

УДК 004.056:004.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КАНАЛОВ ПЭМИН В БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Третьяков И.А., Рушечников Я.И., Данилов В.В., Ступак В.А.

Донецкий государственный университет, г. Донецк, Российская Федерация, i.tretiakov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен автоматизированный способ обнаружения каналов побочных электромагнитных излучений и наводок, проникающих в бытовую электрическую сеть, посредством программно-определяемых радиосистем.

Ключевые слова. ПЭМИН, программно-определяемая радиосистема, электросеть, радиообстановка.

В связи с интенсивным ростом используемых в производстве, образовании и быту радиоэлектронных средств обмена информации, например, офисной вычислительной техники, а также в связи с непрерывным ростом и плотностью радиоизлучений, особую актуальность приобретают контроль и прогнозирование возникновения каналов побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН), сопровождающих их работу. По многообразию причин возникновения таких излучений и сложности их аналитического описания, соответствующий контроль и прогнозирование немислимы без создания автоматизированных систем научных исследований электромагнитной обстановки пространства на основе программно-определяемых радиосистем (SDR), в которых сосредоточены средства генерирующие и принимающие электромагнитные поля радио- и оптического диапазона.

Обнаружение и исследование ПЭМИН, а также технических каналов утечки информации в настоящее время является актуальной задачей, в т. ч. в области информационной безопасности. Одним из малоизученных аспектов в этом направлении является исследование ПЭМИН в бытовых электрических сетях.

В связи с тем, что SDR оборудование не позволяет производить непосредственное подключение к высоковольтным бытовым сетям, необходима разработка согласующего устройства. Поскольку заранее неизвестно каким именно образом распространяются исследуемые электромагнитные излучения в сети, было изготовлено два согласующих устройства: первое выделяет дифференциальную переменную высокочастотной составляющей, а второе – синфазную.

Для отделения высокочастотной составляющей и отсекания высокого низкочастотного напряжения были применены высоковольтные керамические конденсаторы. Для защиты входа от возможных высоковольтных импульсов и помех, а также половины напряжения сети были использованы согласующие трансформаторы на высокочастотном феррите (рабочий диапазон частот 10...1000 МГц). Компоненты устройств согласования размещены внутри сетевых вилок, а для подключения приемника используются выведенные наружу разъемы SMA. Окончательный внешний вид разработанных согласующих устройств приведен на рисунке 1.

В качестве дополнительного механизма защиты входных цепей приемника разработан полосовой фильтр. Полоса пропускания определялась на осно-

ве проведенных ранее исследований [1] и составила 50...500 МГц. Данный диапазон с запасом перекрывал необходимый участок частот. При этом, использование фильтра позволило дополнительно защитить вход SDR приемника от высоковольтных и широкополосных помех сети, а также снизить влияние возможных сторонних излучений на аналогово-цифровой преобразователь приемника. Разработанный полосовой фильтр состоит из двух фильтров, включенных последовательно: фильтра высоких частот (частота среза 50 МГц) и фильтра низких частот (частота среза 500 МГц). Для обеспечения высокой крутизны переходной характеристики были использованы эллиптические фильтры. Окончательный внешний вид разработанного фильтра приведен на рисунке 2.

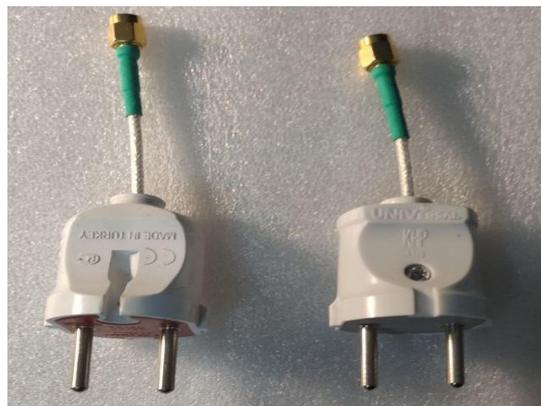


Рисунок 1 – Внешний вид разработанных согласующих устройств

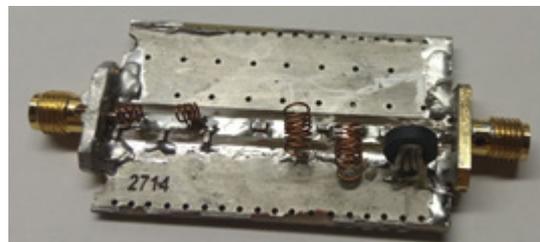


Рисунок 2 – Внешний вид разработанного полосового фильтра

Благодаря разработанному согласующему устройству и полосовому фильтру появляется возможность исследовать ПЭМИН непосредственно в бытовых электрических сетях при помощи программно-определяемых радиосистем, таких как HackRF One, PortaPack для HackRF One, SDR Play.

