс и др.

Одним из недостатков исследований, представленных в современной технической литературе, является неполное рассмотрение особенностей обеспечения ЭМС РЭС под воздействием непреднамеренных и преднамеренных помех. Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка методики обеспечения электромагнитной совместимости РЭС путем управления их частотным ресурсом при воздействии непреднамеренных и преднамеренных помех.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Провести обзор и анализ основных факторов, которые оказывают влияние на работоспособность радиоэлектронных средств, критериев оценки их качества работы со взаимными влияниями, проблем и современных мероприятий по обеспечению ЭМС РЭС.

2. Анализ моделей оценки и обеспечения ЭМС РЭС с дальнейшей разработкой модели для обеспечения их ЭМС.

3. Проведение имитационного моделирования обеспечения ЭМС при возникновении преднамеренных помех (ПП) и НП, проведение анализа результатов имитационного моделирования и составление частотного плана.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 80 03-2019 специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии» (профилизация «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»).

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы российских, белорусских и зарубежных ученых в области обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств путем управления их параметрами, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке методики управления частотным ресурсом РЭС посредством составления частотного плана его работы с применением в качестве математического аппарата полумарковского случайного процесса, позволяющей осуществлять планирование и управление частотным ресурсом в целях уменьшения уровня помех для РЭС.

Теоретическая значимость работы заключается в анализе проблемы обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств с учетом особенностей эксплуатации технических средств.

Практическая значимость диссертации состоит в разработанной методике управления частотным ресурсом РЭС посредством составления частотного плана их работы, которая позволяет уменьшить уровень помех для радиоэлектронных средств, влияющий на их работу.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Систематизация проблем электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, основанных на анализе факторов, оказывающих деструктивное влияние на работоспособность технических средств, а также критериях оценки качества работы группы радиоэлектронных средств в электромагнитной обстановке, позволившая более детально описать специфику появления электромагнитных помех с учетом особенностей эксплуатации технических средств.

2. Методика управления частотным ресурсом РЭС посредством составления частотного плана их работы, построенная на базе математического аппарата полумарковского случайного процесса, позволяющая осуществлять планирование и управление частотным ресурсом в целях уменьшения уровня помех для технических средств.

3. Экспериментально полученные оптимальные частотные планы РЭС при воздействии непреднамеренных и преднамеренных помех основного или

побочного характера, позволяющие обеспечить их бесперебойную работу и выполнение поставленных задач.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 56-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2020 год), Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» (г. Переяслав, Украина, 2020 год), XXV Юбилейной всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» (г. Рязань, Российская Федерация, 2020 год), I Международной интернет-конференции «Достижения и перспективы науки, образования и производства: 2020» (г. Киев, Украина, 2020 год), XII Международной научно-практической интернет-конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты» (г. Киев, Украина, 2021 год), I Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные вопросы физико-математических и технических наук: теоретические и прикладные исследования» (г. Киев, Украина, 2021 год), XIV Международной научно-практической интернет-конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты» (г. Киев, Украина, 2021 год).

Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплин «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 8 печатных работах. В их числе 1 статья в сборнике материалов научной конференции и 7 тезисов докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 50 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор основных факторов, которые оказывают влияние на ЭМС радиоэлектронных средств, критериев оценки качества работы группы технических средств со взаимными влияниями и ЭМС, а также проблем и современных мероприятий обеспечения их электромагнитной совместимости.

Во второй главе приведен анализ моделей оценки и обеспечения ЭМС РЭС, представлена разработанная методика управления частотным ресурсом радиоэлектронных средств посредством составления частотного плана их работы с применением в качестве математического аппарата полумарковского случайного процесса, а также проведена оценки потенциальной эффективности предложенной модели обеспечения ЭМС РЭС.

В третьей главе представлен эксперимент по подтверждению адекватности разработанной методики посредством проведение имитационного моделирования обеспечения электромагнитной совместимости при возникновении ПП (преднамеренных помех) и НП, проведение анализа результатов имитационного моделирования и составление частотного плана.

