

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Защита информации от утечки по техническим
каналам»
для студентов специальности 10.05.01 «Компьютерная
безопасность» (специализация «Информационно-
аналитическая и техническая экспертиза компьютерных
систем»)

Ставрополь
2026

Лабораторные работы № 1 – 3.

Исследование сигнальных демаскирующих признаков радиоэлектронных средств

Цель работы: исследование сигнальных демаскирующих признаков радиоэлектронных средств.

Теоретическая часть

Известно, что основной объем охраняемой информации в настоящее время добывается негласно с помощью современных технических средств радиоэлектронной разведки. Этому способствуют высокие уровни развития технологий в различных областях техники, позволяющие создавать высокоэффективные автономные автоматические средства добывания информации в портативном, миниатюрном и сверхминиатюрном исполнении. Широкий класс создаваемых портативных устройств дает возможность использования разнообразных способов их применения с учетом различных ограничений по территориальной доступности (внутри кабинета или служебного помещения, на охраняемой территории учреждения или закрытого объекта, за пределами охраняемой территории объекта и т.п.).

Радиоэлектронная разведка базируется на временном или спектральном анализе перехватываемых сигналов. Технология радиоразведки (РР) при этом сводится к следующему:

- перехват (регистрация) сигнала;
- обработка (анализ) перехваченных сигналов;
- восстановление информации, содержащейся в перехваченных сигналах, и ее анализ.

Однако радиоразведке, как правило, предшествует радиотехническая разведка (РТР) по получению информации о параметрах радиосигналов (сигнальных признаках), поскольку для согласования радиоприемника разведывательного средства с передатчиком сигнала необходимо знать его параметры.

Следовательно, задача защиты сигнальной признаковой информации решается, прежде всего, путем проведения мероприятий по предотвращению процедур обнаружения и распознавания радиоэлектронных средств (РЭС) по их признакам.

Таким образом, для обеспечения защиты информации, циркулирующей в технических средствах обработки, хранения и передачи информации, необходимо знать и уметь выявлять сигнальные демаскирующие признаки этих РЭС, а также оценивать возможности средств РТР по обнаружению функциональных и опасных сигналов.

Исходя из этого, в первом учебном вопросе с помощью математической модели исследуется величина вероятности обнаружения РЭС по мощности излучаемого сигнала аппаратурой РТР, а во втором вопросе путем технологии схмотехнического моделирования в программе «Electronics Workbench» исследуются демаскирующие признаки модулированных сигналов.

1. Определение вероятности обнаружения радиоэлектронного средства аппаратурой радиотехнической разведки

Оценка возможностей радиоразведки по отношению к конкретному РЭС включает два этапа:

- 1) Определение возможности добывания разведданных об объекте с помощью различных технических средств разведки (ТСР) в заданных условиях.
- 2) Определение качества этих данных.

Для оценки возможностей ТСР используются следующие показатели:

- вероятность обнаружения РЭС;
- вероятность распознавания РЭС;
- дальность действия технических средств разведки (ТСР);
- точность определения местоположения РЭС и ошибки измерения его параметров;
- вероятность ошибки воспроизведения перехваченных сообщений.

Вероятность обнаружения является количественным показателем возможности получения разведанных рассматриваемым средством разведки в заданных условиях. **Вероятность обнаружения сигнала характеризует** возможность ТСР за определенный временной интервал наблюдения при фиксированной (допустимой) вероятности ложного обнаружения (ложной тревоги РЛТ) осуществлять выделение сигнала на фоне шума, действующего на входе приемного устройства, без определения параметров сигнала. Числовое значение этого показателя при его сопоставлении с нормативным уровнем позволяет оценить степень опасности средств разведки в конкретной разведывательной ситуации и исключить из дальнейшего рассмотрения неопасные средства разведки.

Расчет вероятности обнаружения конкретного РЭС связан с выявлением средств разведки, с помощью которых возможно добывание разведанных о нем и исключением из дальнейшего рассмотрения средств разведки, с помощью которых в заданных условиях никаких данных получить нельзя.

После выявления средств разведки, обеспечивающих обнаружение РЭС, проводится оценка качества добываемых разведанных. При этом различные по характеру разведанные оцениваются различными показателями.

Вероятность распознавания является количественным показателем достаточности добываемых разведанных для классификации РЭС по типам или их описаниям.

Под дальностью действия систем разведки понимается максимальное расстояние между приемником ТСР и передатчиком РЭС, при котором обнаружение и измерение координат РЭС осуществляется с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги ($W_{по}$ и $W_{лт}$) или измерение его параметров с заданной среднеквадратической погрешностью.

Определение местоположения и величин ошибок измерения параметров объекта является количественным показателем точности и достоверности разведанных, получаемых в виде числовых характеристик РЭС. Этот **показатель характеризует** степень соответствия между измеренными и действительными значениями параметров РЭС и для всех параметров определяется как средний квадрат разности между этими значениями.

Расчет ошибок измерения параметров РЭС позволяет оценить возможность использования полученных разведанных для аналитического определения тактико-технических характеристик РЭС, для идентификации РЭС по их известным сигнальным демаскирующим признакам, для выявления индивидуальных признаков и поэлементного распознавания РЭС, а также оценить возможность правильной привязки разнородных радиоданных к конкретным РЭС.

Вероятность ошибки воспроизведения перехваченных сообщений **служит** количественным показателем достоверности сообщений, полученных в процессе радиоперехвата. В зависимости от вида сообщения **в качестве показателя вероятности (достоверности) используется** либо среднеквадратическое отклонение перехваченного сообщения от переданного, либо вероятность ошибки, характеризующая процент неверно воспроизведенных элементов сообщения (слов, цифр, букв). При расчете этих показателей наряду с пространственно-энергетическими условиями приема сигнала учитываются особенности его обработки при восстановлении передаваемого сообщения.

Для каждого типа аппаратуры используются только определенные показатели. Для проведения оценки возможности аппаратуры необходимы данные по объекту разведки, по аппаратуре разведки, по условиям ведения разведки.

Рассмотрим подробнее общий подход к оценки возможностей разведки по вероятности обнаружения.

Обнаружением РЭС с помощью аппаратуры разведки называется процесс принятия решения о наличии или отсутствии РЭС в данной области пространства в результате приема и обработки его сигналов.

Прием сигналов всегда происходит на фоне помех того или иного вида (собственные шумы приемника, радишумы космического пространства, отражение от гидрометеоров, земной поверхности и др.). Наличие помех приводит к искажению передаваемых сигналов и к возникновению ошибок в оценке обстановки. **При обнаружении возможны четыре ситуации.**

Во-первых, если РЭС действительно имеется и сигналы поступают при наличии помех, то по данным разведки наблюдателем **могут быть приняты два решения**: первое – **РЭС есть** и второе – **РЭС нет**. **Первый случай** (т.е. принятие решения о том, что РЭС есть при наличии РЭС в действительности) **называется правильным обнаружением РЭС**. **Второй случай** (принятие решения об отсутствии РЭС в то время, как РЭС есть) **называется пропуском РЭС**. Возможность неопределенного ответа - "неизвестно, есть ли РЭС или его нет" - исключается.

Во-вторых, если объекта нет, то при наличии помех также **возможны два решения**: **РЭС есть** и **РЭС нет**. В этом случае принятие решения о наличии объекта (когда его в действительности нет) называется **ложной тревогой**, а решение об отсутствии объекта – **правильным необнаружением**.

Пропуск РЭС и ложная тревога являются ошибками при обнаружении РЭС. Так как в общем случае сигналы и помехи являются случайными функциями времени, то принятие того или иного решения носит случайный характер. Поэтому **возможность возникновения перечисленных ситуаций принято характеризовать соответствующими вероятностями**: вероятностью правильного обнаружения $W_{по}$, пропуска $W_{пр}$, ложной тревоги $W_{лт}$ и правильного необнаружения $W_{пн}$.

Правильное обнаружение и пропуск РЭС (при наличии объекта в действительности) образуют полную группу несовместимых событий, поэтому

$$W_{по} + W_{пр} = 1. \quad (1)$$

Точно так же ложная тревога и правильное необнаружение образуют полную группу несовместимых событий при отсутствии РЭС

$$W_{лт} + W_{пн} = 1. \quad (2)$$

Рассмотренные четыре вероятности являются условными, т.к. они характеризуют события, происходящие при условии наличия или отсутствия РЭС. В реальных условиях работы станции разведки мы не можем заранее знать, имеются ли РЭС в просматриваемой области пространства или их там нет.

Обозначим вероятность наличия РЭС в интересующий нас области пространства через $W(P)$, а вероятность отсутствия РЭС через $W(O)$.

Четыре указанных события также составляют полную группу несовместимых событий, поэтому

$$W(P) \times W_{по} + W(P) \times W_{пр} + W(O) \times W_{лт} + W(O) \times W_{пн} = 1, \quad (3)$$

где:

$W(P) \times W_{по}$ – безусловная вероятность правильного обнаружения РЭС,

$W(P) \times W_{пр}$ – безусловная вероятность пропуска РЭС,

$W(O) \times W_{лт}$ – безусловная вероятность ложной тревоги обнаружения РЭС,

$W(O) \times W_{пн}$ – безусловная вероятность правильного необнаружения РЭС.

Оптимальным устройством обнаружения будет такое устройство, с помощью которого может быть достигнуто лучшее (по сравнению с другими) значение выбранного критерия при прочих равных условиях. Наиболее употребляемыми являются три критерия: критерий идеального наблюдателя, критерий Неймана-Пирсона, критерий последовательного анализа.

В соответствии с **критерием идеального наблюдателя** оптимальное устройство обнаружения должно обеспечивать минимум суммарной безусловной вероятности ошибок обнаружения, т.е.

$$W_{ош} = W(P) \times W_{пр} + W(O) \times W_{лт} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Критерий идеального наблюдателя применяется для систем радиосвязи, когда вероятности $W(P)$ и $W(O)$ известны априори. Относительная частота появления ошибок определяется априорными вероятностями $W(P)$ и $W(O)$ соответственно. Поэтому средняя вероятность общей (суммарной) ошибки равна

$$W_{ош} = W(P) \times W_{пр} + W(O) \times W_{лт}, \quad (5)$$

а вероятность правильного обнаружения сигнала равна $W_{по} = 1 - W_{пр}$.

В соответствии с **критерием Неймана-Пирсона**, оптимальное устройство характеризуется максимумом разности

$$W_{по} - W_{лт} \rightarrow \max, \text{ при } W_{лт} \leq (W_{лт})_{доп}. \quad (6)$$

Следовательно, оптимальный характер критерия Неймана-Пирсона состоит в том, что он максимизирует вероятность правильного обнаружения при фиксированной вероятности ложной тревоги.

В приемном устройстве, с помощью которого производится обнаружение сигналов, осуществляется определение апостериорных вероятностей различных сообщений (например, сообщение – есть РЭС или его нет) и указание в качестве решения на то сообщение, вероятность которого больше остальных. Основными характеристиками устройства, используемыми для обнаружения сигналов, являются рабочие характеристики приемника.

Рабочая характеристика приемника (обнаружителя) представляет зависимость $W_{по}$ от отношения сигнал/шум на входе обнаружителя (q) для заданного значения $W_{лт}$.

На рис. 1 представлены соответствующие зависимости для обнаружителя, описываемого соотношением

$$W_{по} = \frac{q - \bar{\Phi}(1 - W_{лт})}{\sqrt{1 + q}}, \quad (7)$$

где $\bar{\Phi}(1 - W_{лт})$ - интеграл вероятности для случая узкополосного импульсного сигнала.

Таким образом, рассчитав соотношение сигнал/шум в точке приема и зная $W_{лт}$, можно определит $W_{по}$.

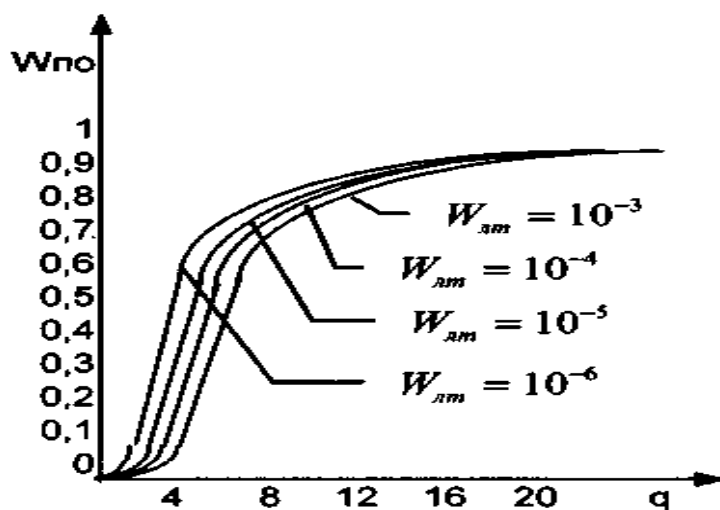


Рис. 1 – Зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум

Итак, в качестве показателя для оценки возможностей средств радиоразведки по перехвату информации наиболее часто используется вероятность обнаружения сигнала средством разведки P_o .

Методика расчета вероятности обнаружения аппаратурой РТР

Для расчета вероятности обнаружения W_o излучения РЭС аппаратурой РТР необходимы следующие исходные данные (при этом рассматривается только случай прямой видимости, например, УКВ радиосвязь, сотовая телефония).

1. Данные по объекту обнаружения, т.е. РЭС:
 - мощность передатчика РЭС ($P_{изл}$);
 - коэффициент направленного действия (КНД) антенны РЭС в направлении аппаратуры разведки (G_o);
 - длина волны излучения (λ).
2. Данные по аппаратуре радиотехнической разведки:
 - вероятность ложной тревоги ($W_{лт}$);
 - предельная чувствительность приемника ($P_{пр}$);
 - КНД антенны приемника ($G_{пр}$).
3. Данные по условиям ведения разведки:
 - дальность между РЭС и приемником РТР (D).

При наличии перечисленных исходных данных расчет производится в следующем порядке.

Предварительно определяется эквивалентная мощность передатчика РЭС ($P_{экв}^{изл}$) и эквивалентная чувствительность разведывательного приемника ($P_{экв}^{пр}$)

$$P_{экв}^{изл} = P_{изл} \cdot G_o, \quad P_{экв}^{пр} = \frac{P_{пр}}{G_{пр}}, \quad (8)$$

Затем рассчитывается вероятность W_o по формулам

$$W_o = W_{лт}^{\frac{1}{1+0.5 \cdot r^2}}, \quad r^2 = \frac{\lambda^2}{64 \cdot \pi^2} \cdot \frac{P_{экв}^{изл}}{P_{экв}^{пр} \cdot D^2}, \quad (9)$$

Дальность действия технических средств разведки

При ведении пассивной РЭР (РР и РТР) радиосигнал от объекта разведки (излучателя) распространяется к разведывательному приемнику. В этом случае мощность радиосигнала на входе приемника определяется формулой

$$P_{с\,вх} = \frac{P_{изл} \cdot G_o \cdot S_{эф}}{4\pi \cdot D^2}, \quad (10)$$

где: $P_{изл}$ – мощность излучателя; G_o – коэффициент усиления антенны; $S_{эф}$ – эффективная площадь приемной антенны $S_{эф} \approx (0.5 \div 0.7) \times S_{геом}$; $S_{геом}$ – геометрическая площадь приемной антенны; D – расстояние до разведываемого объекта.

Для средств разведки этот сигнал наблюдается на фоне естественных и внутренних шумов приемника. При этом мощность шума определяется как

$$P_{ш} = N_o \times \Delta f_{пр},$$

где N_o – спектральная плотность шума; $\Delta f_{пр}$ – полоса пропускания приемника.

Для требуемого отношения q_o сигнал/шум на выходе приемника максимальная дальность действия средства разведки равно

$$D_{\text{макс}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P_{\text{изл}} \cdot G_0 \cdot S_{\text{эф}}}{\pi \cdot q_0 \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \Delta f_{\text{пр}} \cdot N_0}}, \quad (11)$$

где: $\alpha_{\text{п}}$ – потери в отношении сигнал/шум в тракте приемника.