Регистрация, измерение, корреляционный анализ, а также сравнение некоторых количественных

параметров исследуемых ПЭМИН осуществляется по следующей методологии [2, 3]:

– получение разностной картины радиообстановки в зоне действия с включенным и выключенным источником излучения на антенну SDR.

– регистрация ПЭМИН, проникшего в бытовую электрическую сеть средствами SDR и специального интерфейсного адаптера.

– проведение корреляционного анализа на массивах данных, полученных в ходе экспериментов, на основании которого можно приблизительно оценить объемы ПЭМИН, проникающего в бытовую электрическую сеть.

– сравнение спектрограмм от штыревой антенны SDR приемника и от адаптера, для электрической сети в незначительном удалении от источника.

Результаты измерений в частотном диапазоне от 1 до 400 МГц представлены на рисунке 3.

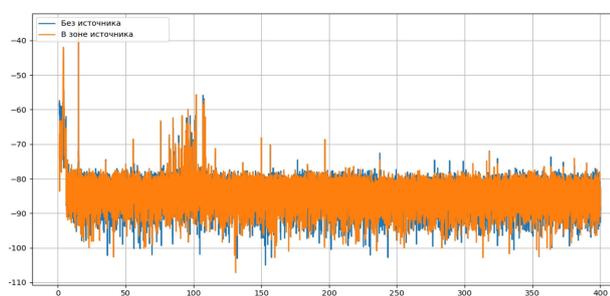


Рисунок 3 – Разностная картина в диапазоне 1-400 МГц

На участке 150 МГц (рисунок 4) можно заметить значительное различие усредненных уровней между двумя измерениями, что даёт возможность предполагать наличие ПЭМИН на этой частоте. Также следует обратить внимание на различие усредненных уровней на частотах 160 МГц и 190 МГц.

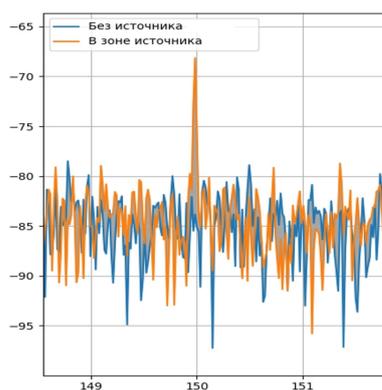


Рисунок 4 – Разностная картина в диапазоне 149-151 МГц

AUTOMATION OF THE PROCEDURE FOR DETECTING TEMPEST CHANNELS IN THE HOUSEHOLD ELECTRICAL NETWORK

I.A. Tretiakov, I.A.I. Rushechnikov, V.V. Danilov, V.A. Stupak

Donetsk State University, Donetsk, Russian Federation, i.tretiakov@mail.ru

Abstract. An automated method for detecting channels of side electromagnetic radiation and interference penetrating into the household electrical network by means of software-defined radio systems is considered.

Keywords. TEMPEST, software-defined radio system, electrical network, radio environment.

Таким образом, сигнал, промодулированный в электрическую сеть имеет намного более широкие границы распространения, нежели аналогичные сигналы в эфире, что в свою очередь размывает периметр контролируемого объекта. Дальнейшие исследования в данном направлении позволят создать автоматизированную систему научных исследований ПЭМИН, создаваемых вычислительной техникой, а также разработать методики аттестации производственных объектов автоматизации на предмет всестороннего анализа на наличие таких излучений.

Исследование проводилось в рамках научной г/б темы «Исследование природы каналов побочных электромагнитных излучений и наводок элементов и устройств офисной вычислительной техники» (регистрационный номер 124012400347-2).

Литература

1. Исследование спектров электромагнитного излучения элементов и устройств вычислительной техники / И.А. Третьяков, Я.И. Рушечников, В.В. Данилов [и др.] // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2023): Материалы XIV Международной научно-технической конференции в рамках IX Международного Научного форума Донецкой Народной Республики (Донецк, 24–25 мая 2023 г.). – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. – С. 308–311. – EDN AIZQED.

2. Третьяков, И.А. Алгоритм исследования ПЭМИН устройств вычислительной техники в бытовой электрической сети / И.А. Третьяков, Я.И. Рушечников, В.В. Данилов // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XXIII международной научно-технической конференции аспирантов и студентов (Донецк, 23-25 мая 2023 г.). – Донецк: ДОННТУ, 2023. – С. 148–150. – EDN R1HNFN.

3. Рушечников, Я.И. Корреляционный анализ ПЭМИН устройств вычислительной техники в электрической сети / Я.И. Рушечников, И.А. Третьяков, В.В. Данилов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 2: Физические, технические и компьютерные науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – С. 226–228. – EDN VAWXPR.