В приложении представлены акт внедрения, копии публикаций автора, графическая часть и справка из системы «Антиплагиат».

Общий объем диссертационной работы составляет 148 страниц. Из них 60 страниц основного текста, 27 иллюстраций на 9 страницах, 23 таблицы на 8 страницах, библиографический список из 56 наименований на 6 страницах, список собственных публикаций соискателя из 8 наименований на 2 страницах, 4 приложения на 64 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено современное состояние проблемы обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, представлены положения, выносимые на защиту, апробация результатов исследования, а также структура и объём работы.

В первой главе приведен обзор основных факторов, которые оказывают влияние на ЭМС радиоэлектронных средств, критериев оценки качества работы технических средств со взаимными влияниями и ЭМС, а также проблем и современных мероприятий обеспечения их электромагнитной совместимости.

Из анализа следует, что электромагнитные помехи (ЭМП) представляют собой нежелательное воздействие электромагнитной энергии, которое ухудшает или может ухудшать качество функционирования технических средств. Источники помех можно разделить на два вида: нефункциональные и функциональные. Главной особенностью нефункциональных источников является то, что электромагнитные волны, создающие помехи, не участвуют в процессах передачи, приема и обработки информации, то есть не содержат полезного

сигнала и не являются производной от него. Функциональные помехи осуществляют распространение электромагнитных волн через передающие антенны в окружающую среду в целях передачи информации.

В качестве проблем обеспечения ЭМС РЭС могут быть выделены следующие: необходимость развития и уточнения существующих методов анализа внутрисистемной и межсистемной электромагнитной совместимости и развития новых методов, связанных с анализом нелинейных помех; применение в качестве мероприятия обеспечения ЭМС метод пространственного разнесения; наличие противоречий между требованиями по обеспечению электромагнитной совместимости с другими требованиями к комплексу – по использованию частот в РЭС, массогабаритными и стоимостными характеристиками; нерешенный вопрос обеспечения информационной безопасности в рамках использования технических средств; наличие у существующей технологии обеспечения ЭМС радиоэлектронных средств значительного числа недостатков.

Во второй главе приведен анализ моделей оценки и обеспечения ЭМС РЭС, представлена разработанная методика управления их частотным ресурсом посредством составления частотного плана работы РЭС с применением в качестве математического аппарата полумарковского случайного процесса, а также проведена оценки потенциальной эффективности предложенной модели обеспечения их ЭМС.

В рамках предлагаемой методики обеспечения ЭМС РЭС на основе полумарковского процесса предлагается разработка алгоритма оценки ЭМС РЭС, представленного в соответствии с рисунком 1, а также методе управления частотным ресурсом в качестве основы радиоэлектронной защиты (РЭЗ).

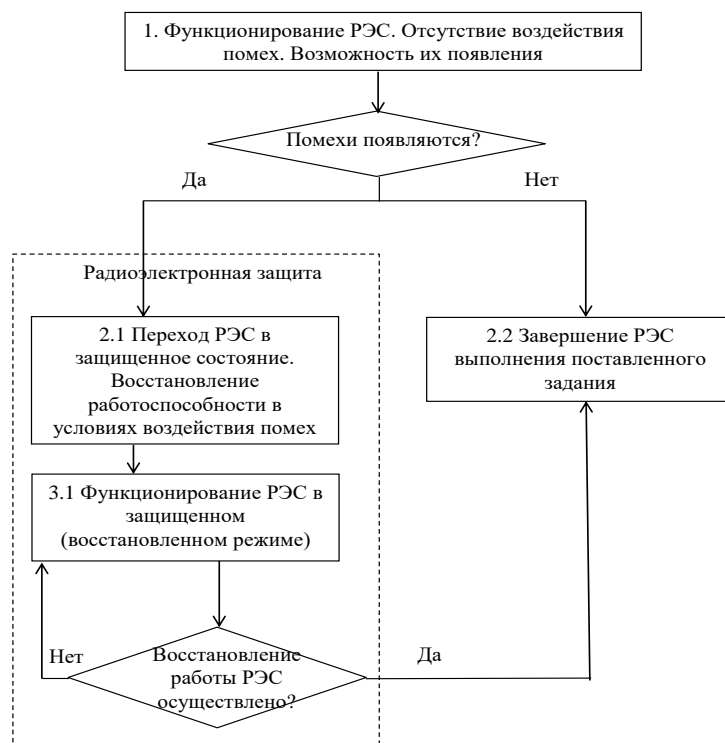


Рисунок 1 – Алгоритм обеспечения ЭМС РЭС в рамках полумарковского процесса

Применительно к обеспечению ЭМС РЭС полумарковская система представляет собой следующую ситуацию: некоторая РЭС с заданной эффективностью функционирует на интервале времени $t_0 - t_1$, на котором предполагается отсутствие воздействия преднамеренных помех на РЭС.

Далее в момент наступления момента времени t_2 РЭС (в частности, его приемные тракты) подвергаются воздействию ПП или НП. Это происходит на временном интервале $t_1 - t_2$.

Так, с момента времени t_2 необходимо осуществления мероприятий по РЭЗ и обеспечения электромагнитной устойчивости (далее – ЭМУ) РЭС посредством управления его параметрами (их перестройка). Таким образом, на интервале времени $t_2 - t_3$ осуществляется радиоэлектронная защита. На данном отрезке времени осуществляется переход РЭС в защищенное состояние. При этом осуществляется восстановление работоспособности в условиях воздействия помех.

Далее в результате РЭЗ на интервале времени $t_3 - t_4$ предполагается функционирование в защищенном (восстановленном) режиме. При полном восстановлении работы РЭС оно ведет к завершению устройством выполнения поставленного задания.

Основой полумарковского процесса является определение вероятностей нахождения исследуемой системы во всех возможных состояниях. На основе представленного в соответствии с рисунком 1 алгоритма целесообразно построение графа, отражающего динамику состояний полумарковского процесса функционирования РЭС в условиях воздействия ПП и НП с возможностью РЭЗ посредством управления их параметрами. Данная динамика представлена в соответствии с рисунком 2.

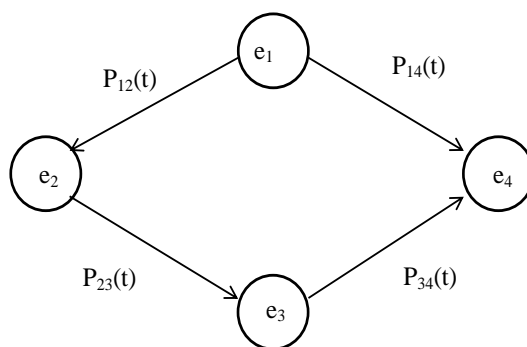


Рисунок 2 – Полумарковский процесс функционирования РЭС при воздействии на его ПП и НП

Таким образом, нахождение полумарковского процесса в состоянии e_2 будет продолжаться по достижении требуемого уровня защищенности и полного восстановления работоспособности РЭС в условиях воздействия ПП и НП. После этого будет осуществлен переход полумарковского процесса в состояние e_3 . Длительность нахождения РЭС в данном состоянии (на протяжении временного интервала $t_3 - t_4$) будет определена решением поставленной задачи РЭС после восстановления ее работоспособности в рамках воздействия

ПП и НП. После решения данной задачи полумарковский процесс перейдет в состояние e_4 .

В рамках разработки модели обеспечения ЭМС РЭС в условиях полумарковского процесса целесообразно формирование ряда элементов-систем, которые представлены в соответствии с рисунком 3.



Рисунок 3 – Элементы модели обеспечения ЭМС РЭС

Также в соответствии с представленным методом обеспечения возможно формирование базы статистических данных касательно влияния НП или ПП на работоспособность оборудования и его параметры, как представлено в соответствии с рисунком 4.

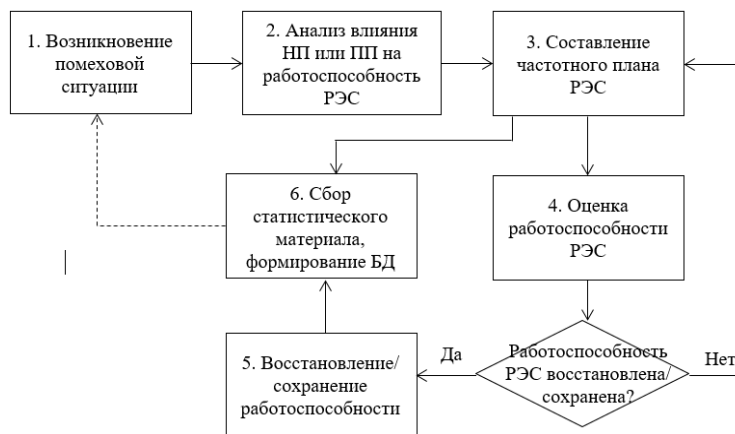


Рисунок 4 – Алгоритм применения модели

Так, представленный подход к обеспечению ЭМС позволит формировать статистическую базу данных, содержащую частотный план для имеющихся РЭС.

В третьей главе представлен эксперимент по подтверждению адекватности разработанной методики посредством проведение имитационного моделирования обеспечения ЭМС при возникновении ПП и НП, проведение анализа результатов имитационного моделирования и составление частотного плана.

При проведении имитационного моделирования влияния ПП и НП на ЭМС РЭС, были составлены оптимальные частотные планы работы РЭС для обеспечения их ЭМС, бесперебойной работы и выполнения поставленных задач в условиях возникновения преднамеренных и (или) непреднамеренных помех основного или побочного характера.

По результатам имитационного моделирования составлен оптимальный план настройки параметров РЭС для обеспечения их ЭМС и бесперебойной работы при воздействии непреднамеренных помех. Данный план представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальный частотный план для исследуемых РЭС (воздействие НП)

Наименование РЭС	Минимальное значение результирующего показателя	Оптимальный вариант настройки	Соответствующий данному варианту настройки показатель $f_{раб}$
РЭС № 1	-0,6	2	28
РЭС № 2	-0,3	1	27
РЭС № 3	-0,4	4	30
РЭС № 4	-0,6	5	31

Таким образом, на основании данного плана, бесперебойная работа анализируемых РЭС и их ЭМС при воздействии непреднамеренных помех должна обеспечиваться за счет настройки следующих значений рабочих частот: для РЭС № 1 – 28 ГГц (вариант настройки № 2), для РЭС № 2 – 27 ГГц (вариант настройки № 1), для РЭС № 3 – 30 ГГц (вариант настройки № 4), для РЭС № 4 – 31 ГГц (вариант настройки № 5).

По результатам имитационного моделирования составлен оптимальный план настройки параметров РЭС для обеспечения их ЭМС и бесперебойной работы при воздействии преднамеренных помех. Данный план представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальный частотный план для исследуемых РЭС (воздействие ПП)

Наименование РЭС	Минимальное значение результирующего показателя	Оптимальный вариант настройки	Соответствующий данному варианту настройки показатель $f_{раб}$
РЭС № 1	-0,9	2	28
РЭС № 2	-0,6	1	27
РЭС № 3	-0,7	4	30
РЭС № 4	-0,9	5	31

Таким образом, на основании данного плана, бесперебойная работа анализируемых РЭС и их ЭМС при воздействии преднамеренных помех должна обеспечиваться за счет настройки следующих значений рабочих частот: для РЭС № 1 – 28 ГГц (вариант настройки № 2), для РЭС № 2 – 27 ГГц (вариант настройки № 1), для РЭС № 3 – 30 ГГц (вариант настройки № 4), для РЭС № 4 – 31 ГГц (вариант настройки № 5).

Сопоставляя данный частотный план (при воздействии ПП) с планом (при воздействии НП), следует сделать вывод о совпадении вариантов оптимальной настройки номиналов рабочей частоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ основных проблем и современных мероприятий обеспечения ЭМС РЭС. Выявлено, что в настоящее время в отечественных и зарубежных источниках недостаточно освещен вопрос особенностей обеспечения ЭМС РЭС под воздействием непреднамеренных и преднамеренных.

2. Разработана методика управления частотным ресурсом РЭС посредством составления частотного плана их работы с применением в качестве математического аппарата полумарковского случайного процесса, позволяющая осуществлять планирование и управление частотным ресурсом в целях уменьшения уровня помех для технических средств.

3. По результатам проведенного имитационного моделирования установлено, что разработанная методика позволяет составить оптимальные частотные планы РЭС для обеспечения их бесперебойной работы и выполнения поставленных задач в условиях возникновения ПП и (или) НП.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

1. Киндрук, Н.Н. Модель автоматизированной системы передачи информации с управлением параметрами сигналов / Н.Н.Киндрук // Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації: збірник наукових праць: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Переяслав, 30 вересня 2020 р. / Університет Григорія Сковороди в Переяславі; редкол.: Коцур В. П. (гол. ред.) [и др.]. – Переяслав: Університет Григорія Сковороди в Переяславі, 2020. – Віп. 63. – С. 342–344.

Тезисы конференций

2. Киндрук, Н.Н. Методика оценки электромагнитной совместимости для оптимальной обработки сигналов на фоне шума при воздействии непреднамеренных помех / Н.Н. Киндрук // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18–20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 543–544.

3. Киндрук, Н.Н. Критерии оценки качества работы группы радиоэлектронных средств со взаимными влияниями и электромагнитной совместимостью / Н.Н. Киндрук // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18–20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 545–546.

4. Киндрук, Н.Н. Методика испытаний радиоэлектронных средств на электромагнитную совместимость / Н.Н. Киндрук // Новые информационные технологии в научных исследованиях: XXV Юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 16–18 ноября 2020 г. / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина. – Рязань, 2020. – С. 100–102.

5. Киндрук, Н.Н. Разработка алгоритма расчета электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н.Н. Киндрук, Г.А. Пискун // Досягнення і перспективи науки, освіти та виробництва: 2020: матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Київ, 23 грудня 2020 р. / Наукова платформа Open Science Laboratory. – Київ, 2020. – С. 166–176.

6. Киндрук, Н.Н. Разработка модели обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н.Н. Киндрук // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: матеріали XII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Київ, 29 січня 2021 р. / Наукова платформа Open Science Laboratory. – Київ, 2021. – С. 374–386.

7. Киндрук, Н.Н. Анализ моделей оценки и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н. Н. Киндрук // Актуальні питання фізико-математичних і технічних наук: теоретичні та прикладні дослідження: матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Київ, 24 березня 2021 р. / Наукова платформа Open Science Laboratory. – Київ, 2021. – С. 35–42.

8. Киндрук, Н.Н. Направления улучшения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н.Н. Киндрук // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Київ, 26 березня 2021 р. / Наукова платформа Open Science Laboratory. – Київ, 2021. – С. 245 – 251.

РЭЗІЮМЭ

Кіндрук Мікалай Мікалаевіч

Забеспячэння электрамагнітнай сумяшчальнасці радыёэлектронных сродкаў шляхам кіравання іх параметрамі

Ключавыя словы: каналы перадачы інфармацыі, электрамагнітнае поле, электрамагнітная сумяшчальнасць.

Мэта працы: распрацоўка метадыкі забеспячэння электрамагнітнай сумяшчальнасці РЭС шляхам кіравання іх частотным рэсурсам пры ўздзеянні ненаўмысных і наўмысных перашкод.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананы аналіз асноўных фактараў, якія аказваюць уплыў на ЭМС радыёэлектронных сродкаў, крытэрыяў ацэнкі якасці працы групы радыёэлектронных сродкаў з узаемнымі ўплывамі і ЭМС, праблем і сучасных мерапрыемстваў па забеспячэнні ЭМС РЭС. Выяўлена, што ў цяперашні час у айчынных і замежных крыніцах недастаткова асветлены пытанне асаблівасцяў забеспячэння ЭМС РЭС пад уздзеяннем ненаўмысных і наўмысных перашкод; распрацавана метадыка кіравання частотным рэсурсам РЭС з дапамогай складання частотнага плана работы РЭС, якая дазваляе паменшыць ўзровень перашкод для РЭС, які ўплывае на іх работу; у выніку імітацыйнага мадэлявання забеспячэння ЭМС пры ўзнікненні ПП і НП з папярэдняй пастаноўкай адпаведных задач, эксперыментальна складзены аптымальныя частотныя планы РЭС для забеспячэння іх ЭМС, бесперабойнай работы і выканання пастаўленых задач і праведзены аналіз атрыманых вынікаў імітацыйнага мадэлявання.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранены ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

Вобласць ужывання: мадэрнізацыя работы арганізацый, якія выкарыстоўваюць электронныя сродкі ў сваёй дзейнасці.

РЕЗЮМЕ

Киндрук Николай Николаевич

Обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств путем управления их параметрами

Ключевые слова: каналы передачи информации, электромагнитное поле, электромагнитная совместимость.

Цель работы: разработка методики обеспечения электромагнитной совместимости РЭС путем управления их частотным ресурсом при воздействии непреднамеренных и преднамеренных помех.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ основных факторов, которые оказывают влияние на ЭМС радиоэлектронных средств, критериев оценки качества работы группы радиоэлектронных средств со взаимными влияниями и ЭМС, проблем и современных мероприятий по обеспечению ЭМС РЭС. Выявлено, что в настоящее время в отечественных и зарубежных источниках недостаточно освещен вопрос особенностей обеспечения ЭМС РЭС под воздействием непреднамеренных и преднамеренных помех; разработана методика управления частотным ресурсом РЭС посредством составления частотного плана их работы, которая позволяет уменьшить уровень помех для РЭС, влияющий на их работу; в результате имитационного моделирования обеспечения ЭМС при возникновении ПП и НП с предварительной постановкой соответствующих задач, экспериментально составлены оптимальные частотные планы РЭС для обеспечения их ЭМС, бесперебойной работы и выполнения поставленных задач и проведен анализ полученных результатов имитационного моделирования.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Область применения: модернизация работы организаций, использующих электронные средства в своей деятельности.

SUMMARY

Kindruk Nikolai Nikolaevich

Ensuring electromagnetic compatibility of radio-electronic devices by controlling their parameters

Keywords: information transmission channels, electromagnetic field, electromagnetic compatibility.

The object of study: development of a methodology for ensuring electromagnetic compatibility of RES by managing their frequency resource when exposed to unintentional and intentional interference.

The results and novelty: the analysis of the main factors that affect the EMC of radio-electronic devices, criteria for assessing the quality of the work of a group of radio-electronic devices with mutual influences and EMC, problems and modern measures to ensure the EMC of radio-electronic devices. It was revealed that at present, in domestic and foreign sources, the issue of the peculiarities of ensuring the EMC of radio electronic devices under the influence of unintentional and deliberate interference is insufficiently covered; a methodology for managing the frequency resource of RES by means of drawing up a frequency plan for the operation of RES has been developed, which allows to reduce the level of interference for RES, which affects their operation; As a result of simulation modeling of EMC support in the event of SP and NP with a preliminary formulation of the corresponding tasks, the optimal frequency plans of the RES were experimentally drawn up to ensure their EMC, uninterrupted operation and the implementation of the tasks set, and the analysis of the results of simulation modeling was carried out.

Degree of use: the results implemented in the educational process at the department of design information and computer systems educational institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics» in the training course «Physical fundamentals of the design of radio-electronic means».

Sphere of application: modernization of the work of organizations using electronic means in their activities.