Реальная дальность действия средств разведки меньше $D_{\text{макс}}$, что обусловлено поглощением энергии излучения при распространении радиоволн в атмосфере. Реальная дальность действия уменьшается по сравнению с $D_{\text{макс}}$ в $\sqrt{0.5\alpha_{\text{пг}}}$ раз, где $\alpha_{\text{пг}}$ – коэффициент поглощения сигнала в атмосфере.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

– ПЭВМ с программным математическим редактором «Mathcad Professional», версия 14 и программным редактором схематического моделирования «Electronics Workbench», версия 5.12.

2. Требования безопасности при выполнении работы:

I. Перед началом выполнения лабораторной работы:

1. Изучить оборудование и рабочее место.
2. Получить разрешение к выполнению лабораторных работ от руководителя занятий или лаборанта.

II. Во время выполнения лабораторных работ:

Убедиться, что на измерительных приборах переключатели установлены в исходном положении ручек, на минимальное напряжение и максимальные пределы измерения.

Включать питающие напряжения и собранные схемы только после разрешения руководителя занятий или лаборанта и предупреждения всех работающих.

Проверять наличие питающих напряжений и проводить измерения электрических величин только с помощью соответствующих измерительных приборов, одной рукой, после установки на них максимально ожидаемого результата и рода измеряемой величины.

ВНИМАНИЕ!

- Не прикасаться к открытым токоведущим частям, проводникам, клеммам и зажимам, не облакачиваться на приборы, не прикасаться к батареям, не отвлекаться от измерений, не производить изменений в схеме и не оставлять без наблюдения цепь, находящуюся под напряжением.

- При работе с катушками индуктивности и конденсаторами не трогать их и соединительные провода, так как вследствие резонанса могут возникнуть большие токи и напряжение.

- При обнаружении неисправностей в измерительных приборах **немедленно** отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

III. По окончании выполнения лабораторных работ:

1. Докладать руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
2. Обесточить собранные схемы, разобрать их (если это предусмотрено) и выключить контрольно-измерительные приборы.
3. Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

ПРИ РАБОТЕ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- производить самостоятельное включение автоматов защиты, заменять предохранители, устранять неисправности и повреждения;
- проводить какие-либо переключения, соединения, не предусмотренные инструкциями по выполнению лабораторных работ.

ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ:

- немедленно отключить автоматы защиты, доложить руководителю занятий и

действовать согласно его указаний;

- при поражении электрическим током оказать первую помощь в соответствии с принятой методикой до прибытия врача.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ:

- лица, нарушившие требования инструкции отстраняются от выполнения лабораторных работ и допускаются только после сдачи зачета по правилам и мерам безопасности;
- при выводе из строя приборов и оборудования лаборатории по вине лица, проводившего работы и в случае нарушения требования инструкции, они несут материальную ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ.

3. Задание для работы

- 1) Составить и отладить программу методики расчета вероятности обнаружения в «Mathcad Professional».
- 2) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от мощности излучения.
- 3) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от КНД приемной антенны.
- 4) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от длины волны.
- 5) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от вероятности ложной тревоги.
- 6) Составить и отладить программу расчета дальности обнаружения РЭС в «Mathcad Professional».
- 7) Исследовать зависимость дальности обнаружения РЭС от мощности шума.
- 8) Произвести индивидуальные исследования, используя исходные данные согласно варианту, указанному преподавателем.
- 9) Оформить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 1.1. Составить и отладить программу методики расчета вероятности обнаружения в «Mathcad Professional».

- 1) В редакторе «Mathcad Professional» ввести формулы (8) – (9), описывающие методику расчета вероятности обнаружения РЭС для аппаратуры РТР.
- 2) Ввести исходные данные, приведенные в таблице 1, для которых вероятность обнаружения РЭС W_0 должна равняться 0,9. Сравнивая полученный результат с требуемым, убедится в правильности введенных формул методики.

Таблица 1 – Исходные данные.

$P_{изл}$, Вт	G_0	λ , м	D , м	$W_{ЛТ}$	$P_{ПР}$, Вт	$G_{ПР}$
2	1	0,33	$6,4 \times 10^3$	10^{-3}	2×10^{-12}	10

Задание 1.2. Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от мощности излучения.

- 1) Изменить дальность между передатчиком РЭС и приемником ТСП, установив ее равной 3×10^3 м.
- 2) Рассчитать значения W_0 при мощности передатчика, равной 0,1 Вт; 0,5 Вт; 1 Вт; 1,5 Вт; 2 Вт; 3 Вт; 5 Вт.
- 3) Построить и проанализировать график зависимости вероятности обнаружения РЭС от мощности излучения.

Задание 1.3. Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от КНД приемной антенны, имеющей нормированную диаграмму направленности, представленную на рис. 2.

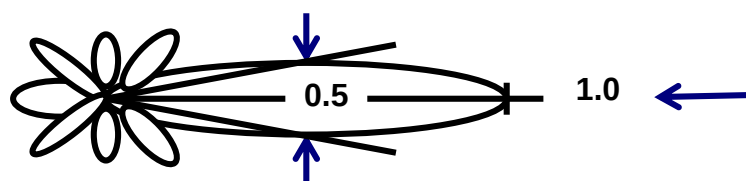


Рис. 2 – Диаграмма направленности приемной антенны

- 1) Установить изначальные исходные данные.
- 2) Рассчитать значения W_0 при КНД приемной антенны, равной:
 - 0,1 (т.е. антенна ориентирована на РЭС минимумом диаграммы направленности);
 - 2 (т.е. антенна ориентирована на РЭС задним лепестком диаграммы);
 - 3 (т.е. антенна ориентирована на РЭС передним боковым лепестком диаграммы);
 - 5 (т.е. антенна ориентирована на РЭС под углом, соответствующим 0,5 максимального уровня диаграммы);
 - 10 (т.е. антенна точно ориентирована на РЭС основным лепестком по максимуму диаграммы).

3) Построить и проанализировать график зависимости вероятности обнаружения РЭС от КНД приемной антенны.

Задание 1.4. Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от длины волны.

- 1) Установить изначальные исходные данные.
- 2) Рассчитать значения W_0 при длинах волн, соответствующих частотам 450 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 2400 МГц, 5000 МГц, 10000 МГц.
- 3) Построить и проанализировать график зависимости вероятности обнаружения РЭС от значений длины волны.

Задание 1.5. Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от вероятности ложной тревоги.

- 1) Установить изначальные исходные данные.
- 2) Рассчитать значения W_0 при значениях вероятности ложной тревоги $W_{лт}$, равных 10^{-12} ; 10^{-9} ; 10^{-6} ; 10^{-5} ; 10^{-4} ; 10^{-3} ; 10^{-2} ; 10^{-1} .
- 3) Построить и проанализировать график зависимости вероятности обнаружения РЭС от значений вероятности ложной тревоги.

Задание 1.6. Составить и отладить программу расчета дальности обнаружения РЭС в «Mathcad Professional».

- 1) В редакторе «Mathcad Professional» ввести формулы (10) – (11), описывающие методику расчета дальности обнаружения РЭС для аппаратуры РТР.
- 2) Установить изначальные исходные данные, предназначенные для предыдущей методики.

3) Ввести дополнительные исходные данные, приведенные в таблице 2, для которых максимальная дальность обнаружения РЭС $D_{\max}$ должна равняться 6 км. Сравнивая полученный результат с требуемым, убедиться в правильности введенных формул методики.

Таблица 2 – Дополнительные исходные данные.

$S_{ГЕОМ}$, м ²	q_0	N_0 , Вт/Гц	Δf_{np} , Гц	$\alpha_{п}$
0,64	10	10^{-15}	84000	2

Задание 1.7. Исследовать зависимость дальности обнаружения РЭС от мощности шума.

- 1) Рассчитать значения $D_{\max}$ от величин мощности шума, пропорциональных ширине полосы пропускания приемника, равной 3100 Гц, 15000 Гц, 84000 Гц, 200000 Гц.
- 2) Построить и проанализировать график зависимости дальности обнаружения РЭС от значений мощности шума.
- 3) Рассчитать максимальную мощность излучения передатчика, при которой РЭС может быть обнаружено только в пределах контролируемой зоны, равной 0,5 км.

Задание 1.8. Произвести индивидуальные исследования, используя исходные данные из таблицы 3 согласно варианту, указанному преподавателем. В ходе этих исследований рассчитать:

- зависимость вероятности обнаружения РЭС от изменения его мощности излучения при заданной длине волны;
- зависимости вероятности обнаружения РЭС от изменения длины волны при заданной мощности излучения;
- значение максимальной дальности обнаружения РЭС средствами РТР от мощности шума, создаваемой в заданной полосе пропускания;
- значение максимальной мощности излучения передатчика, при которой РЭС может быть обнаружено только в пределах контролируемой зоны для полосы пропускания 81200 Гц.

Таблица 3 – Исходные данные для индивидуального задания.

№ варианта	$P_{изл}$, Вт	f, МГц	$\Delta f_{пр}$, Гц	$D_{КЗ}$, м
1.	1	890	4000	900
2.	1,2	895	7000	800
3.	1,4	905	12500	700
4.	1,5	910	14000	600
5.	1,7	915	20000	750
6.	1,8	935	22500	850
7.	0,9	940	25000	950
8.	0,8	945	42000	550
9.	0,75	950	56000	1000
10.	0,7	960	80000	650
11.	0,6	955	100000	1050
12.	1,3	885	120000	1100

Задание 1.9. Оформить отчет о выполнении лабораторной работы. В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- математическую модель (методику), на базе которой проводилось лабораторные исследования;
- графики зависимости вероятности обнаружения РЭС от изменения его мощности излучения, КНД приемной антенны, длины волны и вероятности ложной тревоги;
- графики зависимости максимальной дальности обнаружения РЭС средствами РТР от мощности шума;
- значение максимальной мощности излучения передатчика, при которой РЭС может быть обнаружено только в пределах контролируемой зоны.
- по результатам работы сделать выводы о влиянии сигнальных демаскирующих признаков и параметров РЭС на вероятность их обнаружения W_o .

Задание 4.10. Защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

2 – 3. Моделирование и исследование сигнальных демаскирующих признаков работы радиопередатчиков

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Распознавания радиоэлектронных средств (РЭС) осуществляется по их сигнальным демаскирующим признакам. Для уяснения этого рассмотрим понятие сигнала и классификацию сигналов.

Под **сигналом** понимается распространяющийся в пространстве носитель с информацией, содержащейся в значениях его физических параметров. К ним относятся:

электромагнитные поля и электрический ток от созданных человеком источников сигналов, таких как радиоэлектронные средства, устройства и приборы.

Классификация сигналов представлена на рис. 3.

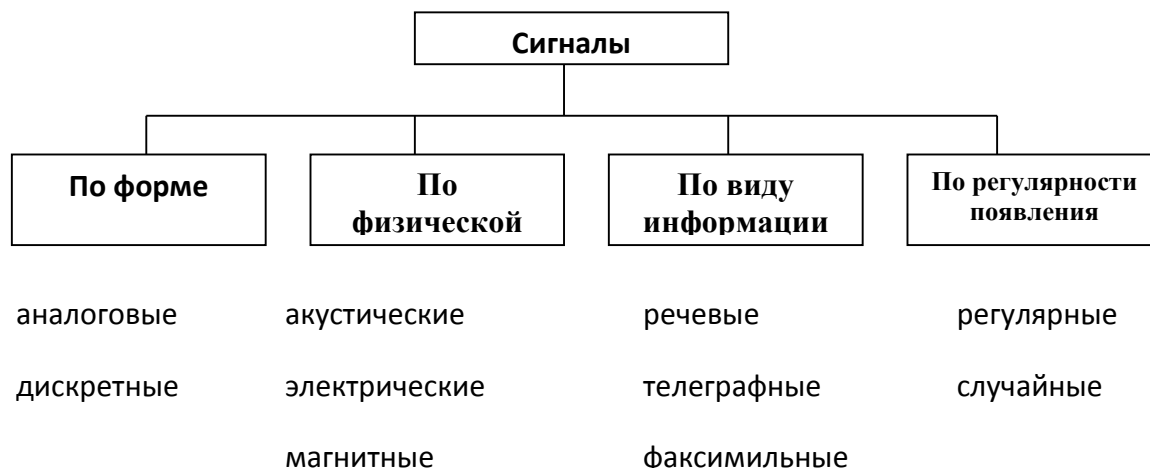


Рис. 3 – Классификация сигналов

К аналоговым сигналам относятся сигналы, уровень (амплитуда) которых может принимать произвольные значения в определенном для сигнала интервале. Амплитуда простого и достаточно распространенного в природе гармонического сигнала изменяется по синусоидальному закону:

$$s(t) = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (12)$$

где A – амплитуда, $\omega = 2\pi f$ круговая частота колебания, φ – фаза колебания. Частота f измеряется в Гц и называется линейной.

Большинство аналоговых сигналов имеют более сложную форму. Периодические (повторяющиеся через время T_n – период) сигналы произвольной формы могут быть представлены в соответствии с формулой Фурье в виде суммы гармонических колебаний:

$$s(t) = C_0 + \sum_{k=1}^n C_k \cos(k\omega t - \varphi_k), \quad (13)$$

где C_0 – постоянная составляющая сигнала; C_k – амплитуда k -й гармоники сигнала ($k=1, 2, \dots, n$); $k\omega$ и φ_k – частота и фаза k -й гармоники сигнала.

Ряд Фурье представляет собой математическую модель периодического сигнала, также как любой цвет может быть разложен на составляющие красного, зеленого и синего цветов.

Совокупность гармонических составляющих сигнала образуют его спектр. Амплитуда каждой спектральной составляющей характеризует энергию соответствующей гармоники основной частоты сигнала. Чем выше скорость изменения амплитуды сигнала, тем больше в его спектре высокочастотных гармоник. Разность между максимальной и минимальной частотами спектра сигнала, между которыми сосредоточено основная часть, например, 95% энергии, называется **шириной спектра** ΔF . Графическое изображение спектра периодического сигнала представлено на рис. 4.

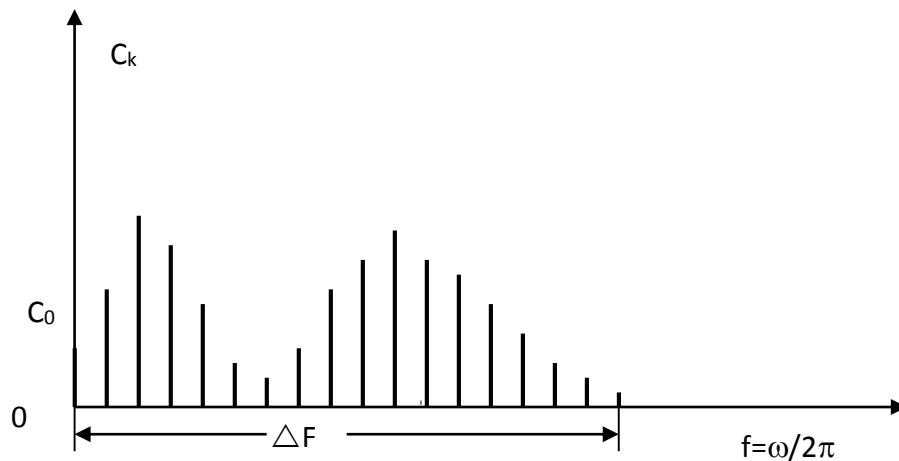


Рис. 4 – Спектр периодического многотонального аналогового сигнала

Частоты составляющих спектра непериодического аналогового сигнала непрерывно меняются. При наблюдении спектра такого сигнала на экране анализатора спектра положение и уровень различных спектральных составляющих непрерывно меняются, и спектр выглядит как сплошной.

В соответствии с изменением амплитуды аналогового сигнала меняется его энергия или мощность (так как мощность пропорциональна квадрату амплитуды). В зависимости от времени измерения энергии сигнала различают среднюю и мгновенную мощность. Десятичный логарифм отношения максимальной мощности сигнала к минимальной называется **динамическим диапазоном сигнала**.

Таким образом, **аналоговый сигнал описывается набором параметров, являющихся его признаками**. К ним относятся:

- частота или диапазон частот;
- фаза сигнала;
- длительность сигнала;
- амплитуда или мощность сигнала;
- ширина спектра сигнала;
- динамический диапазон сигнала.

У дискретных сигналов амплитуда имеет конечный, заранее определенный набор значений. Наиболее широко применяется двоичный (бинарный) дискретный сигнал: в ЭВМ, в телеграфии, при передаче данных. Информационные сигналы, циркулирующие в ЭВМ IBM PC, имеют два уровня амплитуды: низкий (L-уровень, 0 В) и высокий (H-уровень, 5 В). Осциллограмма бинарного сигнала показана на рис. 5.

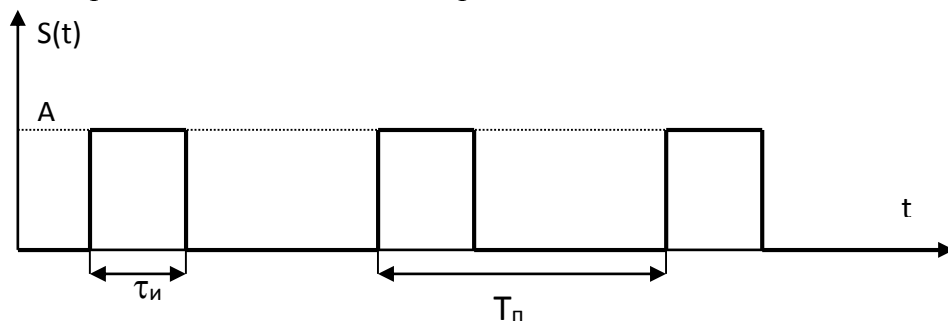


Рис. 5 – Осциллограмма бинарного сигнала

Дискретный сигнал характеризуется следующими параметрами:

- амплитудой A или мощностью P ;
- длительностью импульса $\tau_{и}$;
- периодом T_n или частотой $F_n = 1/T_n$ повторения импульсов (для периодических дискретных сигналов);

- шириной спектра сигнала ΔF_c ;
- скважностью импульсов $\alpha = T_n/\tau_u$.

Спектр дискретного периодического сигнала содержит бесконечное количество убывающих по амплитуде гармоник. Для бинарного периодического сигнала фрагмент спектра показан на рис. 6.

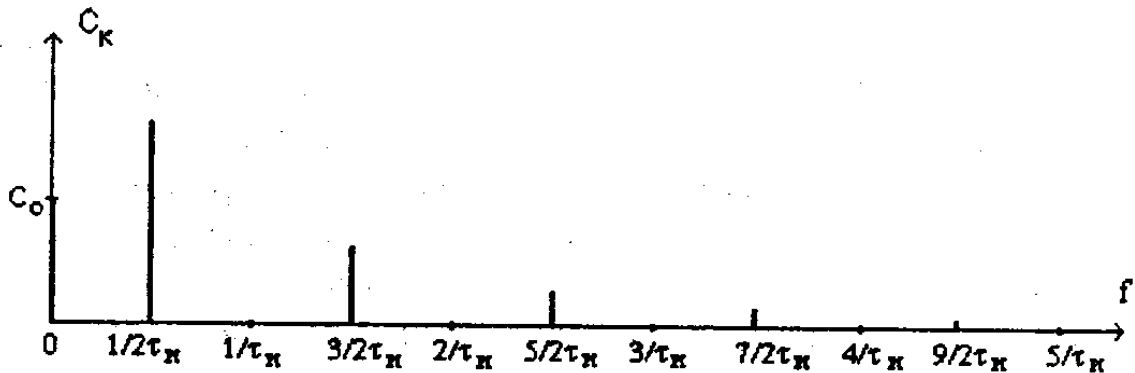


Рис. 6 – Спектр бинарного периодического сигнала со скважностью 2

Он характеризуется следующими свойствами:

- форма огибающей спектра описывается функцией $|\sin x/x|$;
- амплитуда гармоник C_k имеет нулевое значение в точках k/τ_u , $k=1,2,\dots$;
- в области частот спектра $(0-1/\tau_u)$ располагаются $\alpha-1$ гармоник;
- постоянная составляющая сигнала равна A/α .

Учитывая, что большая часть энергии сигнала сосредоточена в области частот $0-1/\tau_u$, **ширина спектра бинарного периодического сигнала** приблизительно оценивается по формуле: $\Delta F = 1/\tau_u$.

При прохождении дискретных сигналов по реальным электрическим цепям радиотехнических средств с ограниченной полосой пропускания их форма искажается и крутизна склона импульса уменьшается. Прямоугольный импульс приобретает колоколообразную форму. В результате этого размывается граница между формой аналогового и дискретного сигналов. Искажения формы и уменьшение амплитуды импульсных сигналов в проводах кабелей ограничивают дальность их передачи, например, для обеспечения межмашинного обмена данными в локальных сетях.

По физической природе сигналы могут быть акустическими, электрическими, магнитными, электромагнитными (в радиодиапазоне — радиосигналы), корпускулярными (в виде потоков элементарных частиц) и материально-вещественными, например, пахучие добавки в газ подают сигнал об его утечке.

Сигналы по виду передаваемой информации делятся на речевые, телеграфные, телекодовые, факсимильные, телевизионные, о радиоактивных излучениях и условные. Телеграфные и телекодовые сигналы используются для передачи буквенно-цифровой информации с низкой и высокой скоростью соответственно. Факсимильные и телевизионные сигналы обеспечивают передачу неподвижных и подвижных изображений. Сигналы радиоактивных излучений являются демаскирующими признаками радиоактивных веществ. Условные сигналы несут информацию, содержание которой предварительно определено между ее источником и получателем, например, горшок с цветком на подоконнике в литературных произведениях о разведчиках — о провале явки.

Вид информации, содержащей в сигнале, изменяет его демаскирующие признаки: форму, ширину спектра, частотный и динамический диапазон. Например, стандартный речевой сигнал, передаваемый по телефонной линии, имеет ширину спектра 300 – 3400 Гц, звуковой – 16 – 20000 Гц, телевизионный – 6 – 8 МГц и т. д. Произведение $B = \Delta F_c \tau_c$

называется базой сигнала. Если $B \approx 1$, то сигнал узкополосный, при $B \gg 1$ – сигнал широкополосный.

По времени проявления сигналы могут быть регулярными, время появления которых получателю информации известно, например, сигналы точного времени, и случайные, когда это время неизвестно. Статистические характеристики проявления случайных сигналов во времени могут представлять собой достаточно информативные демаскирующие признаки источников, прежде всего, об их принадлежности и режимах функционирования. *Например, появление в помещении радиосигнала во время ведения в нем разговоров может с достаточно высокой вероятностью служить демаскирующим признаком закладного устройства с акустическим автоматом.*

В данной лабораторной работе исследуются сигнальные демаскирующие признаки наиболее часто применяемых сигналов, к которым относятся амплитудно-модулированные, квадратурно-модулированные, частотно-модулированные, амплитудно-манипулированные, частотно-модулированные и фазомодулированные сигналы.

Приведенные сигналы подробно рассмотрены в лекции №4, за исключением гауссовского частотно-манипулированного сигнала с минимальным сдвигом (GMSK), который рассмотрим здесь.

В цифровой сотовой связи в стандарте GSM используется **гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом** (Gaussian Minimum Shift Keying – GMSK). Это разновидность частотной модуляции, предназначенные для передачи дискретных (цифровых) сигналов. Английский термин Shift Keying, переводится обычно как манипуляция, в буквальном смысле означает переключение сдвигом или переключение скачком, т.е. дискретное переключение. При этом термин «минимальный сдвиг» относится к сдвигу частоты.

Суть гауссовской манипуляции состоит в следующем. Несущая частота дискретно – через интервалы времени, кратные периоду T битовой модулирующей последовательности, – принимает значения одну из двух значений частоты

$$f_H = f_0 - \frac{F}{4} \quad \text{или} \quad f_B = f_0 + \frac{F}{4}, \quad (14)$$

где: f_0 – центральная частота используемого частотного канала, $F=1/T$ – частота битовой последовательности.

Минимально возможным разном частот, при котором обеспечивается ортогональность колебаний частот f_B и f_H , т.е. разность фаз, равная π , является равным

$$\Delta f = f_B - f_H = F/2. \quad (15)$$

Поскольку модулирующая частота в этом случае равна $F/2$, а девиация частоты $F/4$, индекс частотной модуляции составляет

$$m = \left(\frac{F/4}{F/2} \right) = 0.5. \quad (16)$$

Термин «гауссовская» соответствует дополнительной фильтрации модулирующей битовой последовательности относительно узкополосным гауссовским фильтром. Преимущество данного вида модуляции в том, что он имеет минимальный уровень излучения на боковых и зеркальных частотах, то есть не мешает другим пользователям радиоэфира, поскольку имеет минимальную ширину спектра. При этом плотность информации – 1 бит на символ или на герц.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

– ПЭВМ с программным редактором схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

2. Требования безопасности при выполнении работы приведены на стр. 8.

3. Задание для работы

- 1) Исследовать сигнальные демаскирующие признаки амплитудно- и частотно-модулированных сигналов.
- 2) Исследовать сигнальные демаскирующие признаки квадратурного амплитудно-модулированного сигнала.
- 3) Исследовать сигнальные демаскирующие признаки манипулированных сигналов.
- 4) Исследовать сигнальные демаскирующие признаки GMSK сигнала.
- 5) Составить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 2.1. Исследовать сигнальные демаскирующие признаки амплитудно- и частотно-модулированных (АМ и ЧМ) сигналов.

- 1) Запустить программу EWB и собрать схему, приведенную на рис. 7.

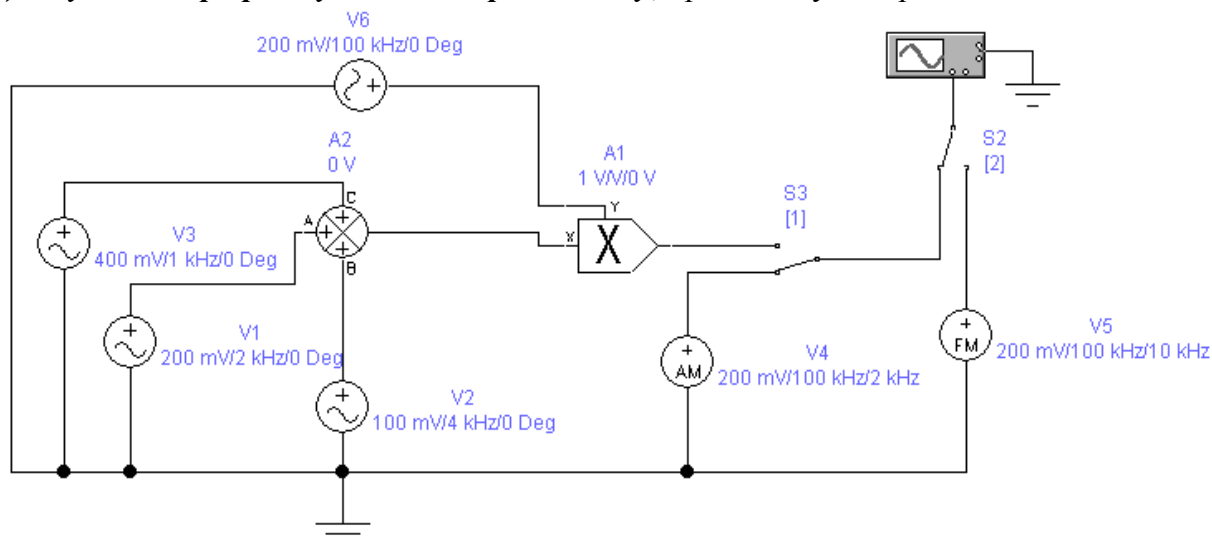


Рис. 7 – Схема исследования АМ и ЧМ сигналов

- 2) Установить параметры элементов схемы в соответствии с величинами, указанными на рис. 7. Схема исследования, приведенная на рис. 7, содержит модели:

- источника однотонового амплитудно-модулированного сигнала (V4);
- источника однотонового частотно-модулированного сигнала (V5);
- источника многотонового речеподобного сигнала, составленного из трех генераторов переменного синусоидального напряжения (V1, V2, V3) и сумматора напряжений (A2);
- генератора несущего высокочастотного колебания (V6);
- балансного модулятора (умножитель A1).

- 3) Провести исследование однотонового амплитудно-модулированного сигнала.

Для этого выполнить следующие действия:

- переключатель S3 (клавиша 1) установить в нижнее положение, а переключатель S2 (клавиша 2) – в левое положение, тем самым подключив выход источника (V4) АМ сигнала к входу осциллографа;
- включить осциллограф и настроить его для регистрации АМ сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму однотонового АМ сигнала;
- измерить и вычислить коэффициент (глубину) модуляции, воспользовавшись формулой

$$M_{AM} = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}; \quad (17)$$

- сравнить вычисленный и установленные коэффициенты модуляции, определив относительную погрешность;

- получить и измерить спектр однотонового АМ сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к осциллографу, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;

- отобразить в отчете спектр (частотное представление) однотонового АМ сигнала;

- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра однотонового АМ сигнала изменение частоты модулирующего (информационного, низкочастотного) сигнала;

- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра однотонового АМ сигнала изменение коэффициента модуляции, последовательно устанавливая его равным 0,25; 0,5, 0,75 и 1;

- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают однотоновые АМ сигналы.

4) **Провести исследование многотонового амплитудно-модулированного сигнала.** Для этого выполнить следующие действия:

- переключатель S3 (клавиша 1) установить в верхнее положение, а переключатель S2 (клавиша 2) – в левое положение, тем самым подключив выход балансного модулятора (A1), как источника многотонового АМ сигнала, к входу осциллографа;

- включить осциллограф и настроить его для регистрации АМ сигнала;

- измерить и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму многотонового АМ сигнала;

- получить и измерить спектр многотонового АМ сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к осциллографу, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;

- отобразить в отчете спектр (частотное представление) многотонового АМ сигнала;

- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра многотонового АМ сигнала изменение амплитуды и частоты модулирующего (информационного, низкочастотного) сигнала, меняя значения амплитуды напряжения и частоты колебания генераторов (V1, V2, V3);

- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают однотоновые АМ сигналы.

5) **Провести исследование однотонового частотно-модулированного сигнала.** Для этого выполнить следующие действия:

- установить переключатель S2 (клавиша 2) – в правое положение, тем самым подключив выход источника (V5) ЧМ сигнала к входу осциллографа;

- включить осциллограф и настроить его для регистрации ЧМ сигнала;

- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму однотонового ЧМ сигнала;

- измерить и вычислить девиацию частоты ΔF и индекс модуляции, воспользовавшись формулой

$$M_{\text{ЧМ}} = \frac{\Delta F}{F_H} = \frac{F_{\text{max}} - F_{\text{min}}}{2 \cdot F_H}; \quad (18)$$

- сравнить вычисленный и установленные индексы модуляции, определив относительную погрешность;

- получить и измерить спектр однотонового ЧМ сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к осциллографу, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 400;

- отобразить в отчете спектр (частотное представление) однотонового ЧМ сигнала;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра однотонового ЧМ сигнала изменение частоты модулирующего (информационного, низкочастотного) сигнала;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра однотонового ЧМ сигнала изменение индекса модуляции, последовательно устанавливая его равным 1; 2,4; 5; 10 и 100;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают однотоновые ЧМ сигналы.

6) **Сделать выводы по проделанной работе**, сравнив демаскирующие признаки АМ и ЧМ сигналов.

Задание 2.2. Исследовать сигнальные демаскирующие признаки квадратурного амплитудно-модулированного (КАМ) сигнала.

1) **Открыть новый файл программы EWB и собрать схему**, приведенную на рис. 8.

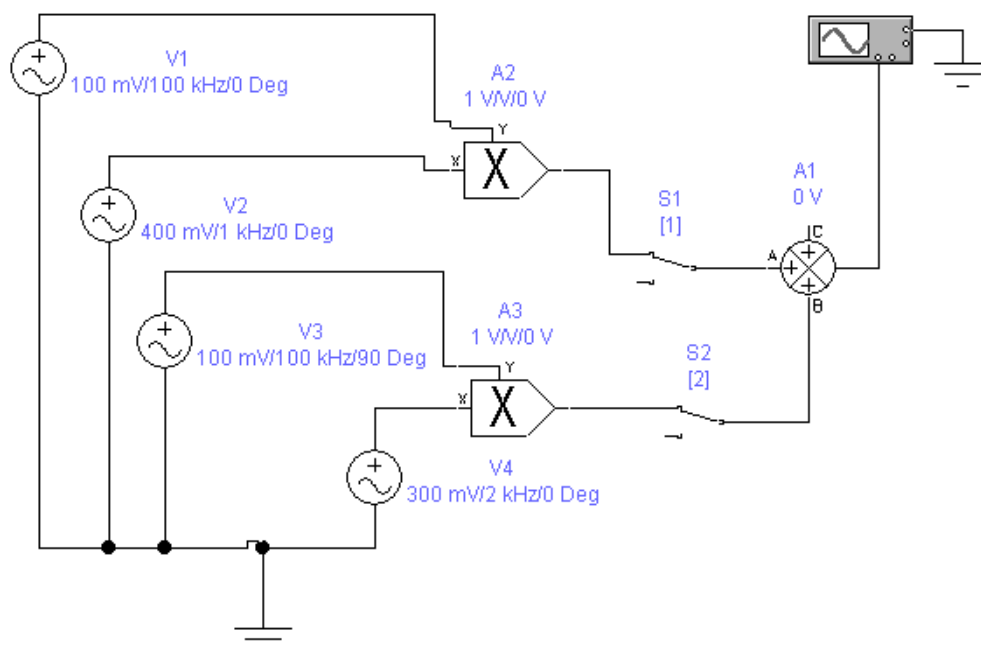


Рис. 8 – Схема исследования КАМ сигналов

2) **Установить параметры элементов схемы** в соответствии с величинами, указанными на рис. 8. Схема исследования, приведенная на рис. 8, содержит модели:

- источника однотоновых низкочастотных (модулирующих, управляющих) сигналов (V2 и V4);
- генераторов несущих высокочастотных колебаний (V1 и V3), имеющих одинаковую частоту колебаний, но сдвинутых по фазе относительно друг друга на 90°;
- балансных модуляторов (умножители A2 и A3);
- сумматора напряжения (A1).

3) **Провести исследование квадратурного амплитудно-модулированного сигнала.** Для этого выполнить следующие действия:

- переключатели S1 (клавиша 1) и S2 (клавиша 2) установить в верхнее положение, тем самым подключив выходы балансных АМ модуляторов (A2 и A3) к входу сумматора (A1), выход которого подключен к входу осциллографа;
- включить осциллограф и настроить его для регистрации КАМ сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму КАМ сигнала;
- получить и измерить спектр КАМ сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к осциллографу, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics),

равное 200;

- отобразить в отчете спектр (частотное представление) КАМ сигнала;
- сравнить внешний вид диаграммы и спектра КАМ сигнала с АМ сигналами, его составляющими; для этого, подключая по очереди с помощью переключателей S1 и S2 только один балансный модулятор к сумматору A1 и отключая другой, получить диаграммы и спектры АМ сигналов;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра КАМ сигнала изменение частоты одного из модулирующих (информационных, низкочастотных) сигналов, последовательно устанавливая ее равной 500, 1000, 2000, 3000 и 4000 Гц;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра КАМ сигнала изменение амплитуды одного из модулирующих (информационных, низкочастотных) сигналов, последовательно устанавливая его равным 100, 200, 300 и 400 мВ;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают КАМ сигналы.

Задание 2.3. Исследовать сигнальные демаскирующие признаки манипулированных сигналов.

1) **Открыть новый файл программы EWB и собрать схему,** приведенную на рис. 9.

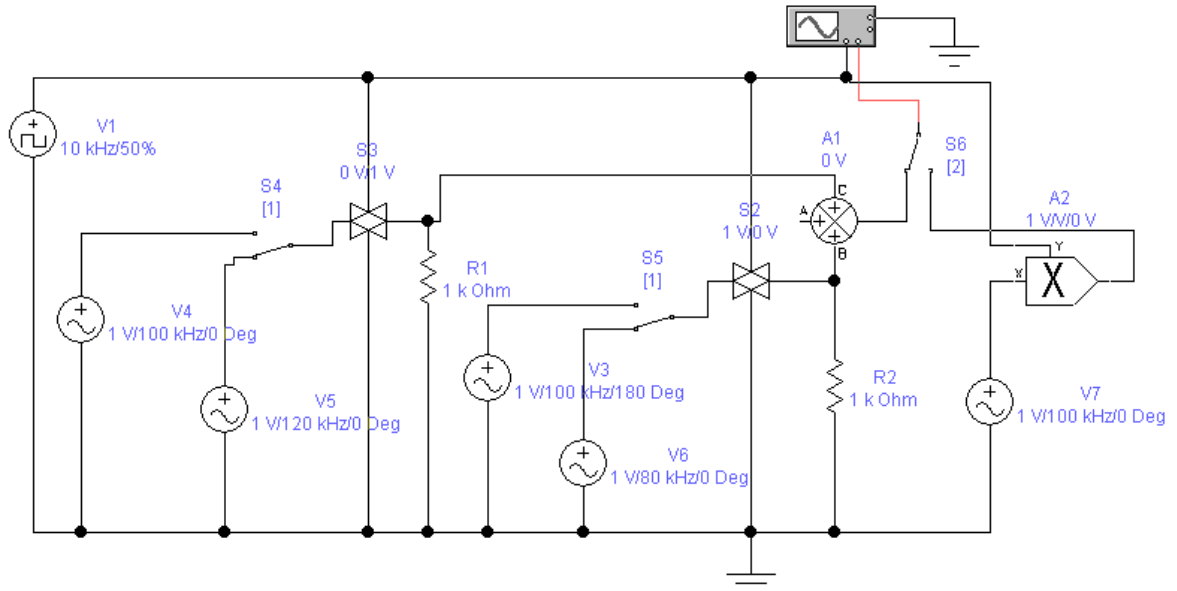


Рис. 9 – Схема исследования манипулированных сигналов

2) **Установить параметры элементов схемы** в соответствии с величинами, указанными на рис. 9. Схема исследования, приведенная на рис. 9, содержит модели:

- амплитудного модулятора (манипулятора), состоящего из балансного модулятора (A2), генератора несущего колебания (V7) и источника битовой последовательности на базе генератора тактовых импульсов (V1);
- частотного модулятора (манипулятора), состоящего из аналоговых ключей (S3 и S2), нагруженных соответственно на сопротивления R1 и R2, сумматора напряжений (A2), генераторов несущих колебания (V5 и V6) и источника битовой последовательности на базе генератора тактовых импульсов (V1);
- фазового модулятора (манипулятора), состоящего из аналоговых ключей (S3 и S2), нагруженных соответственно на сопротивления R1 и R2, сумматора напряжений (A2), генераторов несущих колебания (V4 и V3) и источника битовой последовательности на базе генератора тактовых импульсов (V1).

3) **Провести исследование амплитудно-манипулированного (АМн) сигнала.** Для этого выполнить следующие действия:

- установить переключатель S6 (клавиша 2) в правое положение, тем самым подключив выход балансного АМ модулятора (A2) ко второму входу осциллографа;

- включить осциллограф и настроить его для АМн сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму АМн сигнала;
- получить и измерить спектр АМн сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;
- отобразить в отчете спектр (частотное представление) АМн сигнала;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра АМн сигнала изменение частоты битовой последовательности, последовательно устанавливая ее величину, равную 25%, 50 % и 75%;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра АМн сигнала изменение амплитуды модулирующей битовой последовательности, устанавливая ее равной 0,5; 1 и 2 В;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают АМн сигналы.

4) Провести исследование частотно-манипулированного (ЧМн) сигнала. Для этого выполнить следующие действия:

- установить переключатель S6 (клавиша 2) в левое положение, а переключатели S4 и S5 (клавиша 2) в нижнее положение, тем самым соединив частотный манипулятор и подключив его выход (выход сумматора A1) ко второму входу осциллографа;
- включить осциллограф и настроить его для ЧМн сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму ЧМн сигнала;
- получить и измерить спектр ЧМн сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;
- отобразить в отчете спектр (частотное представление) ЧМн сигнала;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ЧМн сигнала изменение частоты несущих колебаний, последовательно устанавливая их величины, равные 80 и 120 КГц, 85 и 115 КГц, 90 и 110 КГц;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ЧМн сигнала изменение частоты битовой последовательности, последовательно устанавливая ее величину, равную 25%, 50 % и 75%;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ЧМн сигнала изменение частоты модулирующей битовой последовательности, устанавливая ее равной 10 КГц, 16 КГц, 20 КГц;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают ЧМн сигналы.

5) Провести исследование фазово-манипулированного (ФМн) сигнала. Для этого выполнить следующие действия:

- установить переключатель S6 (клавиша 2) в левое положение, а переключатели S4 и S5 (клавиша 2) в верхнее положение, тем самым соединив фазовый манипулятор и подключив его выход (выход сумматора A1) ко второму входу осциллографа;
- включить осциллограф и настроить его для ФМн сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму ФМн сигнала;
- получить и измерить спектр ФМн сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;

- отобразить в отчете спектр (частотное представление) ФМн сигнала;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ФМн сигнала изменение фазы несущих колебаний, последовательно устанавливая величину фазы генераторов (V4 и V3), равные 315 и 45 градусов, 270 и 90 градусов, 180 и 180 КГц;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ФМн сигнала изменение частоты битовой последовательности, последовательно устанавливая ее величину, равную 25%, 50 % и 75%;
- определить, как влияет на вид диаграммы и спектра ФМн сигнала изменение частоты модулирующей битовой последовательности, устанавливая ее равной 10 КГц, 16 КГц, 20 КГц;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают ФМн сигналы.

Задание 2.4. Исследовать сигнальные демаскирующие признаки GMSK сигнала.

1) **Открыть новый файл программы EWB и собрать схему, приведенную на рис. 10.**

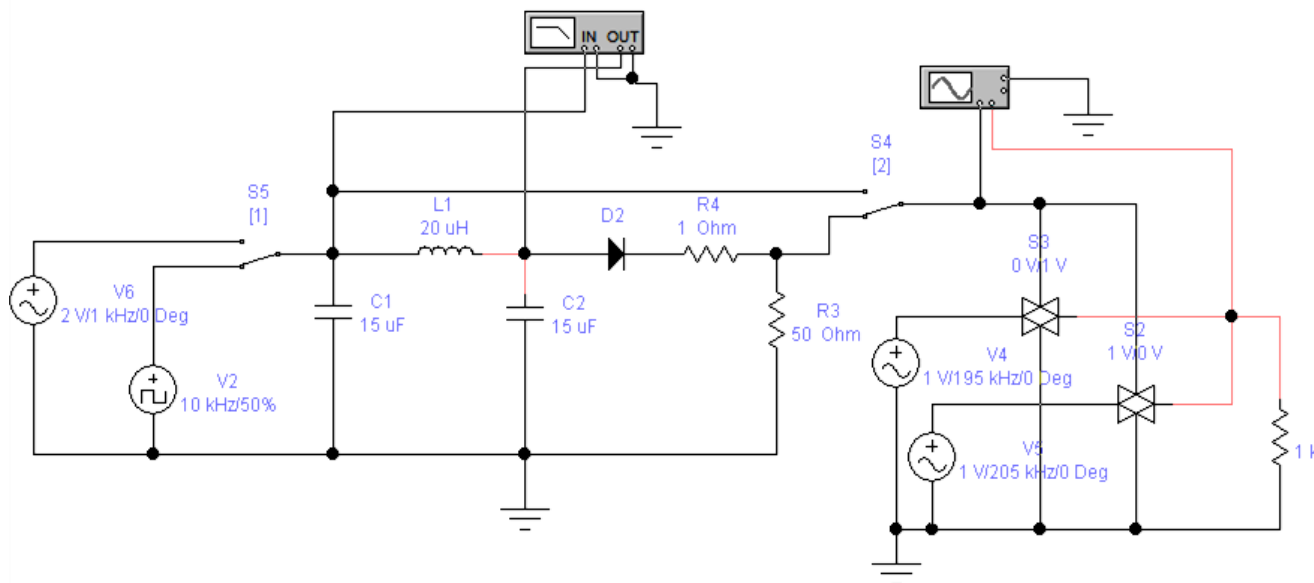


Рис. 10 – Схема исследования GMSK сигнала

2) **Установить параметры элементов схемы** в соответствии с величинами, указанными на рис. 10. Схема исследования, приведенная на рис. 10, содержит модели:

- источника битовой последовательности на базе генератора тактовых импульсов (V2);
- гауссовского фильтра нижних частот (ФНЧ) на базе элементов C1, C2 и L1;
- последовательного диодного ограничителя на базе элементов D2, R4, R3, ограничивающего сигнал ниже нулевого уровня и тем самым, формирующего колоколообразные импульсы;
- частотного модулятора (манипулятора) с индексом модуляции 0,5, состоящего из аналоговых ключей (S3 и S2), нагруженных на сопротивление R5, генераторов несущих колебания (V4 и V5).

3) **Провести исследование GMSK сигнала с индексом 0,5.** Для этого выполнить следующие действия:

- установить переключатель S5 (клавиша 1) в верхнее положение, тем самым подключив к входу гауссовского фильтра генератор синусоидального напряжения;
- включить построитель АЧХ и измерить АЧХ фильтра нижних частот, настроив вертикальную развертку в пределах $I = -80$ дБ, $F = 30$ дБ, а горизонтальную развертку – $I = 1$ кГц, $F = 1$ МГц;
- измерить параметры ФНЧ и отобразить в отчете его АЧХ;
- установить переключатель S5 (клавиша 2) в нижнее положение, тем самым

подключив к входу гауссовского фильтра источник битовой последовательности;

- установить переключатель S4 (клавиша 2) в верхнее положение, тем подключив выход источника битовой последовательности к первому входу осциллографа и входу частотного манипулятора;
- включить осциллограф и настроить его для измерения битовой последовательности и ее ЧМн сигнала;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму битовой последовательности и ее ЧМн сигнала;
- получить и измерить ширину спектра ЧМн сигнала битовой последовательности с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;
- отобразить в отчете спектр (частотное представление) ЧМн сигнала битовой последовательности;
- установить переключатель S4 (клавиша 2) в нижнее положение, тем подключив выход гауссовского фильтра к первому входу осциллографа и входу частотного манипулятора;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму гауссовской битовой последовательности и ее GMSK сигнала;
- получить и измерить ширину спектра GMSK сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;
- сравнить ширину спектров исследуемых сигналов;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками обладают GMSK сигналы.

4) **Провести исследование GMSK сигнала с индексом 0,3.** Для этого выполнить следующие действия:

- рассчитать, воспользовавшись выражениями (14) – (16), частоту манипуляции, девиацию частоты, нижнюю и верхнюю частоты несущих колебаний манипулятора для частоты битовой последовательности, равной 24 КГц;
- с учетом полученных результатов изменить частоту битовой последовательности, нижнюю и верхнюю частоты генераторов несущих колебаний;
- установить переключатель S5 (клавиша 1) в верхнее положение, тем самым подключив к входу гауссовского фильтра генератор синусоидального напряжения;
- изменяя одновременно емкости C1 и C2, с помощью построителя АЧХ настроить резонанс ФНЧ на частоту битовой последовательности;
- отобразить в отчете новую АЧХ ФНЧ;
- установить переключатель S5 (клавиша 2) в нижнее положение, тем самым подключив к входу гауссовского фильтра источник битовой последовательности;
- установить переключатель S4 (клавиша 2) в нижнее положение, тем подключив выход гауссовского фильтра к первому входу осциллографа и входу частотного манипулятора;
- измерить параметры и отобразить в отчете временную диаграмму или осциллограмму гауссовской битовой последовательности и ее GMSK сигнала;
- получить и измерить ширину спектра GMSK сигнала с помощью симулятора Фурье анализа, установив в нем номер выходного узла схемы, подключенного к второму входу осциллографа, основную частоту (Fundamental frequency), равную 1 КГц, и число гармоник (Number of harmonics), равное 200;
- сравнить ширину спектров исследуемых сигналов;
- сделать выводы о том, какими сигнальными демаскирующими признаками

обладают GMSK сигналы.

Задание 2.5. Составить отчет о проделанной работе. В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- принципиальные схемы исследования;
- временные диаграммы сигналов для различных видов модуляции и манипуляции;
- спектры сигналов для различных видов модуляции и манипуляции;
- требуемые расчеты, и полученные зависимости в виде таблиц или графиков;
- сделанные по результатам работы выводы.

Задание 2.6. Защитить отчет по второй части, проделанной лабораторной работы.

Задание обучаемым для самостоятельной учебной работы при подготовке к лабораторной работе:

1. Закрепить и углубить знания, полученные на лекции, для этого изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу.
2. Изучить методические указания к лабораторной работе и подготовить отчет по лабораторной работе согласно методическим указаниям.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических занятий допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Выполнить практическую работу.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы:

- 1) Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.
- 2) Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.
- 3) Хорев А.А. Техническая защита информации: Учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.

Лабораторные работы № 4 – 6. Исследование источников опасных сигналов

Цель работы: исследование источника опасных сигналов.

Теоретическая часть

Существует большая группа источников информации, таких как основные и вспомогательные технические средства и системы, от которых могут распространяться несанкционированные сигналы с защищаемой информацией и которые возникают случайно, или создаются злоумышленниками. Так как эти сигналы несут угрозу безопасности информации, то их условно называют опасными.

Все многообразие типов технических средств, выступающих в роли источников опасных сигналов, по физической природе их возникновения делится на следующие группы (классы):

- акустоэлектрические преобразователи;
- излучатели низкочастотных сигналов;
- излучатели высокочастотных сигналов;
- паразитные связи и наводки.

Опасные сигналы в виде электромагнитных излучений и электрических наводок в проводах и линиях коммуникаций, несмотря на их небольшой уровень, могут распространяться за пределы контролируемой зоны организации и быть перехвачены злоумышленниками.

Следовательно, бакалавры по направлению информационной безопасности должны владеть методами и средствами выявления угроз безопасности в автоматизированных информационных системах путем моделирования источников опасных сигналов, измерения их величины и оценки угрозы. Для достижения этой цели в первом учебном вопросе исследуются побочные электрические сигналы, возникающие за счет эффекта акустоэлектрического преобразования, во втором вопросе – эффект паразитной генерации высокочастотных сигналов.

Проверка подготовленности обучаемых к лабораторной работе

Перечень контрольных вопросов:

Источники опасных сигналов в радиоэлектронных средствах.

Высокочастотные и низкочастотные побочные излучения в технических средствах и системах.

Принцип возникновения паразитной генераций усилителей.

Виды паразитных связей между цепями технических средств и систем.

Взаимная индукция (определение).

Переходное затухание, его единицы измерения.

Причины возникновения взаимной индукции.

Принципы наведения ЭДС: за счет магнитного поля или электромагнитной волны.

Причины и порядок применения нагрузочных сопротивлений.

вопросы, ПОДЛЕЖАЩИЕ исследованию

1. Исследование побочных электрических сигналов, возникающих за счет эффекта акустоэлектрического преобразования

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Побочные наводки, возникающие за счет наличия преобразовательных акустоэлектрических элементов в цепях различных технических устройств, находящихся в

выделенном помещении, опасны тем, что ими может воспользоваться злоумышленник без проникновения в помещение (или охраняемую зону), без установки специальных подслушивающих устройств.

Подобные каналы утечки информации наиболее часто возникают на основе так называемых акустоэлектрических преобразователей.

Акустоэлектрический преобразователь – это устройство, преобразующее акустическую энергию (т.е. энергию упругих волн в воздушной среде) в электромагнитную энергию в схемах тех устройств, в которых находится акустоэлектрические преобразователи.

Одним из наиболее распространенных представителей акустоэлектрических преобразователей являются электродинамические громкоговорители (см. рис. 1).

Эти динамики предназначены для преобразования электрических сигналов в акустические. Однако они являются классическим примером принципа взаимности, то есть обладают обратным микрофонным эффектом, являясь одновременно достаточно хорошими акустоэлектрическими преобразователями.

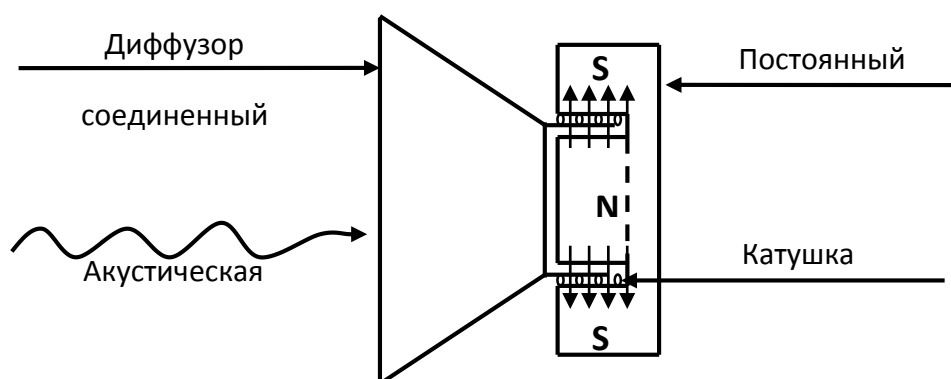


Рис. 1 – Схема электродинамического громкоговорителя

Воздействие акустических сигналов на диффузор динамика (см. рис. 1) приводит к преобразованию акустической энергии в механическую и изменению положения катушки в магнитном поле, что приводит к появлению опасного электрического сигнала в катушке динамика, напряжение которого равно

$$U_{oc} = P_{ак} \cdot B \cdot L \cdot S / Z_{мех} \quad (1)$$

где $P_{ак}$ – акустическое давление информативного сигнала; B – магнитная индукция; L – длина проводника катушки, движущегося в магнитном поле B ; S – площадь поверхности диффузора динамика; $Z_{мех}$ – механическое сопротивление системы динамика.

Достаточно большая площадь диффузора динамика обеспечивает подобным преобразователям достаточно высокую чувствительность к акустическому воздействию (2 – 3 мВ/Па) и сравнительно равномерную амплитудно-частотную характеристику для речевого сигнала.

Опасные сигналы на концах катушки достигают величин в 5 -15 мВ. Этой величины достаточно для распространения наведенных сигналов за пределы помещения, здания и даже территории. Поэтому неработающие, но непосредственно подключенные к радиотрансляционной сети громкоговорители могут выполнять функцию микрофона и передавать информацию разговоров в помещении на достаточно большое расстояние.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

- учебно-действующий макет акустоэлектрических преобразователей;
- осциллограф GOS-620FQ;
- генератор НЧ сигналов GOS-810;
- блок питания;
- элементы коммутации;

– эмулятор лабораторного оборудования для исследования эффекта акустоэлектрического преобразования.

Учебно-действующий макет (см. рис. 2) представляет собой линейку расположенных рядом друг с другом динамиков с разной площадью диффузоров и внутренними сопротивлениями, вдоль которых на специальной каретке перемещается источник сигнала (излучающий динамик), на который подается входной сигнал с генератора звуковой частоты. Для контроля сигнал одновременно подаётся и на осциллограф.

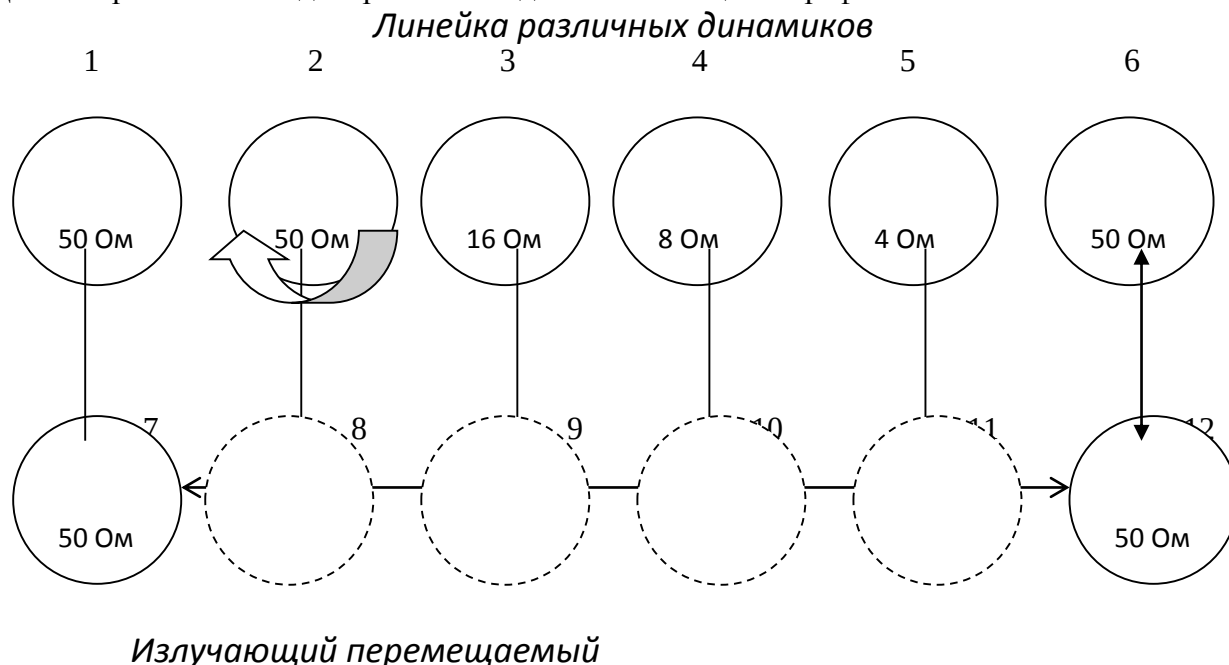


Рис. 2 – Учебно-действующий макет акустоэлектрических преобразователей

Излучающий динамик имеет внутреннее сопротивление, равное 50 Ом, и диаметр диффузора – 2,8 см. Он перемещается относительно приемных динамиков с помощью специальной каретки, ручка которой размещена с правой стороны макета.

Макет содержит ряд приемных динамиков, один из которых имеет диаметр диффузора, равный 2,8 см, второй – 4 см, а остальные – 5 см. Поскольку промышленностью выпускаются динамики с внутренним электрическим сопротивлением, равным 50, 16, 8 и 4 Ом, то данный макет содержит всю эту линейку динамиков.

На 2-м динамике слева имеется возможность изменять угол прихода звуковой волны путем вращения принимающего динамика. Крайний справа динамик имеет возможность перемещаться, обеспечивая изменение расстояние от источника сигнала (излучающего динамика) до приемника, с помощью каретки, ручка которой размещена на верхней крышке макета.

Подключение того или иного приемного динамика осуществляется за счет переключателей ТВ1, ТВ2, ТВ3, ТВ4. С выхода динамиков сигнал через усилитель низкой частоты ($K_{\text{ус}} = 70$) подается на осциллограф для измерения его величины.

2. Требования безопасности при выполнении работы:

I. Перед началом выполнения лабораторной работы:

3. Изучить оборудование и рабочее место.
4. Получить разрешение к выполнению лабораторных работ от руководителя занятий или лаборанта.

II. Во время выполнения лабораторных работ:

Убедиться, что на измерительных приборах переключатели установлены в исходном положении ручек, на минимальное напряжение и максимальные пределы измерения.

Включать питающие напряжения и собранные схемы только после разрешения руководителя занятий или лаборанта и предупреждения всех работающих.

Проверять наличие питающих напряжений и проводить измерения электрических величин только с помощью соответствующих измерительных приборов, одной рукой, после установки на них максимально ожидаемого результата и рода измеряемой величины.

ВНИМАНИЕ!

- Не прикасаться к открытым токоведущим частям, проводникам, клеммам и зажимам, не облакачиваться на приборы, не прикасаться к батареям, не отвлекаться от измерений, не производить изменений в схеме и не оставлять без наблюдения цепь, находящуюся под напряжением.

- При работе с катушками индуктивности и конденсаторами не трогать их и соединительные провода, так как вследствие резонанса могут возникнуть большие токи и напряжение.

- При обнаружении неисправностей в измерительных приборах **немедленно** отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

III. По окончании выполнения лабораторных работ:

1. Докладать руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
2. Обесточить собранные схемы, разобрать их (если это предусмотрено) и выключить контрольно-измерительные приборы.

3. Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

ПРИ РАБОТЕ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

• производить самостоятельное включение автоматов защиты, заменять предохранители, устранять неисправности и повреждения; • проводить какие-либо переключения, соединения, не предусмотренные инструкциями по выполнению лабораторных работ.
--

ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ:

• немедленно отключить автоматы защиты, доложить руководителю занятий и действовать согласно его указаний; • при поражении электрическим током оказать первую помощь в соответствии с принятой методикой до прибытия врача.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ:

- лица, нарушившие требования инструкции отстраняются от выполнения лабораторных работ и допускаются только после сдачи зачета по правилам и мерам безопасности;

- при выводе из строя приборов и оборудования лаборатории по вине лица, проводившего работы и в случае нарушения требования инструкции, они несут материальную ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ.

3. Задание для работы

- 10) Собрать схему исследования.

- 11) Исследовать зависимость величины опасного сигнала от площади диффузора акустоэлектрического преобразователя (динамика)

- 12) Исследовать зависимость величины опасного сигнала от интенсивности входного акустического сигнала.

- 13) Исследовать зависимость величины опасного сигнала от расстояния между источником акустического сигнала и акустоэлектрическим преобразователем.

- 14) Исследовать зависимость величины опасного сигнала от угла прихода звуковой волны ф.

- 15) Исследовать зависимость величины опасного сигнала от величины электрического сопротивления акустоэлектрического преобразователя.

- 16) Оформить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 1.1. Собрать схему исследования.

Для проведения исследований необходимо:

- 1) Собрать блок-схему согласно рис. 3, соединив гнездо «ВХОД» макета с выходом генератора GOS-810 и входом 1-го канала осциллографа GOS-620FQ, а гнездо «ВЫХОД» макета – с входом 2-го канала осциллографа;

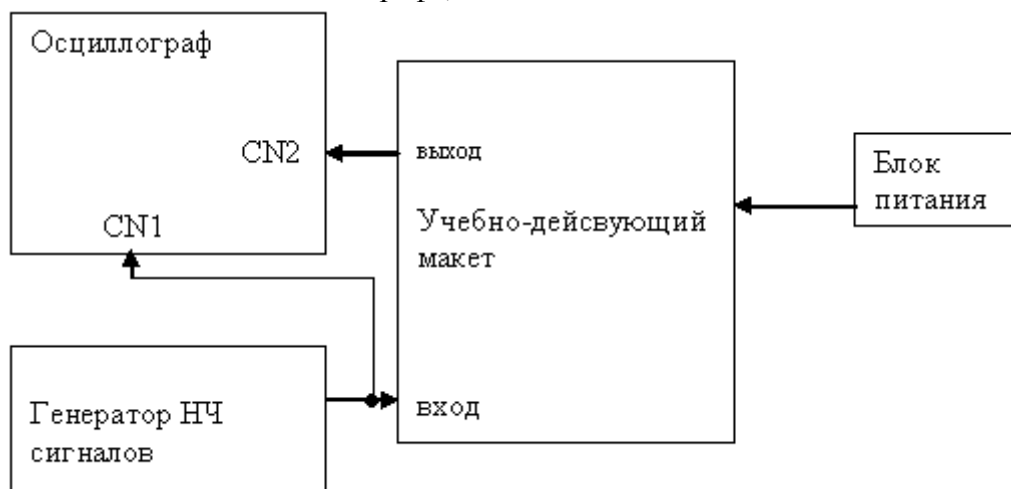


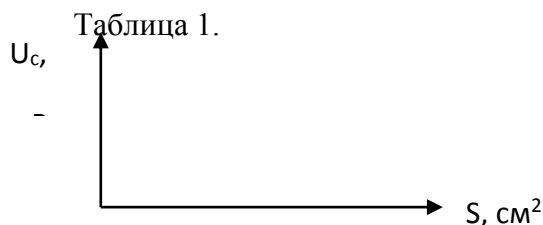
Рис 3 – Блок-схема для проведения исследований

- 2) Установить переключатели макета ТВ 1,2,3,4 в среднее положение.
- 3) На блоке питания выставить напряжение 9 В, выход блока питания подключить к гнезду макета «Питание 9В».
- 4) Установить на генераторе НЧ GOS-810 ручку «AMPLITYDE» в крайнее левое положение.
- 5) Включить питание на осциллографе и генераторе НЧ.
- 6) Каретку перемещения излучающего динамика на макете (ручка справа) установить в крайнее левое положение, а ручку изменения расстояния между динамиками (излучающим и приемным) на тыльной стороне макета выдвинуть на максимальное расстояние.
- 7) На генераторе НЧ ручкой «FREQANCE» установить частоту выходного сигнала $F_c=1500$ Гц, а переключателем «ATTENUATOR» и ручкой «AMPLITYDE» - напряжение $U_c=10$ мВ, контролируя его величину на экране осциллографа по 1-му каналу.

Задание 1.2. Исследовать зависимость величины опасного сигнала от площади диффузора акустоэлектрического преобразователя (динамика).

Для этого произвести следующие действия (операции):

- 1) Установить переключатели макета ТВ1 и ТВ3 в верхнее положение, а ТВ 4 – в нижнее.
- 2) Каретку перемещения излучающего динамика на макете (ручка справа) установить в крайнее левое положение.
- 3) По второму каналу осциллографа измерить величину опасного сигнала U_c для динамика с диаметром диффузора $d = 5$ см.
- 4) Переключатели ТВ 3 и ТВ4 установить в среднее положение.
- 5) Переместить каретку перемещения динамика на макете (ручка справа) вправо во второе положение, ТВ 3,4 установить в верхнее положение.
- 6) Измерить величину опасного сигнала U_c при $d = 4$ см.
- 7) Переключатели ТВ 3 ,4 установить в среднее положение.
- 8) Переместить каретку в крайнее правое положение, переключатель ТВ3 установить в нижнее, ТВ4 – в верхнее положение.
- 9) Измерить величину сигнала U_c при $d = 2,8$ см.
- 10) Измеренные значения опасных сигналов занести в таблицу 1.



Диаметр (см)	5,0	4,0	2,8
Площадь (см ²)	19,6	12,6	6,2
U _c (мВ)			

11) По результатам измерений построить график зависимости величины опасного сигнала U_c от площади диффузора S динамика.

12) Сделать вывод по результатам проделанной работы.

Задание 1.3. Исследовать зависимость величины опасного сигнала от интенсивности входного акустического сигнала.

Для этого произвести следующие действия (операции):

1) Переключатели макета ТВ1 и ТВ4 установить в верхнее положение, а ТВ 3 – в нижнее.

2) По второму каналу осциллографа измерить величину опасного сигнала U_c для значения входного сигнала $U_B = 10$ мВ.

3) Изменяя напряжение входного сигнала U_B с помощью ручки «AMPLITUDE» НЧ генератора с шагом 5мВ в интервале от 10 мВ до 30 мВ, измерить значения амплитуды опасного сигнала U_c по второму каналу осциллографа.

4) Измеренные значения занести в таблицу 2.

Таблица 2.

U_B (мВ)	10	15	20	25	30
U_c (мВ)					
J_B (мВт/см ²)					



5) Рассчитать величину интенсивности входного акустического сигнала J_B по формулам:

$$J_B = P_B / S \text{ (мВт/см}^2\text{)}, \text{ где } P_B = U_B^2 / R. \quad (2)$$

при условии, что сопротивление динамиков $R=50$ Ом, а площадь диффузора $d = 2,8$ см.

6) По результатам измерений и расчетов построить график зависимости напряжения опасного сигнала U_c от интенсивности входного акустического сигнала.

7) Сделать вывод по результатам проделанной работы.

Задание 1.4. Исследовать зависимость величины опасного сигнала от расстояния между источником акустического сигнала и акустоэлектрическим преобразователем.

Для этого произвести следующие действия (операции):

1) Выставить напряжение опасного сигнала U_c равное 10 мВ.

2) Переключатель TIME/DIV по 2 каналу осциллографа установить в положение 0,2.

3) Ручку на задней стенке макета переместить вперед до упора, при этом расстояние между источником звука (излучающим динамиком) и приемным динамиком L равно 5мм.

4) Установить переключатель ТВ3 в нижнее положение, а ТВ4 – в верхнее.

5) Изменяя ручкой расстояние между источником звука и приемным динамиком через 5 мм, каждый раз измерить по 2 каналу осциллографу величину опасного сигнала U_c .

6) Измеренные значения занести в таблицу 3.

Таблица 3.



Расстояние L (мм)	5	10	15	20	25	30
U _c (мВ)						

7) По результатам измерений построить график зависимости величины сигнала U_c от расстояния L до источника звука.

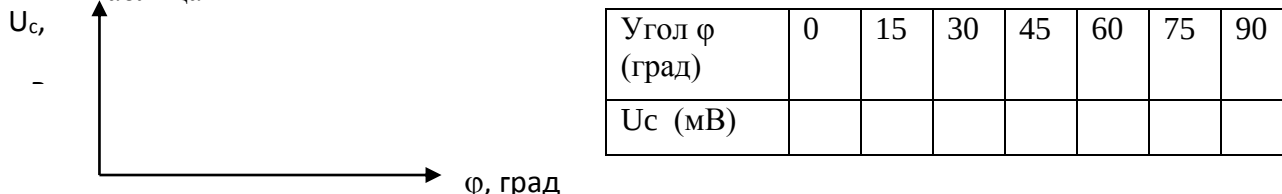
8) Сделать вывод по результатам проделанной работы.

Задание 1.5. Исследовать зависимость величины опасного сигнала от угла прихода звуковой волны φ .

Для этого произвести следующие действия (операции):

- 1) Переместить каретку с излучающим динамиком во второе положение.
- 2) Установить переключатели ТВ3 и ТВ4 в верхнее положение.
- 3) Последовательно измерить по второму каналу осциллографа величину напряжения опасного сигнала U_c при углах 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° .
- 4) Измеренные значения занести в таблицу 4.

Таблица 4



5) По результатам измерений построить график зависимости величины сигнала U_c от угла прихода звуковой волны φ .

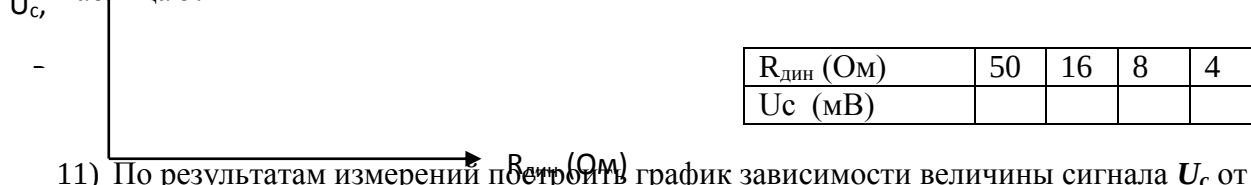
6) Сделать вывод по результатам проделанной работы.

Задание 1.6. Исследовать зависимость величины опасного сигнала от величины электрического сопротивления акустоэлектрического преобразователя.

Для этого произвести следующие действия (операции):

- 1) Вернуть угол прихода звуковой волны равный 0° .
- 2) Измерить величину напряжения опасного сигнала U_c при $R_{дин} = 50$ Ом.
- 3) Перевести переключатель ТВ 2 в верхнее положение.
- 4) Измерить U_c при $R_{дин} = 16$ Ом.
- 5) Перевести переключатели ТВ2, ТВ3 и ТВ4 в среднее положение, переместить каретку перемещения динамиков в положение 3.
- 6) Установить переключатели ТВ3 и ТВ4 в нижнее положение.
- 7) Измерить U_c при $R_{дин} = 8$ Ом.
- 8) Установить переключатель ТВ2 в нижнее положение.
- 9) Измерить U_c при $R_{дин} = 4$ Ом.
- 10) Измеренные значения занести в таблицу 5.

Таблица 5.



11) По результатам измерений построить график зависимости величины сигнала U_c от сопротивления динамика $R_{дин}$.

12) Сделать вывод по результатам проделанной работы.

Задание 1.7. Оформить отчет о выполнении лабораторной работы.

В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- математическую модель (методику), на базе которой проводилось лабораторные исследования;
- графики зависимости вероятности обнаружения РЭС от изменения его мощности излучения, КНД приемной антенны, длины волны и вероятности ложной тревоги;
- графики зависимости максимальной дальности обнаружения РЭС средствами РТР от мощности шума;
- значение максимальной мощности излучения передатчика, при которой РЭС может быть обнаружено только в пределах контролируемой зоны.
- по результатам работы сделать выводы о влиянии сигнальных демаскирующих

признаков и параметров РЭС на вероятность их обнаружения W_0 .

Задание 1.8. Защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

2 - 3. Моделирование и исследование физического эффекта паразитной генерации высокочастотных сигналов

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Паразитная генерация может возникнуть при определенных условиях в усилителях и логических элементах дискретной техники. Логический элемент рассматривается в данном контексте как усилитель с очень высоким коэффициентом усиления.

Математическую модель усилителя независимо от числа каскадов усиления можно представить в виде комплексной передаточной функции $K_{yc}(\omega)e^{j\varphi_{yc}(\omega)}$, где $K_{yc}(\omega)$ и $\varphi_{yc}(\omega)$ - зависящие от частоты $\omega = 2\pi f$ коэффициент усиления и фаза выходного сигнала по отношению к входному.

В усилителе фаза выходного сигнала для нечетного числа каскадов усиления изменяется на 180° , а при четном числе каскадов совпадает с фазой входного сигнала.

Поскольку между элементами усилителя всегда существуют емкостные, индуктивные и гальванические паразитные связи, то на входе усилителя наряду с усиливаемым внешним сигналом присутствуют сигналы, проникшие во входные цепи через паразитную обратную связь, в том числе с выхода усилителя. Паразитную обратную связь можно также

представить математической моделью $K_{oc}(\omega)e^{j\varphi_{oc}(\omega)}$.

Обобщенная математическая модель усилителя с обратной связью представлена на рис. 4.

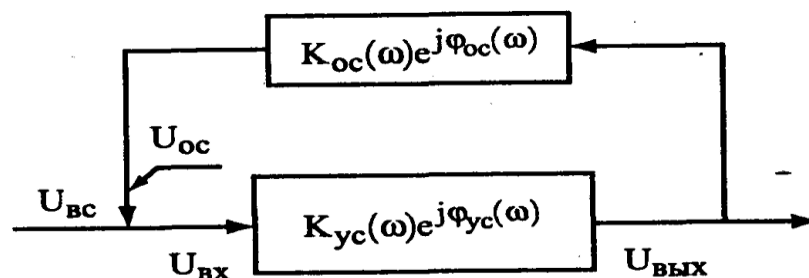


Рис. 4 – Модель усилителя с обратной связью

Связь между выходом и входом усилителя описывается уравнением:

$$U_{\text{вых}} = (U_{\text{вх}} + U_{\text{ос}}) K_{yc}(\omega)e^{j\varphi_{yc}(\omega)} = [U_{\text{вх}} + U_{\text{вых}} K_{oc}(\omega)e^{j\varphi_{oc}(\omega)}] K_{yc}(\omega)e^{j\varphi_{yc}(\omega)}. \quad (3)$$

Режим усиления переходит в режим генерации, когда выходной сигнал достигает максимального значения и поддерживается на этом уровне независимо от $U_{\text{вх}}$. Это условие выполняется при нулевом значении знаменателя указанного выше выражения. Следовательно, **для возникновения режима генерации необходимо выполнить два условия:**

- 1) $K_{oc}(\omega) = 1/K_{yc}(\omega)$;
- 2) $\varphi_{oc}(\omega) = -\varphi_{yc}(\omega)$.

Первое условие определяет минимально необходимую для возникновения паразитной генерации величину коэффициента паразитной обратной связи. Чем выше коэффициент усиления усилителя, тем меньший коэффициент паразитной обратной связи создает предпосылки для возникновения генерации. Например, если $K_{oc} = 10$, то для возникновения генерации необходимо проникновение 0,1 части выходного сигнала на вход усилителя. Для усилителя с $K_{yc} = 100$ достаточно поступления на его вход 0,01 части выходного сигнала. Эта зависимость объясняет возможность паразитной генерации в логических элементах дискретной техники. Высокий коэффициент усиления логического

элемента и высокая частота спектральных составляющих фронта дискретного сигнала создают благоприятные условия для возникновения паразитной генерации в логических элементах.

Второе условие предусматривает, что изменение фазы сигнала обратной связи должно быть противоположно величине фазового сдвига усилителя. Это означает, что фазы внешнего сигнала и сигнала обратной связи должны быть приблизительно равными. **Обратная связь**, при которой фаза сигнала на входе усилителя совпадает с фазой сигнала обратной связи, **называется** положительной, а когда фазы этих сигналов противоположные – отрицательной. Если положительная обратная связь способствует паразитной генерации, то отрицательная, наоборот, повышает стабильность работы усилителя, но за счет некоторого снижения напряжения на выходе усилителя. Поэтому в усилителях с высоким коэффициентом усиления для исключения паразитной генерации создают между каскадами отрицательную обратную связь, а также применяют комплекс мер по уменьшению паразитных связей. С этой целью при монтаже используют короткие экранированные провода, элементы входных и выходных цепей разносят на максимально возможное расстояние, экранируют трансформаторы усилителей, в цепи питания предварительных каскадов устанавливают RC-фильтры низких частот, усилительные каскады размещают в одну линию и др.

Опасность паразитной генерации состоит также в том, что она часто возникает на частотах выше рабочего диапазона и без специальных исследований не обнаруживается. Действительно, с ростом частоты обрабатываемых сигналов уменьшаются значения паразитных емкостных и индуктивных сопротивлений между каскадами. В результате этого увеличиваются $K_{ос}$ и сдвиг фазы сигналов, прошедших через паразитные связи. Поэтому возможность выполнения условий генерации в усилителе на частотах, превышающих верхнюю частоту рабочего диапазона частот усилителя, повышается. Хотя на этой частоте полезные сигналы на вход усилителя не подаются, но на его входе присутствуют сигналы, обусловленные тепловым шумом и проникшие через паразитную обратную связь. Любая шумовая реализация на входе усиливается усилителем и частично возвращается через паразитную обратную связь на его вход. При равенстве фаз величина суммарного сигнала на входе усилителя повышается, что приводит к росту сигнала на выходе усилителя. Следствием этого является увеличение сигнала U и дальнейшее увеличение сигнала на входе усилителя и т.д. Происходит лавинообразный процесс нарастания амплитуды сигнала на входе и выходе усилителя, завершаемый процессом непрерывной генерации на резонансной частоте. Поэтому не рекомендуется, например, применять в усилителях низкой частоты высокочастотные транзисторы, которые усиливают шумы с частотами выше верхней границы рабочего диапазона частот.

Паразитная генерация усилителя или логического элемента **создает угрозу информации**, если происходит его модуляция паразитного высокочастотного колебания информационными сигналами. Это явление возникает в случае, если цепи паразитного генератора содержат акустоэлектрические преобразователи или в них попадают опасные сигналы от других случайных акустоэлектрических преобразователей усилителя.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

– ПЭВМ с программным редактором схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

2. Требования безопасности при выполнении работы приведены на стр. 5.

3. Задание для работы

- 1) Исследовать эффект паразитной генерации на транзисторном усилителе.
- 2) Исследовать эффект паразитной генерации на операционном усилителе.
- 3) Исследовать эффект паразитной генерации на логических элементах.

4) Составить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 2.1. Исследовать эффект паразитной генерации на транзисторном усилителе.

1) Запустить программу EWB и собрать схему, приведенную на рис. 5.

2) Установить параметры элементов схемы в соответствии с величинами, указанными на рис. 5. Схема исследования, содержит:

- источник гармонического напряжения (сигнала) на элементе V3;
- источник электропитания в виде аккумуляторной батареи V4;
- транзисторный усилитель, собранный на биполярном транзисторе Q1, резисторах R1 – R4 и конденсаторах C5, C9;
- колебательного контура, состоящего из катушки индуктивности L1, и конденсаторов C6, C7;
- цепь обратной положительной связи, образуемая за счет паразитной емкости C8.

Усилитель и колебательный контур имеет гальваническую связь через общий (заземляющий) провод. Колебательный контур и паразитный конденсатор подключаются к усилителю с помощью переключателей S1 и S2, управляемых клавишей «Пробел».

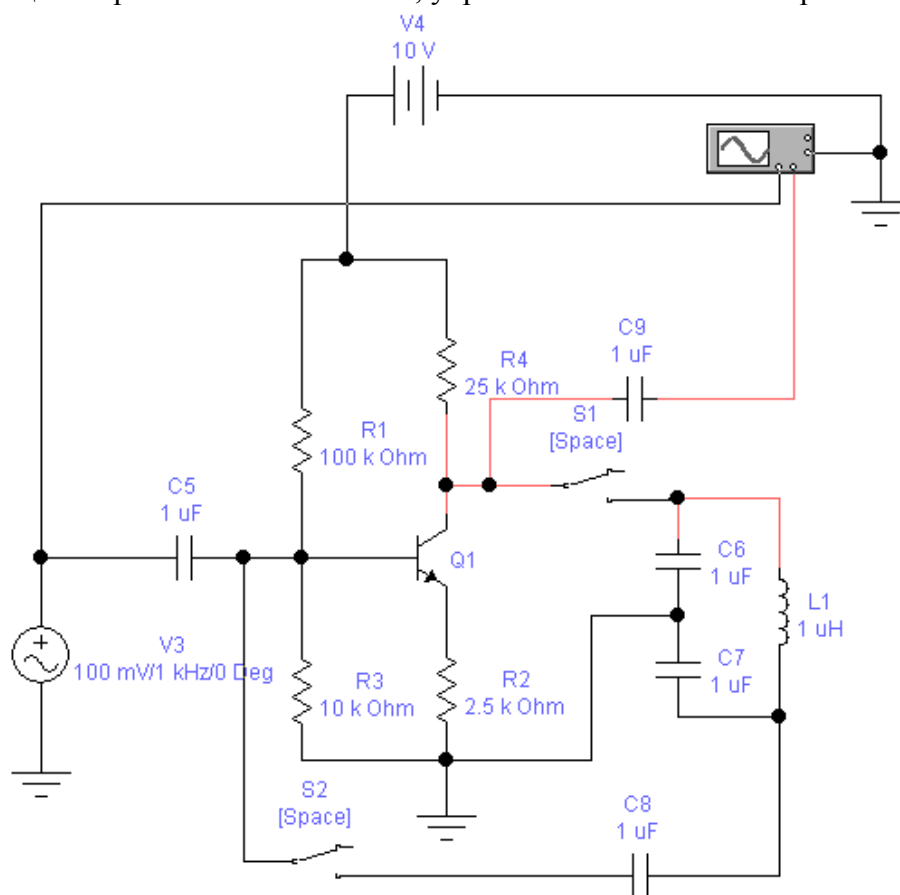


Рис. 5 – Схема исследования эффекта паразитной генерации на транзисторном усилителе

3) Включить эмулятор EWB, убедиться в работоспособности схемы. Для этого двойным щелчком открыть осциллограф, и его настроить на регистрацию отображения аналогового входного и выходного усиленного сигналов.

4) Измерить с помощью осциллографа частоту входного и усиленного выходного сигналов.

5) Определить коэффициент усиления транзисторного усилителя, предварительно измерив амплитуды напряжения входного и выходного сигналов.

6) **Отобразить в отчете осциллограммы** входного и усиленного выходного сигналов.

7) **Сделать выводы** о работе усилителя.

8) Нажав клавишу «Пробел» с помощью переключателей S1 и S2, **сымитировать** образование паразитных емкостей, которые подключают колебательный контур к коллекторной цепи и к цепи базы усилителя, образуя **паразитную цепь положительной обратной связи**.

9) **Произвести** с помощью осциллографа **наблюдение эффекта паразитной генерации**.

10) **Отобразить в отчете осциллограммы** входного и выходного сигналов усилителя.

11) **Измерить** с помощью осциллографа **частоту выходного сигнала**.

12) **Сделать выводы** по результатам проделанной работы.

Задание 2.2. Исследовать эффект паразитной генерации на операционном усилителе.

1) **Запустить программу EWB и собрать схему**, приведенную на рис. 6.

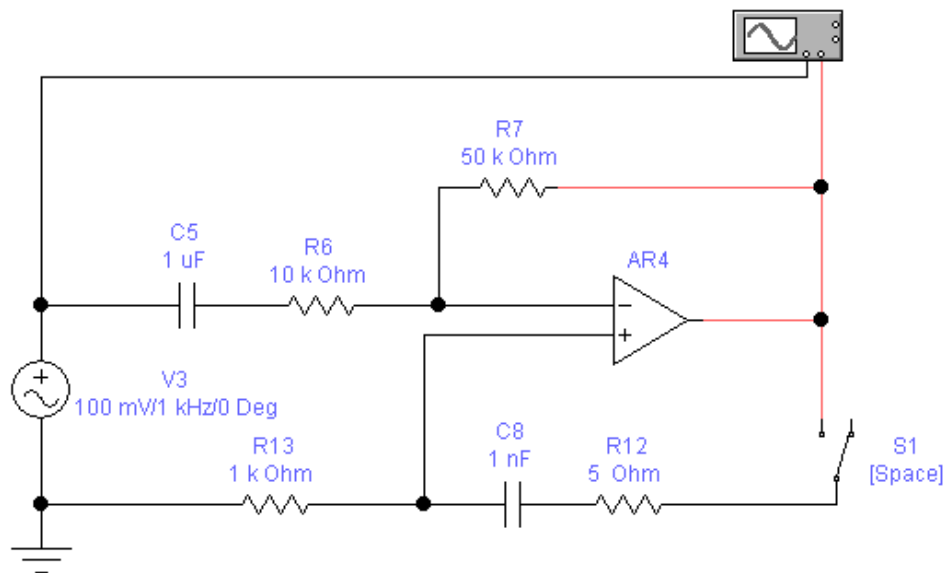


Рис. 6 – Схема исследования эффекта паразитной генерации на операционном усилителе

2) **Установить параметры элементов схемы** в соответствии с величинами, указанными на рис. 6. Схема исследования, содержит:

- источник гармонического напряжения (сигнала) на элементе V3;
- усилитель, собранный на операционном усилителе AR4, резисторах R6, R7, R13 и конденсаторе C5;
- цепь обратной положительной связи, образуемой за счет сопротивления R12 и емкости C8.

Цепь обратной положительной связи подключается к усилителю с помощью переключателя S1, управляемого клавишей «Пробел».

3) **Включить эмулятор EWB**, убедиться в работоспособности схемы. Для этого двойным щелчком **открыть осциллограф**, и его **настроить** на регистрацию отображения аналогового входного и выходного усиленного сигналов.

4) **Измерить** с помощью осциллографа **частоту** входного и усиленного выходного сигналов.

5) **Определить коэффициент усиления** операционного усилителя, предварительно измерив амплитуды напряжения входного и выходного сигналов.

6) **Отобразить в отчете осциллограммы** входного и усиленного выходного сигналов.

7) **Сделать выводы** о работе усилителя.

8) Нажав клавишу «Пробел» с помощью переключателя S1, **сымитировать** образование паразитной емкости, которая образует **паразитную цепь положительной обратной связи**.

9) **Произвести** с помощью осциллографа **наблюдение эффекта паразитной генерации**.

10) **Отобразить в отчете осциллограммы** входного и выходного сигналов усилителя.

11) **Измерить** с помощью осциллографа **частоту выходного сигнала**.

12) **Изменить параметры элементов** цепи R12, R13 и C8 в соответствии с указанным преподавателем вариантом (см. табл. 6), и **повторить выполнение пунктов 8 – 11** задания.

Таблица 6 – Индивидуальные исходные данные для задания 2.2.

№ варианта	R12, Ом	C8, нФ	R13, Ом
1.	5	5	900
2.	5	120	10
3.	5	4	900
4.	5	115	10
5.	3	3	900
6.	3	110	10
7.	3	2	900
8.	3	95	10
9.	2	0,5	900
10.	2	90	10
11.	2	0,2	900
12.	2	80	10

13) **Сделать выводы** по результатам проделанной работы.

Задание 2.3. **Исследовать эффект паразитной генерации на логических элементах.**

1) **Запустить программу EWB и собрать схему**, приведенную на рис. 7.

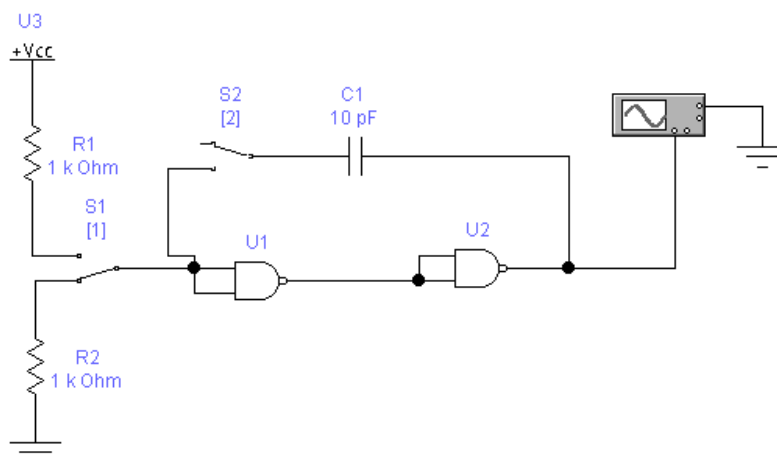


Рис. 7 – Схема исследования эффекта паразитной генерации на логических элементах

2) **Установить параметры элементов схемы** в соответствии с величинами, указанными на рис. 7. Схема исследования, содержит:

- источник постоянного напряжения U_3 величиной – 5 В;
- логические элементы 2 И-НЕ U_1 и U_2 , соединенные последовательно в виде инверторов;

- сопротивления R_1 и R_2 для подачи на вход логического элемента U_1 потенциала логической единицы и потенциала логического нуля соответственно, которые подключаются с помощью переключателя S_1 , управляемого клавишей «1»;

- паразитную емкость C_1 , подключаемую в цепь обратной положительной связи с помощью переключателя S_2 , управляемого клавишей «2».

3) **Включить эмулятор EWB**, убедиться в работоспособности схемы. Для этого двойным щелчком **открыть осциллограф**, и его **настроить** на регистрацию отображения дискретных сигналов.

4) **Произвести** с помощью осциллографа **наблюдение цифровых сигналов**, переключая переключатель S_1 с помощью клавиши «1».

5) **Отобразить в отчете осциллограммы** цифровых сигналов.

6) **Сделать выводы** о работе логических элементов.

7) Нажав клавишу «2» с помощью переключателя S_2 , **сымитировать** образование паразитной емкости, которая образует **паразитную цепь положительной обратной связи**.

8) **Произвести** с помощью осциллографа **наблюдение эффекта паразитной генерации**.

9) **Отобразить в отчете осциллограмму** выходного цифрового сигнала.

10) **Измерить** с помощью осциллографа **частоту выходного сигнала**.

11) **Изменяя параметры паразитной емкости** C_1 , устанавливая ее последовательно 1 пФ, 10 пФ, 100 пФ и 1000 пФ, измерить частоту паразитной генерации. Определить, как зависит частота паразитной генерации от величины паразитной емкости.

12) **Сделать выводы** по результатам проделанной работы.

Задание 2.4. Составить отчет о проделанной работе. В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- принципиальные схемы исследования;
- полученные временные диаграммы (осциллограммы) входных и выходных сигналов, сигналов паразитной генерации;
- произведенные измерения и полученные зависимости;
- сделанные по результатам работы выводы.

Задание 2.5. Защитить отчет по второй части, проделанной лабораторной работы.

Задание обучаемым для самостоятельной учебной работы при подготовке к лабораторной работе:

Закрепить и углубить знания, полученные на лекции, для этого изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу.

3. Изучить методические указания к лабораторной работе №2 и подготовить отчет по лабораторной работе согласно методическим указаниям.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических занятий допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

5. Изучить рекомендуемую литературу.
6. Выполнить практическую работу.
7. Ответить на контрольные вопросы.
8. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в

редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы:

1. Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.
2. Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.
3. Хорев А.А. Техническая защита информации: Учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.

Лабораторные работы № 7 – 9.

Моделирование и исследование технических каналов утечки информации, возникающих за счет побочных электромагнитных излучений и наводок

Цель работы: проанализировать моделирование и исследование технических каналов утечки информации, возникающих за счет побочных электромагнитных излучений и наводок.

Теоретическая часть

Каждое средство вычислительной техники (техническое устройство АИС) потенциально может образовывать различные каналы утечки информации. Это обусловлено взаимосвязями технических средств, с одной стороны, с объектами внешней среды, а с другой – результатами проявления физических эффектов, входящих в их состав. Проведение физического анализа путем моделирования систем позволяет выявить потенциальные каналы утечки информации.

В ходе данной лабораторной работы проводится моделирование и исследование электромагнитных каналов утечки информации, создаваемых от технических средств передачи, хранения, обработки и отображения информации (ТСПИ), а также электрических каналов утечки информации, наводимых в линиях электропитания и заземления ТСПИ, соединительных линиях ВТСС и посторонних проводниках.

Проверка подготовленности обучаемых к лабораторной работе

Перечень контрольных вопросов:

- 1) Сравнительная характеристика электромагнитного и электрического каналов утечки информации.
- 2) Структурная схема электромагнитного канала утечки информации, возникающего за счет побочных электромагнитных излучений СВТ.
- 3) Структурная схема электрического канала утечки информации, возникающего за счет наводок от побочных электромагнитных излучений СВТ.
- 4) Причины возникновения ПЭМИ в средствах вычислительной техники.
- 5) Причинами возникновения наводок информационных сигналов от СВТ.
- 6) Условия возникновения электромагнитного канала утечки информации.
- 7) Условия возникновения электрического канала утечки информации.
- 8) Сравнительная характеристика опасных зон R2 и r1.

вопросы, ПОДЛЕЖАЩИЕ исследованию

1 - 2. Моделирование и исследование электромагнитных каналов утечки информации, возникающих от технических средств передачи, хранения, обработки и отображения информации (ТСПИ)

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Утечка информации по электромагнитному каналу осуществляется посредством перехвата электромагнитных излучений радиодиапазона, создаваемых от элементов технических средств. *Эти излучения могут быть функциональными и побочными.* С помощью этого канала *может быть осуществлен перехват функциональных сигналов* радиостанций и систем связи, радиолокационных и радионавигационных систем, систем телеуправления, средств радиотелефонной связи, мониторов ПЭВМ, радиозакладок

различного типа, переговоров внутри помещений предприятия с помощью беспроводных служебных систем связи и др.

Перехват информации по радиоканалам имеет ряд преимуществ по сравнению с другими каналами утечки информации, а именно:

- отсутствует непосредственный контакт с источником информации;
- на прием сигналов не влияет ни время года, ни время суток;
- информация получается в реальном масштабе времени;
- перехват информации реализуется скрытно;
- источник информации не имеет сведений о процессе перехвата;
- дальность перехвата ограничивается только особенностями распространения соответствующего диапазона радиоволн и возможностями источника информации.

Классификация радиоканалов утечки информации приведена на рис. 1. При этом утечка информации по радиоканалу может происходить как без преобразования информационного сигнала, так и с его преобразованием, т.е. с помощью радиозакладок, осуществляющих преобразование акустических информационных сигналов в радиоизлучения. В данной лабораторной работе рассматриваются только электромагнитные каналы утечки без преобразования информационного сигнала, создающие условия для перехвата функциональных радиосигналов или побочных электромагнитных излучений.

Перехват информационных излучений реализуется на основе использования разнообразных радиоприемных средств, средств анализа и регистрации информации.



Рис. 1 – Классификация электромагнитных каналов (радиоканалов) утечки информации

Перехват сигналов связных радиостанций

Электромагнитные излучения передатчиков средств связи, модулированные информационным сигналом, могут перехватываться естественным образом с использованием стандартных технических средств.

Упрощенная структура типового комплекса средств перехвата сигналов связных радиостанций включает (см. рис. 2):

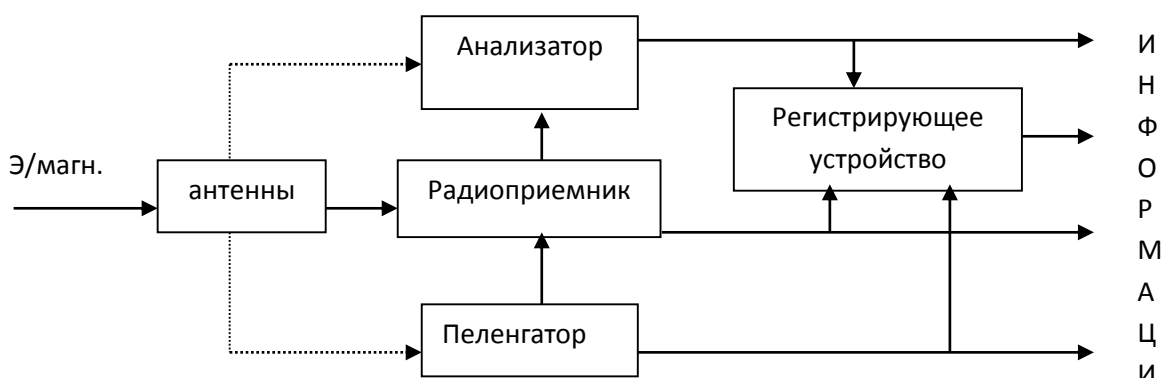


Рис. 2 – Структура комплекса средств перехвата

1) **приемные антенны** – предназначены для преобразования электромагнитной волны в электрические сигналы, амплитуда, частота и фаза которых соответствуют аналогичным характеристикам электромагнитной волны;

2) **радиоприемник** обеспечивает поиск и селекцию радиосигналов по частоте, усиление и демодуляцию (детектирование) выделенных сигналов, их усиление и обработку;

3) **анализаторы технических характеристик сигналов** определяют параметры сигналов: частотные, временные, энергетические, виды модуляции, структуру кодов и др.;

4) **радиопеленгатор** позволяет определить направление на источник электромагнитного излучения и его координаты;

5) **регистрирующее устройство** обеспечивает запись сигналов для документирования и последующей обработки.

Для перехвата радиосигналов связных радиостанций используют различные типы приемников или радиокomплексы. Так, например, используются приемные устройства AR-3000A, AR-5000, APK-ЦТ, Winradio 3100i-DSP, радиокomплексы OSC-5000, APK-MK1, APK-D1, APK-ПК-П, R9000-DM-20 (профессиональный радиоприемник – многофункциональный комплекс).

Перехват радиотелефонных сигналов

Для перехвата радиосигналов со сложной структурой, применяемой в сотовой, пейджинговой и других видах мобильной связи, созданы специальные приемные комплексы. Например, система контроля использования служебных радиотелефонов сотовой связи стандарта NMT-450 TТС-1 (фирма «Нелк») позволяет обнаруживать и сопровождать по частоте входящие и исходящие звонки абонентов сотовой связи, осуществлять слежение по частоте за каналом во время телефонного разговора, вести одновременно автоматическую запись разговора на диктофон и т.д. В комплексе используются ПЭВМ и два приемника AR-3000 А.

Для перехвата сообщений сотовых телефонов созданы автоматизированные станции перехвата сотовых систем связи. В состав станций входят: портативный компьютер, спецдемодулятор, приемное устройство, управляемое компьютером. Достаточно на экране компьютера задать номер интересующего абонента и комплекс будет автоматически записывать входящие переговоры, определять номера звонящих к контролируемому абоненту, сопровождать мобильный объект при переходе из соты в соту. Аналогичные системы существуют и для радиотелефонов отечественной системы «Алтай».

Обработка перехваченного радиосигнала осуществляется с помощью средств технического анализа. К ним относятся: Stabilock 4051, Stabilock 4032, HP 8920 A/D и др.

Для перехвата факсимильных передач применяются специальные комплексы типа 4600-FAX-INT, ФАКС-02, FAX MANAGER и др. Обеспечивают автоматический перехват в реальном масштабе времени любого числа страниц, передаваемых по факсу со скоростью от 300 до 9600 бит/с, запись факсимильного сообщения и служебной информации, вывод их на печать.

Перехват пейджинговых передач осуществляется комплексами АРК-Д1, АРК-ПК с использованием программного обеспечения СМО-ДЕМ, которое реализует следующие функции:

- программа настройки приемника на частоты, предварительно внесенные в файл пейджерных радиостанций;
- прием сообщений, передаваемых в формате PJCSAG со скоростями передачи 512, 1200 или 2400 Бод;
- автоматическое распознавание скорости и полярности передачи;
- регистрация сообщений (сохранение на диске), ручное декодирование и анализ принятых сообщений, оперативный просмотр принятых сообщений, поиск сообщения по шаблону (во всех таблицах кодировки);
- накопление в базе данных информации об абонентах и ее обновление;
- прием сообщений всех абонентов (режим «Обнаружение»);
- сохранение содержимого экрана в файле.

Радиомаяки

Радиомаяки позволяют осуществлять перехват информации о составе технических средств и местах их установки. Такая информация является важной, так как позволяет установить, какие средства обработки и передачи информации устанавливаются в помещениях контролируемой зоны. Кроме того, приобретаемая и устанавливаемая техника может содержать закладные устройства, управляемые дистанционно. Подготовка по организации канала утечки информации включает и процедуру локализации «меченых» технических средств. Для этого могут использоваться радиосигнальные маяки.

Радиосигнальные маяки устанавливаются, например, в упаковку, что позволяет контролировать места размещения закупленных средств вычислительной техники. В системный блок встраиваются дополнительные устройства, которые собираются из стандартных модулей, используемых в ПК, и устанавливаются таким образом, чтобы иметь доступ к выходной или вводимой информации. Передача сигналов маяка на пункт прослушивания осуществляется по радиоканалу.

Побочные электромагнитные излучения

Помимо функциональных сигналов от ТСПИ носителями информации в электромагнитных каналах утечки информации являются побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ), возникающие при обработке информации техническими средствами.

Побочным электромагнитным излучением (ПЭМИ) ТСПИ называется нежелательное радиоизлучение, возникающее в результате нелинейных процессов в блоках ТСПИ.

Основными причинами возникновения электромагнитных каналов утечки информации в ТСПИ являются:

- побочные электромагнитные излучения, возникающие вследствие протекания информативных сигналов по элементам ТСПИ;
- модуляция информативным сигналом побочных электромагнитных излучений высокочастотных генераторов ТСПИ (на частотах работы высокочастотных генераторов);
- модуляция информативным сигналом паразитного электромагнитного излучения ТСПИ (например, возникающего вследствие самовозбуждения усилителей низкой частоты).

Паразитным электромагнитным излучением ТСПИ называется побочное радиоизлучение, возникающее в результате самовозбуждения генераторных или усилительных блоков ТСПИ из-за паразитных связей. Наиболее часто такие связи возникают ***за счёт случайных преобразований отрицательных обратных связей*** (индуктивных или ёмкостных) ***в паразитные положительные***, что приводит к переводу усилителя из режима

усиления в режим автогенерации сигналов. Частота автогенерации (самовозбуждения) лежит в пределах рабочих частот нелинейных элементов усилителей (например, полупроводниковых приборов). В ряде случаев паразитное электромагнитное излучение модулируется информативным сигналом (*модуляцией называется процесс изменения одного или нескольких параметров электромагнитного излучения (например, амплитуды, частоты или фазы)* в соответствии с изменениями параметров информативного сигнала, воздействующих на него).

В средствах вычислительной техники ПЭМИ возникают при следующих режимах обработки информации:

- вывод информации на экран монитора;
- ввод данных с клавиатуры;
- запись информации на накопители;
- чтение информации с накопителей;
- передача данных в каналы связи;
- вывод данных на периферийные печатные устройства – принтеры, плоттеры; запись данных от сканера на магнитный носитель и т.д.

При каждом режиме работы СВТ возникают ПЭМИ, имеющие свои характерные особенности. Диапазон возможных частот побочных электромагнитных излучений СВТ может составлять от 10 кГц до 2 ГГц.

Для перехвата побочных электромагнитных излучений СВТ **используются** специальные стационарные, перевозимые и переносимые приёмные устройства, которые называются техническими средствами разведки побочных электромагнитных излучений и наводок (ТСР ПЭМИН).

Типовой комплекс разведки ПЭМИ включает: специальное приёмное устройство, ПЭВМ (или монитор), специальное программное обеспечение и широкодиапазонную направленную антенну. В качестве примера на рис. 3 приведён внешний вид одного из таких комплексов.



Рис. 3. Комплекс перехвата побочных электромагнитных излучений СВТ:

- а) специальное приёмное устройство PKI2715 (дальность перехвата ПЭМИ от 10 до 50 м); б) широкополосная направленная антенна R&SH 007 (диапазон частот от 80 МГц до 1,3 ГГц, коэффициент усиления 5-7 дБ)

Средства разведки ПЭМИ могут устанавливаться в близлежащих зданиях или машинах, расположенных за пределами контролируемой зоны объекта (рис. 4).



Рис. 4 – Перехват ПЭМИ от средств вычислительной техники техническими средствами разведки

Наиболее опасным (с точки зрения утечки информации) режимом работы СВТ является вывод информации на экран монитора. Учитывая широкий спектр ПЭМИ видеосистемы СВТ ($\Delta F_c > 100$ МГц) и их незначительный уровень, перехват изображений, выводимых на экран монитора ПЭВМ, является довольно трудной задачей.

Дальность перехвата ПЭМИ современных СВТ, как правило, не превышает 30-50 м.

Качество перехваченного изображения значительно хуже качества изображения, выводимого на экран монитора ПЭВМ (рис. 5).

Особенно трудная задача – перехват текста, выводимого на экран монитора и написанного мелким шрифтом (рис. 6).



Рис. 5 – Тестовое изображение, выведенное на экран монитора (а) и изображение, перехваченное средством разведки ПЭМИ (б)

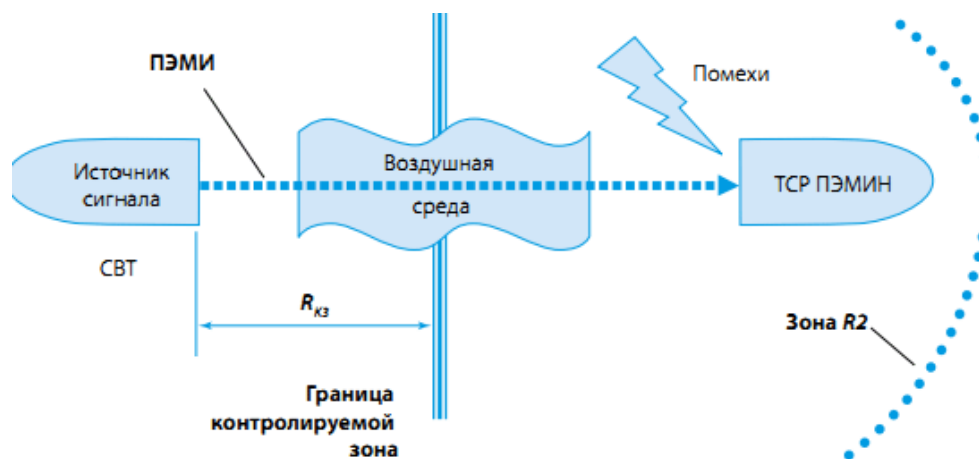


Рис.7 – Схема электромагнитного технического канала утечки информации, возникающего за счёт ПЭМИ от СВТ

Исследование технических каналов утечки информации возможно двумя методами: инструментально-расчетным и схмотехнического моделирования с помощью ЭВМ.

Первый метод требует наличия дорогостоящего оборудования, что затрудняет его использование в образовательном процессе. Тогда как проектирование радиоэлектронных средств технического канала утечки информации с применением ЭВМ требует описания этих объектов на языке математики в виде, удобном для его алгоритмической реализации.

Математическое описание проектируемого объекта называют математической моделью. По способу получения математические модели радиотехнических объектов делят на физические и формальные. Физические модели получают на основе изучения физических закономерностей функционирования проектируемого объекта, так что структура уравнений и параметры модели имеют ясное физическое толкование. Формальные модели получают на основе измерения и установления связи между основными параметрами объекта в тех случаях, когда физика работы его известна недостаточно полно. Как правило, формальные модели требуют большого числа измерений и по своей природе являются локальными, справедливыми вблизи тех режимов, в которых производились измерения. Такие модели называют моделями «черного ящика».

В современных системах автоматизированного проектирования формирование системы уравнений математической модели проектируемого объекта выполняется автоматически с помощью ЭВМ на базе типовых электрических моделей.

Понятие электрической модели включает либо систему уравнений, связывающих напряжения и токи в электрической схеме, являющейся моделью объекта, либо саму электрическую схему, составленную из базовых элементов (резисторов, конденсаторов), на основе которой можно в ЭВМ получить систему уравнений, связывающих напряжения и токи в модели объекта.

Для моделирования технических каналов утечки информации удобнее всего применять информационные технологии, обеспечивающие решение задач схмотехнического проектирования. В качестве программного редактора такой информационной технологии схмотехнического моделирования используется «Electronics Workbench» (EWB), содержащий большую библиотеку радиоэлектронных компонентов, контрольно-измерительные приборы, максимально приближенные к промышленным образцам, имеющий простой легко усвояемый интерфейс.

Рассмотрим процесс схмотехнического моделирования с использованием EWB на примере моделирования электромагнитного технического канала утечки информации (ТКУИ), возникающего за счёт ПЭМИ от средств вычислительной техники (СВТ). Для моделирования ТКУИ в EWB необходимо структурные элементы канала заместить абстракциями в виде типовых элементов, имеющихся в библиотеке компонентов программы. Для этого детализируем схему канала, представив ее в виде, как показано на рис 8.

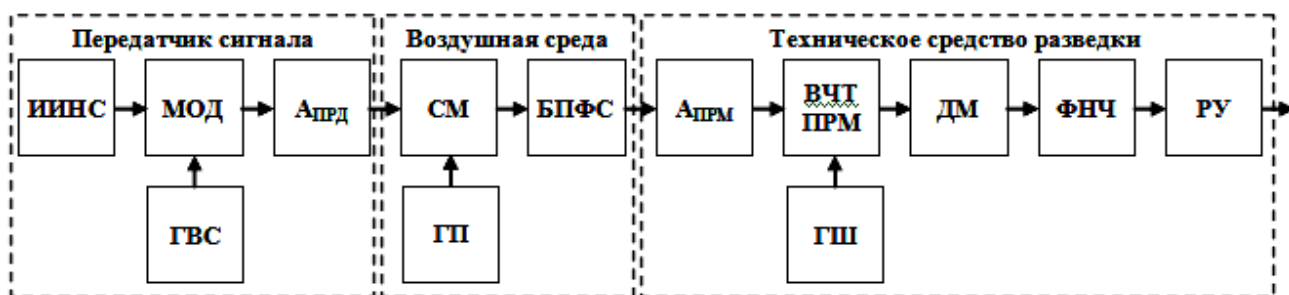


Рис.8 – Функциональная схема электромагнитного технического канала утечки информации, возникающего за счёт ПