

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КАНАЛАМ В СРЕДЕ MATLAB

Хорев А.А.<sup>1</sup>, Лукманова О.Р.<sup>2</sup>, Суровенков Д.Б.<sup>3</sup>

**Цель исследования:** проектирование пассивных средств защиты речевой информации от ее утечки по акустоэлектрическим каналам и исследование характеристик средств защиты с использованием виртуального лабораторного стенда, разработанного в среде Matlab.

**Метод исследования:** математическое моделирование в среде Matlab.

**Полученные результаты:** в среде моделирования Matlab спроектированы: эквивалентная схема телефонного аппарата, позволяющая моделировать акустоэлектрические каналы утечки информации, принципиальные схемы пассивных средств защиты телефонных аппаратов, реализующих методы защиты: ограничение сигналов малой амплитуды, фильтрацию сигналов «высокочастотного навязывания» и отключение акустоэлектрических преобразователей, виртуальный лабораторный стенд для исследования характеристик средств защиты. С использованием виртуального лабораторного стенда проведены исследования основных характеристик разработанных устройств защиты и проведена оценка их работоспособности при подключении к телефонной сети.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, телефонный аппарат, акустоэлектрический канал утечки речевой информации, технический канал утечки информации, средство защиты информации от утечки по акустоэлектрическим каналам, методы защиты информации, виртуальный лабораторный стенд.

DOI:10.21681/2311-3456-2021-5-75-86

## Введение

Одним из способов перехвата речевой информации из выделенного помещения (ВП) без проникновения в пределы контролируемой зоны (КЗ) объекта является перехват информации по акустоэлектрическим каналам [1].

Причиной возникновения акустоэлектрических каналов утечки информации являются вспомогательные технические средства и системы (ВТСС), устанавливаемые в ВП, среди которых наиболее часто встречаются телефонные аппараты [2].

В телефонных аппаратах существуют элементы, которые осуществляют преобразования акустических сигналов в электрические [3], тем самым создавая акустоэлектрический канал утечки информации за счет свойств нелинейности, а также методом «высокочастотного навязывания» [4].

Акустоэлектрические преобразователи в ВТСС обычно бывают трех видов: электродинамические, электромагнитные и пьезоэлектрические [3].

Рассмотрим устройство электродинамического преобразователя, который состоит из: постоянного магнита (1), катушки (2), мембраны (3), упругой подвески (4). Под действием акустического поля ( $L_c$ ), создаваемого тестовой звуковой колонкой, создаваемого тестовой звуковой колонкой, мембрана выходит из состояния покоя, а катушка, прикрепленная на подвеску к мембране, помещенная в поле постоянного магнита,

начинает перемещаться, вследствие чего возникает электродвижущая сила (ЭДС) ( $U_c$ ), изменяющейся по закону воздействующего тестового сигнала ( $L_c$ ) (рис.1) [5].

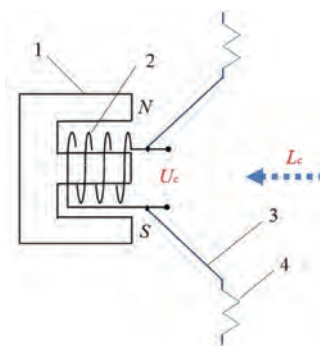


Рис. 1. Модель электродинамического преобразователя

Рассмотрим устройство электромагнитного преобразователя, который состоит из: мембраны (1), сердечника из постоянного магнита (2), катушки (3). Под действием акустического поля ( $L_c$ ), создаваемого тестовой звуковой колонкой, мембрана из ферромагнитного материала выходит из состояния покоя, и влияет, по зако-

1 Хорев Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность» Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Зеленоград (Москва), Россия. E-mail: horev@miee.ru.

2 Лукманова Оксана Равиловна, аспирант кафедры «Информационная безопасность», Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Зеленоград (Москва), Россия. E-mail: oksanlukman@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8876-427X.

3 Суровенков Дмитрий Борисович, сотрудник ГЦ Минобороны России, Москва, Россия. E-mail: dimasurovenkov@yandex.ru

ну воздействующего акустического поля, на магнитное поле вокруг катушки, вследствие чего возникает ЭДС ( $U_c$ ) (рис. 2) [5].

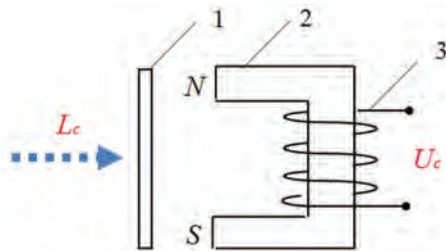


Рис. 2. Модель электромагнитного преобразователя

Рассмотрим устройство пьезоэлектрического преобразователя, который состоит из двух обкладок мембраны, между которыми помещен пьезокристалл (1). Под действием акустического поля ( $L_c$ ), создаваемого тестовой звуковой колонкой, мембрана изменяет свое положения воздействуя на пьезокристалл, который имеет две разновидности атомов, вследствие чего возникает ЭДС ( $U_c$ ) (рис. 3) [5,6].

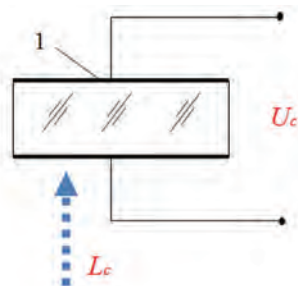


Рис. 3. Модель пьезоэлектрического преобразователя

Для защиты телефонных аппаратов от утечки речевой информации по акустоэлектрическому каналу в основном используются пассивные средства защиты двух типов. В первом типе (рис. 4) реализованы методы защиты: ограничение сигналов малой амплитуды и фильтрация высокочастотных сигналов [7], во втором (рис. 5) – метод отключения телефонного аппарата от линии при положенной телефонной трубке [8].

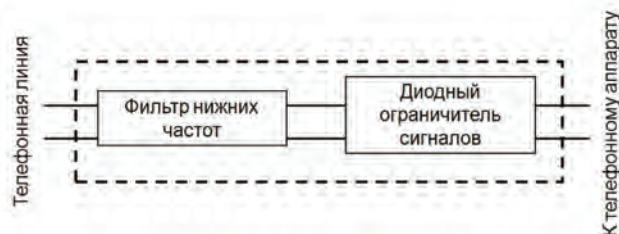


Рис. 4. Структурная схема средства защиты телефонных аппаратов (фильтр нижних частот и диодный ограничитель сигналов малой амплитуды)

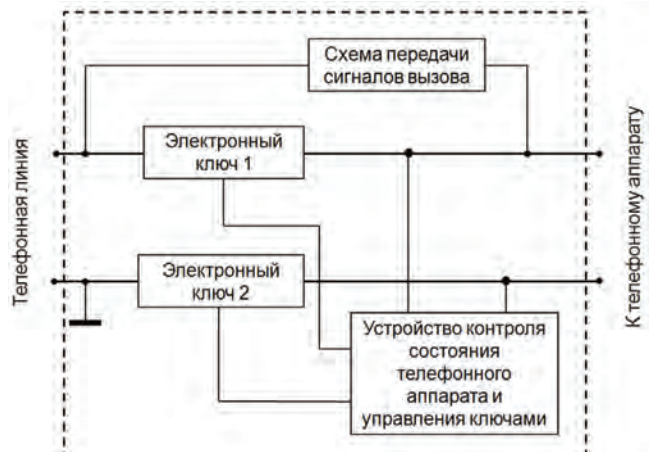


Рис. 5. Структурная схема средства защиты телефонных аппаратов (отключающего телефонный аппарат от линии при положенной трубке)

В основе метода ограничения сигналов малой амплитуды лежат нелинейные свойства полупроводников, в основном применяются кремниевые диоды ( $U_{отк} =$  от 0,5 до 0,7 В). Большое сопротивление диодов для токов малой амплитуды исключает возможность утечки опасных сигналов, а малое сопротивление для токов большой амплитуды позволяет проводить телефонные переговоры без ухудшения качества связи [7].

Для защиты телефонного аппарата от навязывания сигналов высокой частоты применяется метод фильтрации. В схемах защиты устройства используются фильтры нижних частот (LC) П-образного типа. Свойства фильтра позволяют подавлять сигналы «высокочастотного навязывания» и пропускать сигналы речевого диапазона частот без искажений [7].

Типовыми устройствами, структурная схема (рис. 4) которых реализует данные методы защиты, являются устройства «Гранит-8» и «Корунд» [7].

Наиболее эффективным методом защиты телефонных аппаратов является отключение акустоэлектрических преобразователей [8].

В основу электрической схемы такого устройства (рис. 5), реализующей метод отключения акустоэлектрических преобразователей входят: схема передачи сигнала вызова, электронный ключ, схема анализа состояния телефонной сети и управления электронными ключами [8].

Принцип работы устройства, следующий: электронные ключи (1,2) при положенной трубке находятся в состоянии разомкнуты (рабочее положение), отключая телефонный аппарат от сети; при снятой трубке замкнуты, подключая телефонную сеть, что позволяет вести телефонные переговоры.

Схема анализа состояния телефонной сети управляет электронными ключами и анализирует режим работы телефонного аппарата, и представляет собой источник управляющего напряжения с подключенной нагрузкой (телефонный аппарат). Телефонная трубка представляет собой нагрузку (собственное внутреннее

сопротивление). При поднятии телефонной трубки образуется замкнутый контур, по которому начинает течь ток. Управляющие выводы электронных ключей под действием тока, дают сигнал о подключении телефонного аппарата к сети, что дает возможность без помех проводить телефонный разговор. После телефонная трубка устанавливается на рычаги и образовавшийся контур, создаваемый сопротивлением, размыкается (ключи в рабочем положении).

Для работы устройства контроля телефонной сети необходим источник питания, поэтому в качестве постоянного питания устройства может выступать аккумулятор или телефонная линия.

Схема передачи сигналов вызова передает вызывной сигнал в звонковую цепь телефонного аппарата.

Типовыми устройствами, структурная схема (рис. 5) которых реализует данный метод защиты, являются устройства «Барьер-М1», МП-8 «Сигма-РА» и МП-7 «Гвард» [8].

В настоящее время для исключения возможности подключения к телефонному аппарату через линию связи (в том числе через схему передачи сигнала вызова) реализуется способ полной гальванической развязки с подключением собственных вызывных схем, которые не подвержены акустоэлектрическим преобразованиям [8].

Средства защиты всех типов, которые рассмотрены выше, устанавливаются вблизи телефонного аппарата в разрыв двухпроводной телефонной линии.

Процесс разработки современного средства защиты проходит несколько этапов от подбора элементной базы до внедрения в серийное производство. Одним из возможных направлений снижения стоимости разработки и проведения исследований средств защиты информации является использование сред виртуализации.

Проектирование акустоэлектрических каналов утечки информации [9,10] и средств защиты [11, 12] на виртуальных лабораторных стендах и разработка методик исследований [13], является задачей на стыке междисциплинарных областей, включающих в себя схемотехнику, радиотехнику, электродинамику, механику и акустику.

Современные системы проектирования электронных схем, использующие методы виртуализации, широко применяются при проектировании и обучении в области электроники, электротехники и радиотехнических систем. Одной из популярных сред разработки принципиальных схем устройств является NI Multisim. Доступная цена, большая элементная база и широкий функционал позволяет использовать ее для решения профессиональных задач. При проектировании принципиальных схем данная среда заняла основополагающее место, и современные ученые отдают предпочтение для реализации своих решений с применением среды NI Multisim [7,8].

Важными являются и исследования, построенные на основе мультифизического моделирования в области электродинамики, механики и акустики. COMSOL Multiphysics одна из программ для построения физических моделей акустоэлектрических преобразователей. На основе данной среды возможно построить виртуальный лабораторный стенд по исследованию физической модели акустоэлектрического канала утечки информации на основе электродинамического, электромагнитного и пьезоэлектрического преобразователя [14].

Среда Matlab объединяет в себе возможности мультифизического моделирования и разработку принципиальных схем устройств. Подобный симбиоз дает большое количество выходных результатов необходимых для исследований в сфере информационной безопасности, и максимально приближает их к результатам, полученным на реальных лабораторных стендах [5].

В данной работе для моделирования виртуальных лабораторных стендов и исследования характеристик устройств защиты авторами была выбрана среда моделирования Matlab.

### Моделирование виртуального лабораторного стенда телефонного аппарата

Для исследования характеристик устройств защиты была разработана модель телефонного аппарата, имеющая в своем составе акустоэлектрические преобразо-

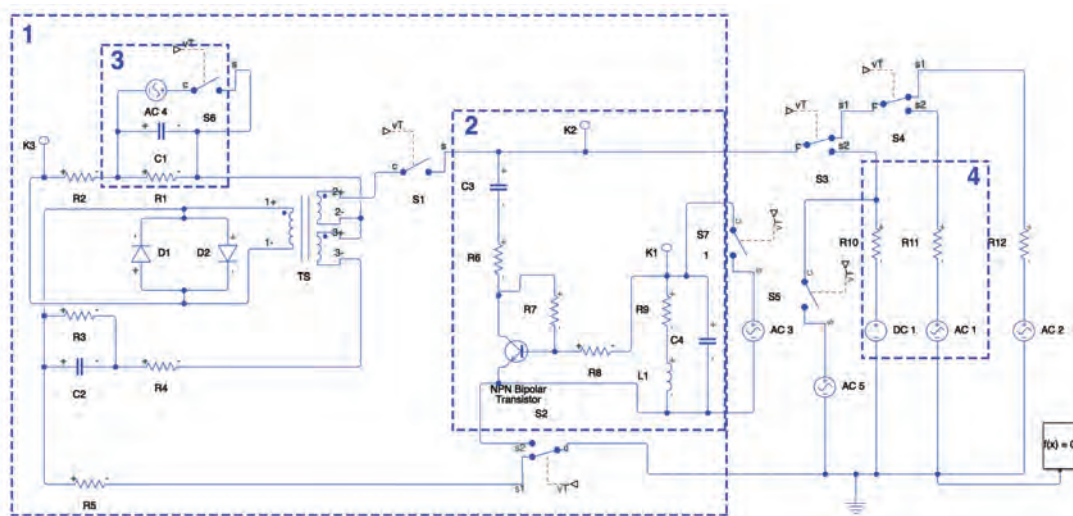
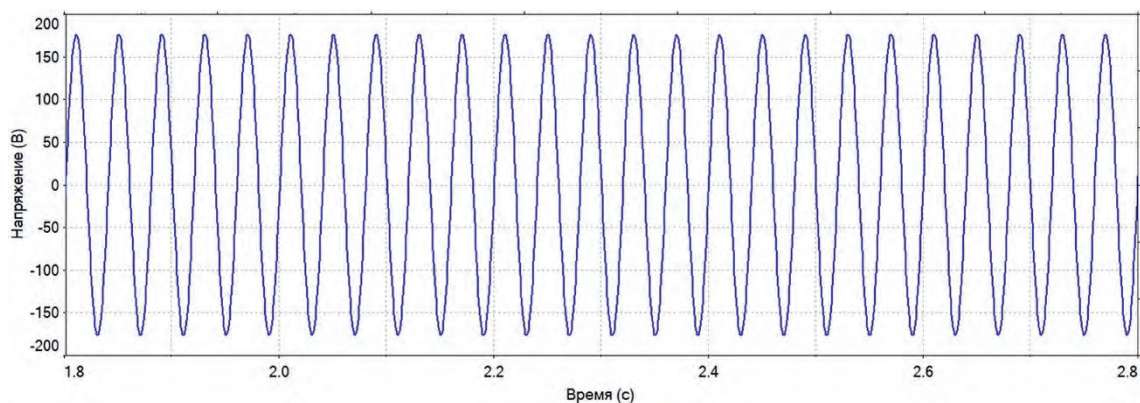
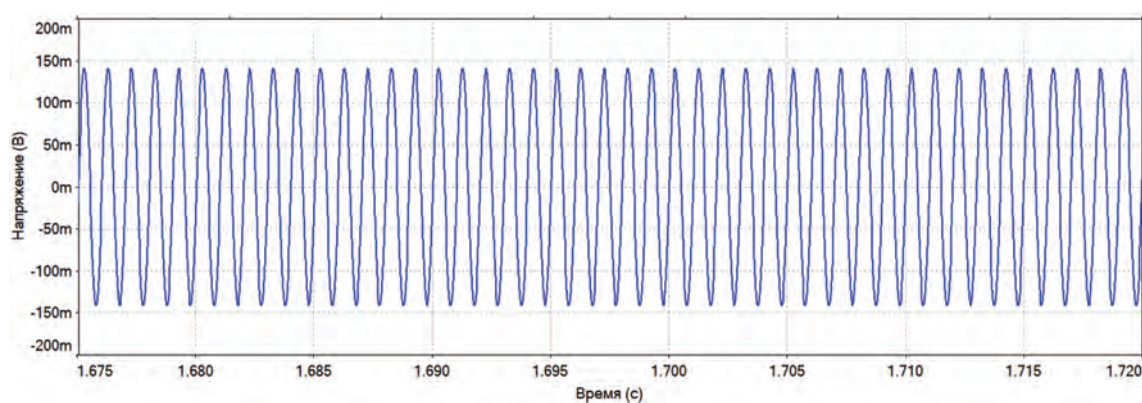


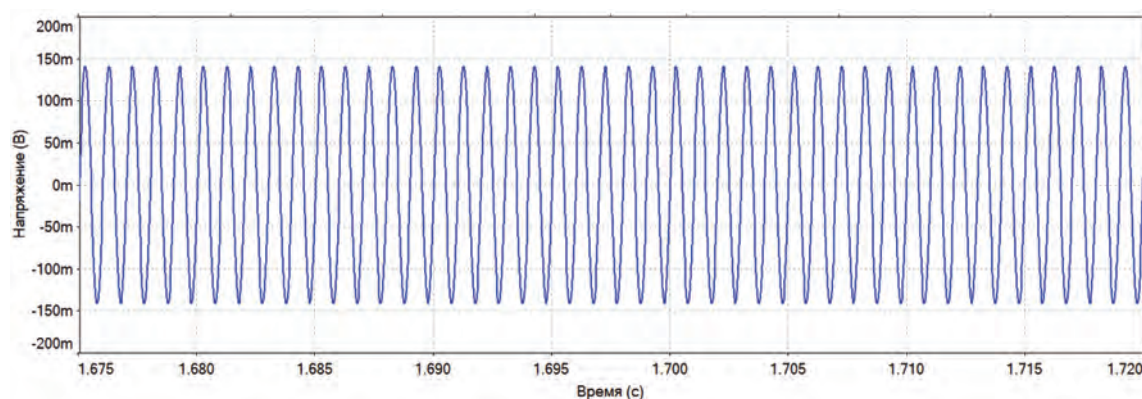
Рис. 6. Виртуальный стенд модели телефонного аппарата с подключенной телефонной сетью



*Рис. 7. Осциллограмма сигнала вызова от АТС снятая в звонковой цепи (К1)*



*Рис. 8. Осциллограмма сигнала с микрофона снятая в телефонной линии (К2)*



*Рис. 9. Осциллограмма сигнала с телефонной линии снятая на динамике (К3)*

ватели (звонковый капсюль, динамик и микрофон телефонной трубки), с подключенной АТС обрабатывающей типовые режимы работы (сигнал вызова, постоянное питание в телефонной линии), а также модель аппаратуры «высокочастотного навязывания» с подключением к телефонной сети (рис. 6) [15].

Модель телефонного аппарата (1) включает звонковую цепь (2) с моделью пьезоэлектрического преобразователя

(R9, L1, C4) и имитатором сигнала (AC3), моделирующего акустоэлектрические преобразования акустического сигнала в электрический пьезоэлементом вызывного устройства телефона, микрофон телефонной трубки (3), динамик телефонной трубки (R2) [15].

Модель автоматической телефонной станции (4) представлена генератором постоянного напряжения телефонной сети (DC1) и генератором вызова (AC1).

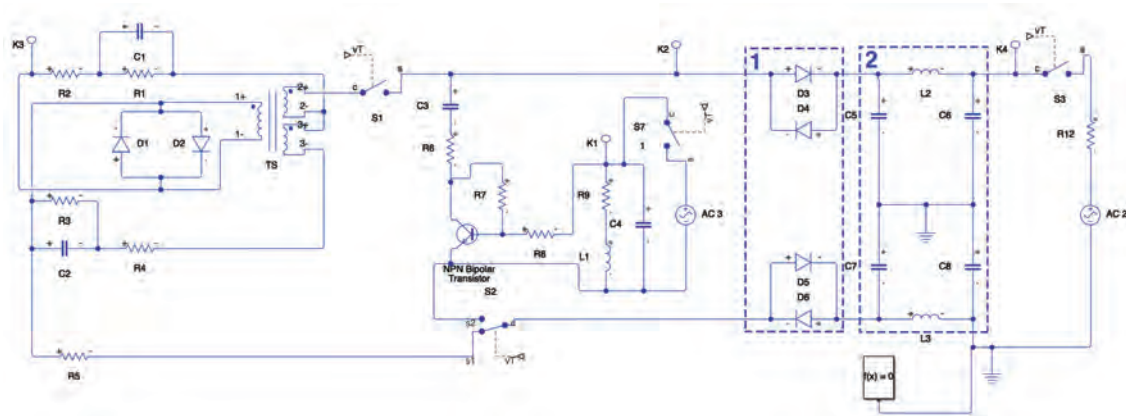


Рис. 10. Виртуальный стенд по исследованию модели средства защиты телефона «Гранит-8»

Аппаратура «высокочастотного навязывания» (6) имитируется генератором (AC2).

Для исследования схемы электронной звонковой цепи в режиме подачи сигнала вызова генерировался сигнал с AC5 ( $U = 125 \text{ В}$  и  $f = 25 \text{ Гц}$ ) в линию, ключи S3, S4 находятся в режиме S2. В точке K1 подключался Scope, полученный сигнал вызова поступает в телефонный звонок без потерь и искажений (рис. 7).

Для исследования схемы микрофона телефонного аппарата в линию подавался гармонический сигнал AC4 ( $U = 0,1 \text{ В}$ ,  $f = 1 \text{ кГц}$ ), ключи S1, S2, S6 замкнуты. В точке K2 подключался Scope, полученный сигнал с микрофона поступает в телефонную линию без потерь и искажений (рис. 8).

Для исследования схемы динамика телефонной трубки в линию подавался гармонический сигнал AC5 ( $U = 0,1 \text{ В}$ ,  $f = 1 \text{ кГц}$ ), ключи S1, S2, S5 замкнуты. В точке K3 подключался Scope, полученный сигнал с линии поступает в телефонный динамик без потерь и искажений (рис. 9).

Разработанная эквивалентная схема телефонного аппарата с подключенной к ней модели телефонной сети позволяет имитировать образование акустоэлектрических каналов утечки информации. Таким образом ранее был проведен контроль подверженности разработанной схемы телефонного аппарата акустоэлектрическим преобразованиям, что описано в статьях [10, 15].

### Исследование на виртуальном стенде устройства защиты типа «Гранит-8»

На основе изучения описания средства защиты «Гранит-8» была спроектирована эквивалентная схема устройства (рис. 10) [16].

Входным модулем устройства защиты, обеспечивающим подавление низкочастотных сигналов малой амплитуды являются два диодных ограничителя (1), которые не пропускают сигналы с телефонного аппарата, возникающие вследствие акустоэлектрических преобразований речевых сигналов [16].

Выходным модулем устройства защиты (2), является два фильтра нижних частот, обеспечивающих подавление сигнала «высокочастотного навязывания» [16].

Проведем исследование амплитудно-частотных характеристик устройства защиты «Гранит-8» в двух режимах работы: а) – при защите телефонного аппарата от утечки речевой информации (сигналов малой амплитуды), возникающей за счет преобразования речевых сигналов в электрические в звонковой цепи телефона; б) - при защите телефонного аппарата от «высокочастотного навязывания» [9].

Для исследования амплитудно-частотной характеристики устройства защиты в режиме защиты от утечки информации, возникающей за счет акустоэлектрического преобразования акустических сигналов в электрические в звонковой цепи телефона с помощью имитатора информативного сигнала (AC3) на вход устройства (точка K2) подадим сигнал, напряжением  $U = 0,1 \text{ В}$ , и на выходе устройства (точка K4) измерим затухание сигнала в диапазоне частот от  $1 \text{ Гц}$  до  $10 \text{ кГц}$  с использованием встроенной функции Matlab, ключи S7 замкнут, S3 разомкнут (рис. 10).

Анализ амплитудно-частотной характеристика модели устройства защиты «Гранит-8» в режиме ограничения сигналов малой амплитуды (рис. 11) показывает, в диапазоне частот  $f =$  от  $10 \text{ Гц}$  до  $10 \text{ кГц}$ , затухание сигнала амплитудой  $0,1 \text{ В}$  составляет порядка  $58 \text{ дБ}$  [9].

Для получения осциллограмм сигналов малой амплитуды на входе и выходе устройства подключим осциллограф в точках K2 (Channel\_A) и K4 (Channel\_B), с помощью имитатора информативного сигнала (AC3) на вход устройства защиты подадим сигнал на частоте  $f = 1 \text{ кГц}$ , напряжением  $U = 0,1 \text{ В}$ .

Анализ полученных осциллограмм (рис. 12) показывает, что сигнал на выходе устройства защиты не обнаруживается.

Для исследования амплитудно-частотной характеристики устройства защиты в режиме защиты от «высокочастотного навязывания» с помощью имитатора аппаратуры «высокочастотного навязывания» (AC2, ключ S3 замкнут) со стороны АТС в линию подадим сигнал амплитудой  $U = 5 \text{ В}$ , и на выходе устройства (точка K1) измерим затухание сигнала в диапазоне частот  $f = 10 \text{ кГц}$  до  $10 \text{ МГц}$  с использованием встроенной функции Matlab (рис. 10) [10].

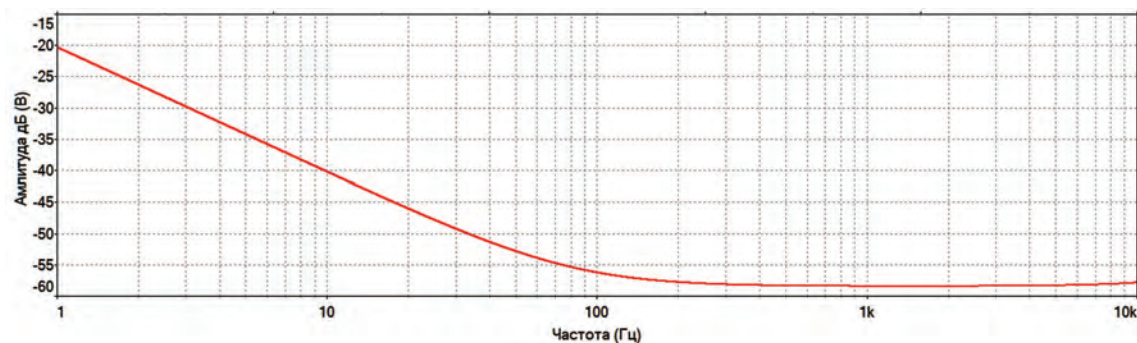


Рис. 11. Амплитудно-частотная характеристика модели устройства защиты «Гранит-8» в режиме ограничения низкочастотных сигналов малой амплитуды

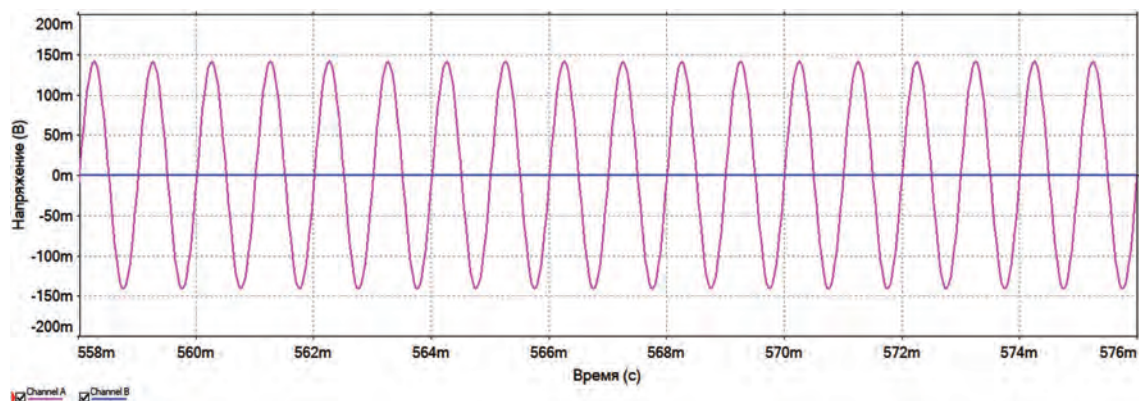


Рис. 12. Осциллограммы сигналов на входе и выходе модели устройства защиты «Гранит-8» в режиме ограничения низкочастотных сигналов малой амплитуды

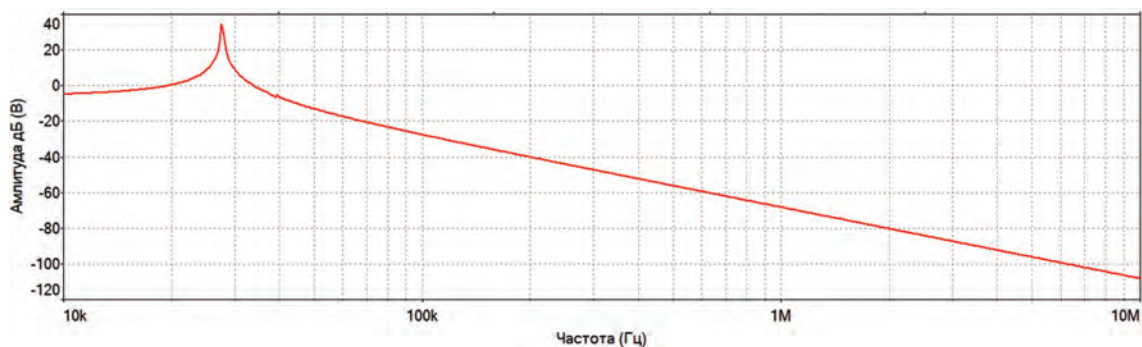


Рис. 13. Амплитудно-частотная характеристика модели устройства защиты «Гранит-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания»

Анализ амплитудно-частотной характеристика макета устройства защиты «Гранит-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания» показывает, что частота среза фильтра составляет - 36,5 кГц, а частота резонанса - 27,7 кГц (рис. 13). Начиная с частоты 100 кГц затухание сигнала составляет более 30 дБ, а на более высоких частотах 600 кГц и далее - более 60 дБ,

что обеспечивает подавление высокочастотных сигналов до уровня ниже, чем напряжение открытия диодов D1 – D4, и исключает возможность перехвата информации методом «высокочастотного навязывания».

Для получения осциллограмм высокочастотных сигналов на входе и выходе устройства защиты подключим осциллограф XSC1 в точках K2 (Channel\_A) и K4

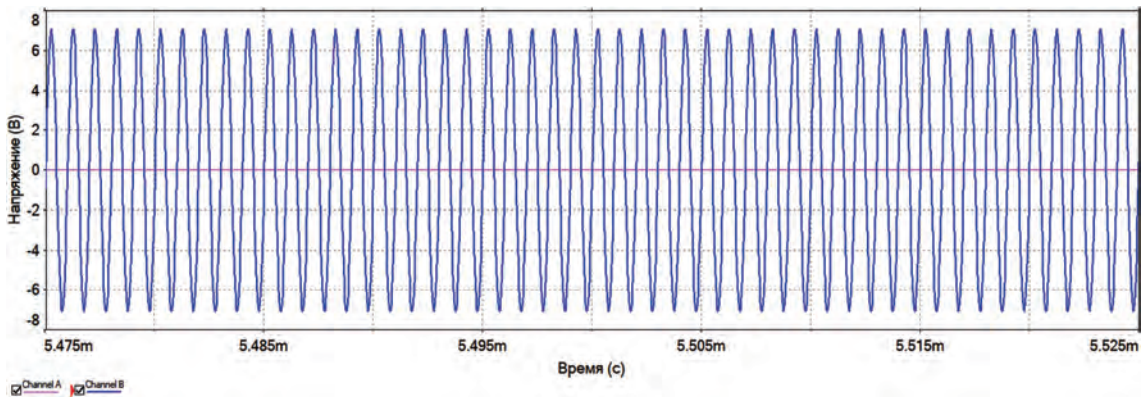


Рис. 14. Осциллограммы сигналов на входе и выходе модели устройства защиты «Гранит-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания»

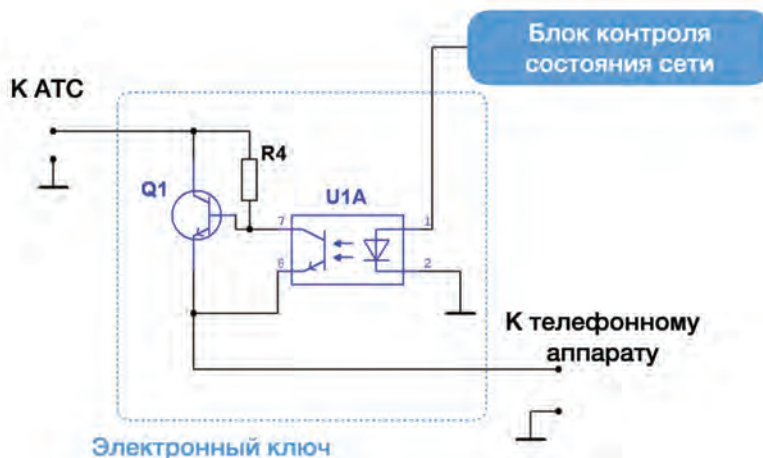


Рис. 15. Схема коммутатора с использованием оптрона

(Channel\_V) и с помощью аппаратуры «высокочастотного навязывания» (AC2, ключ S3 замкнут) со стороны АТС в линию подадим сигнал амплитудой  $U = 5 \text{ В}$  и частотой 1 МГц (рис. 10).

Анализ полученных осциллограмм (рис. 14) показывает, что высокочастотный сигнал на выходе устройства защиты не обнаруживается.

### Исследование на виртуальном стенде устройства защиты типа «МП-8»

На основе изучения описания средства защиты «МП-8» была спроектирована эквивалентная схема, которая включает: блок контроля состояния телефонной сети, электронные ключи и схема вызова устройства [11].

В устройстве защиты «МП-8» электронные ключи реализованы на основе оптопары (рис. 15), которая обеспечивает гальваническую развязку цепи управления и переключателя, которым является транзистор Q1. Тран-

зистор открывается при подаче напряжения от линии через R4, обеспечивая переключение телефона на линию. Следует отметить, что сопротивление транзистора Q1 в открытом состоянии несколько выше и открытое состояние транзистора в телефонной линии сохраняется за счет переходных процессов в полупроводнике [11].

В режиме подачи звонка вызова из телефонной линии поступает сигнал в специальную автономную схему вызова модели устройства защиты, который сопровождается звуковым и оптическим сигналом (светодиод зеленого цвета).

Для упрощения работы модели устройства защиты была составлена схема замещения (рис. 16): вместо электронных ключей на основе оптопары и блока контроля состояния телефонной сети используются электронные ключи (1), управляемые напряжением и сочетающие в себе обе функции. Звуковую микросхему в вызывной цепи устройства защиты (2) заменили на

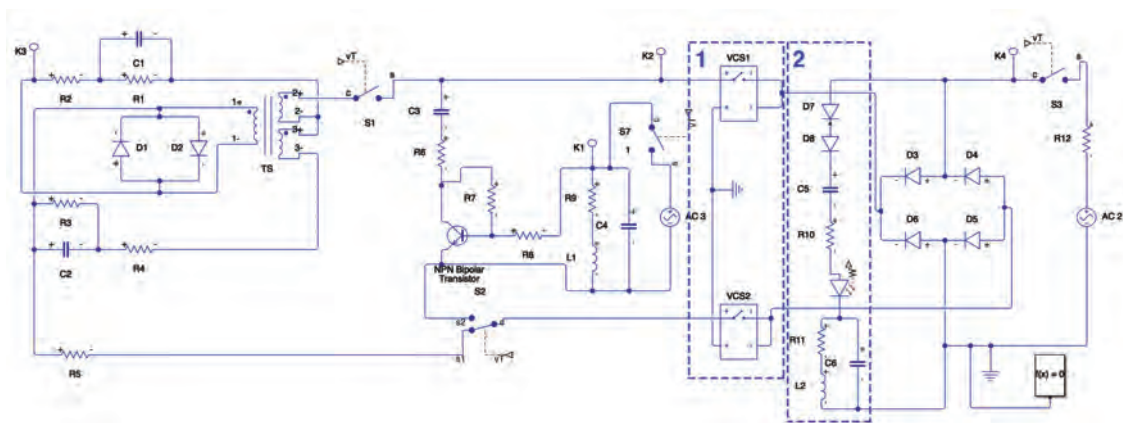


Рис. 16. Виртуальный стенд по исследованию модели средства защиты телефонных аппаратов «МП-8»

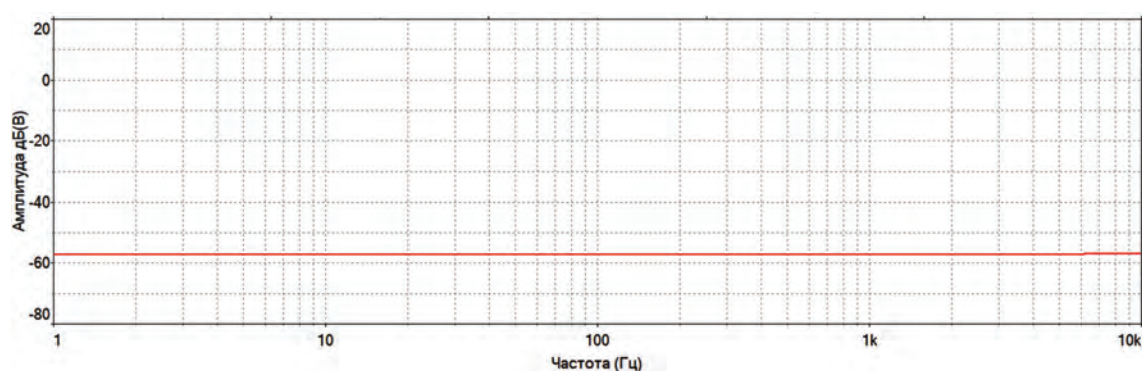


Рис. 17. Амплитудно-частотная характеристика модели устройства защиты типа «МП-8» в режиме ограничения сигналов малой амплитуды

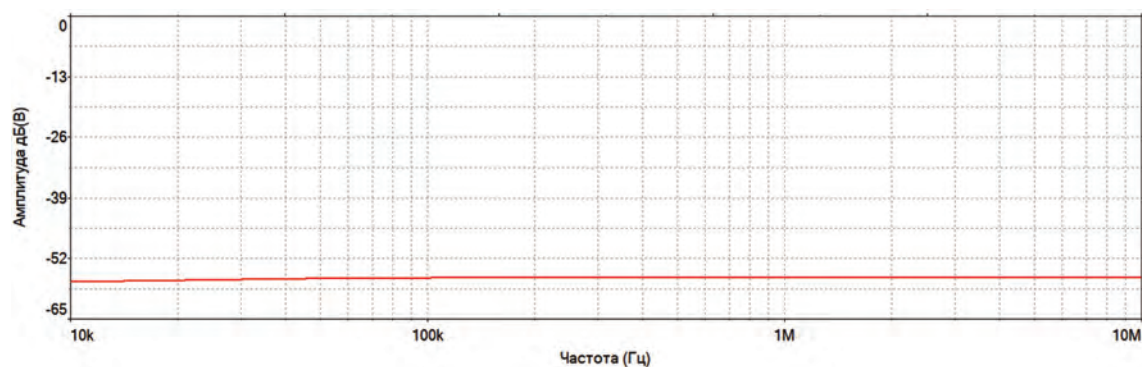


Рис. 18. Амплитудно-частотная характеристика макета устройства защиты типа «МП-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания»

эквивалентные элементы (R11, L2, C8) с соответствующим током потребления.

Подключим устройство защиты «МП-8» в модель телефонной сети (рис. 16). Замыкая и размыкая ключи S1, S2 имитируется режим работы телефонного аппарата (при снятой и положенной телефонной трубке (2) соответственно). Устройство защиты анализирует состояние сети в соответствии с изменением напряжения в

режиме ожидания вызова (VSC1, VSC2 разомкнуты) и в режиме разговора (VSC1, VSC2 замкнуты).

Анализ амплитудно-частотной характеристика модели устройства защиты «МП-8» в режиме ограничения сигналов малой амплитуды (ключи S7 замкнут, S3 разомкнут) (рис. 16) показывает, в диапазоне частот  $f =$  от 10 Гц до 10 кГц, затухание сигнала амплитудой 0,1 В составляет порядка 60 дБ (рис.17) [9].



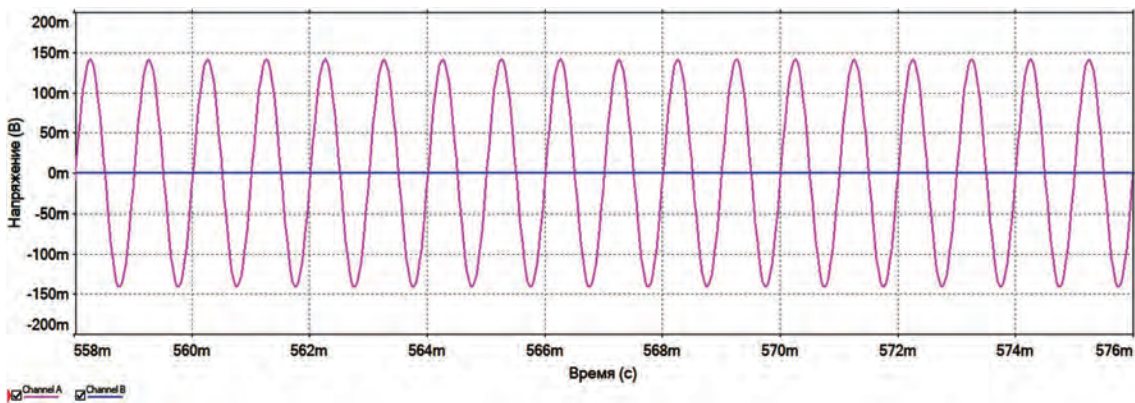


Рис. 19. Осциллограммы сигналов на входе и выходе макета устройства защиты «МП-8» в режиме ограничения сигналов малой амплитуды

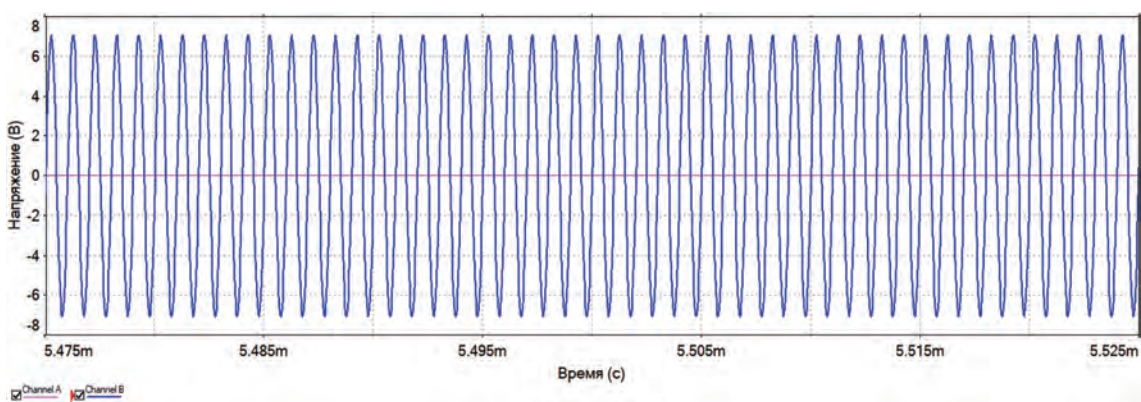


Рис. 20. Осциллограммы сигналов на входе и выходе макета устройства защиты «МП-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания»

Анализ амплитудно-частотной характеристика макета устройства защиты «МП-8» в режиме подавления сигналов «высокочастотного навязывания» (ключи S7 разомкнут, S3 замкнут) показывает, что затухание сигнала в диапазоне частот от  $f = 10$  кГц до 10 МГц составляет 43 дБ (рис. 18) [10].

Для получения осциллограмм сигналов малой амплитуды на входе и выходе устройства подключим осциллограф в точки K2 (Channel\_A) и K4 (Channel\_B), с помощью имитатора информативного сигнала (AC3) на вход устройства защиты подадим сигнал на частоте  $f = 1$  кГц, напряжением  $U = 0,1$  В (рис. 16).

Анализ полученных осциллограмм (рис. 19) показывает, что сигнал на выходе устройства защиты не обнаруживается.

Для получения осциллограмм высокочастотных сигналов на входе и выходе устройства защиты подключим осциллограф XSC1 в точки K2 (Channel\_A) и K4 (Channel\_B), с помощью аппаратуры «высокочастотного навязывания» (AC2, ключ S3 замкнут) со стороны АТС в линию подадим сигнал амплитудой  $U = 5$  В и частотой 1 МГц (рис. 16).

Анализ полученных осциллограмм (рис. 20) показывает, что высокочастотный сигнал на выходе устройства защиты не обнаруживается.

### Заключение

Таким образом, в среде моделирования Matlab разработаны:

- эквивалентная схема телефонного аппарата, позволяющая моделировать акустоэлектрические каналы утечки информации;
- принципиальные схемы пассивных средств защиты телефонных аппаратов, реализующих методы защиты: ограничение сигналов малой амплитуды, фильтрацию сигналов «высокочастотного навязывания» и отключение акустоэлектрических преобразователей;
- виртуальный лабораторный стенд для исследования характеристик средств защиты телефонных аппаратов от утечки по акустоэлектрическим каналам.

С использованием виртуального лабораторного стенда проведены исследования основных характеристик разра-

ботанных устройств защиты и проведена оценка их работоспособности при подключении к телефонной сети.

Полученные результаты показали, что разработанные устройства защиты соответствуют требованиям Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России (ФСТЭК России) по защите информации от утечки по акустоэлектрическим каналам.

Результаты исследований могут быть использованы при проектировании средств защиты информации от утечки по акустоэлектрическим каналам и предварительном исследовании их основных характеристик, а также в учебном процессе при изучении средств и способов защиты информации от утечки по акустоэлектрическим каналам.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (грант ИБ) в рамках научного проекта № 4/2020.*

### Литература

1. Трилиссский В. О. Технические каналы утечки речевой информации // Инжиниринг и технологии. 2019. Т. 4. N 1. С. 40-42.
2. Лукманова О. Р. Моделирование контроля подверженности телефонного аппарата пассивным акустоэлектрическим преобразованиям при различных типовых интегральных уровнях речи // Радиозэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий - РЭУС-2019. 2019. С. 297-302.
3. Богатиков В.Н., Бочкарева Т.О., Мурашев П.М., Санаева Г.Н. Анализ акустоэлектрических преобразователей в составе вспомогательных технических средств и систем // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. 2020. Т. 22. С. 86-93.
4. Карауш А. С. Обзор и анализ методов повышения разборчивости речи в акустоэлектрических каналах утечки информации // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. 2019. N 1. С. 100-113.
5. Lukmanova O.R. Research of the Acoustoelectric Speech Information Leakage Channel Based on Acoustic Transducers // 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE. 2021. Pp. 2377-2380. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396632
6. Лукманова О.Р., Хорев А.А. Исследование акустоэлектрического эффекта в телефонном аппарате в среде моделирования COMSOL // Современные проблемы радиозэлектроники и телекоммуникаций. 2020. N 3. С. 216.
7. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Исследование характеристик активного средства защиты телефонного аппарата // Защита информации. Инсайд – 2020. N 3. С. 82-88
8. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Исследование характеристик пассивных средств защиты телефонного аппарата // Защита информации. Инсайд – 2021. N 1. С. 8-14
9. Lukmanova O.R., Horev A.A. Modelling the Acoustoelectric Leakage Channel of Speech Information in a Telephone Set // 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2017. Pp. 493-495. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910599
10. Lukmanova O.R., Horev A.A. Simulation of the «High Frequency Injection» Method in a Telephone Set // 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2018. Pp. 1542-1544. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317392
11. Lukmanova O.R., Horev A.A. Research of the Telephone Set Protective from Acoustic Information Leakage Channels // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2019. Pp. 1786-1789. DOI: 10.1109/EIConRus.2019.8657091
12. Lukmanova O.R. et al. Research of the Analog and Digital Noise Generators Characteristics for Protection Device // 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2020. Pp. 2093-2096 DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039193
13. Лукманова О.Р. Моделирование контроля подверженности пьезоэлемента звонка акустоэлектрическим преобразованиям // Радиозэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – РЭУС-2021. 2021. С. 329-333
14. Lukmanova O.R., Horev A.A. Modeling the Acoustoelectric Effect in a Telephone Using COMSOL Multiphysics // Futuristic Trends in Network and Communication Technologies. Springer. 2021. Pp. 81-90. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-16-1483-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-16-1483-5_8)
15. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Математическое моделирование пассивного акустоэлектрического канала утечки акустической речевой информации в телефонном аппарате // Специальная техника. 2016. N 6. С. 56-63.
16. Lukmanova O.R. et al. Simulation of the Passive Protection Device in the Acoustoelectric Leakage Channel // 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2021. Pp. 2381-2384 DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396169

# RESEARCH OF THE PASSIVE INFORMATION PROTECTION DEVICE IN THE ACOUSTOELECTRIC LEAKAGE CHANNELS USING MATLAB ENVIRONMENT

Horev A.A.<sup>4</sup>, Lukmanova O.R.<sup>5</sup>, Surovenkov D.B.<sup>6</sup>

**Purpose:** design of the passive device of the speech information protection from acoustoelectric leakage channels and study of the characteristics of protection device using a virtual laboratory bench developed in the Matlab environment.

**Methods:** mathematical modeling using Matlab environment.

**Practical relevance:** designed in the Matlab modeling environment: an equivalent circuit of the telephone set, which makes it possible to simulate acoustoelectric information leakage channels, schematic diagrams of passive protection devices for telephone sets that implement protection methods: limiting low-amplitude signals, filtering high-frequency injection signals and disabling acoustoelectric transducers, a virtual laboratory stand for research of the characteristics of protective device. Using a virtual laboratory stand, the main characteristics of the developed protection devices were studied and their performance was assessed when connected to the telephone network.

**Keywords:** mathematical modeling, telephone set, acoustoelectric leakage channel of the speech information, technical leakage channel of the information, information protection device from acoustoelectric leakage channel, information security methods, virtual laboratory bench.

## References

1. Trilisskiy V. O. Tekhnicheskiye kanaly utechki recevoy informatsii // Inzhiniring i tekhnologii. 2019. T. 4. N 1. S. 40-42.
  2. Lukmanova O. R. Modelirovaniye kontrolya podverzhennosti telefonnogo apparata passivnym akustoelektricheskimi preobrazovaniyam pri razlichnykh tipovykh integral'nykh urovnyakh rechi // Radioelektronnyye ustroystva i sistemy dlya infokommunikatsionnykh tekhnologiy - REUS-2019. 2019. S. 297-302.
  3. Bogatkov V.N., Bochkareva T.O., Murashev P.M., Sanayeva G.N. Analiz akustoelektricheskikh preobrazovateley v sostave vspomogatel'nykh tekhnicheskikh sredstv i sistem // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii sistemnykh issledovaniy. Informatika, ekologiya, ekonomika. 2020. T. 22. S. 86-93.
  4. Karaush A. S. Obzor i analiz metodov povysheniya razborchivosti rechi v akustoelektricheskikh kanalakh utechki informatsii // Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2019. N 1. S. 100-113.
  5. Lukmanova O.R. Research of the Acoustoelectric Speech Information Leakage Channel Based on Acoustic Transducers // 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE. 2021. Pp. 2377-2380. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396632
  6. Lukmanova O.R., Khorev A.A. Issledovaniye akustoelektricheskogo effekta v telefonnom apparate v srede modelirovaniya COMSOL // Sovremennyye problemy radioelektroniki i telekommunikatsiy. 2020. N 3. S. 216.
  7. Khorev A.A., Lukmanova O.R. Issledovaniye kharakteristik aktivnogo sredstva zashchity telefonnogo apparata // Zashchita informatsii. Insayd – 2020. N 3. S. 82-88
  8. Khorev A.A., Lukmanova O.R. Issledovaniye kharakteristik passivnykh sredstv zashchity telefonnogo apparata // Zashchita informatsii. Insayd – 2021. N 1. S. 8-14
  9. Lukmanova O.R., Horev A.A. Modelling the Acoustoelectric Leakage Channel of Speech Information in a Telephone Set // 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2017. Pp. 493-495. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910599
  10. Lukmanova O.R., Horev A.A. Simulation of the «High Frequency Injection» Method in a Telephone Set // 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2018. Pp. 1542-1544. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317392
  11. Lukmanova O.R., Horev A.A. Research of the Telephone Set Protective from Acoustic Information Leakage Channels // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2019. Pp. 1786-1789. DOI: 10.1109/EIConRus.2019.8657091
- 
- 4 Anatoly Horev, Dr.Sc. (Eng.), Professor, Department Chairman of Department information security, National Research University of Electronic Technology, Moscow, Zelenograd, Russia. E-mail: horev@miee.ru.
  - 5 Oksana Lukmanova, postgraduate of Department of information security, National Research University of Electronic Technology, Moscow, Zelenograd, Russia. E-mail: oksanlukman@yandex.ru, ORCID ID:0000-0002-8876-427X.
  - 6 Dmitry Surovenkov, Russian Defense Ministry employee, Moscow, Russia. E-mail: dimasurovenkov@yandex.ru

12. Lukmanova O.R. et al. Research of the Analog and Digital Noise Generators Characteristics for Protection Device // 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2020. Pp. 2093-2096 DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039193
13. Lukmanova O.R. Modelirovaniye kontrolya podverzhennosti p'yezoelementa zvonka akustoelektricheskimi preobrazovaniyam // Radioelektronnyye ustroystva i sistemy dlya infokommunikatsionnykh tekhnologiy – RUES-2021. 2021. S. 329-333
14. Lukmanova O.R., Horev A.A. Modeling the Acoustoelectric Effect in a Telephone Using COMSOL Multiphysics // Futuristic Trends in Network and Communication Technologies. Springer. 2021. Pp. 81-90. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-16-1483-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-16-1483-5_8)
15. Khorev A.A., Lukmanova O.R. Matematicheskoye modelirovaniye passivnogo akustoelektricheskogo kanala utechki akusticheskoy rechevoy informatsii v telefonnom apparate // Spetsial'naya tekhnika. 2016. N 6. S. 56-63.
16. Lukmanova O.R. et al. Simulation of the Passive Protection Device in the Acoustoelectric Leakage Channel // 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2021. Pp. 2381-2384 DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396169

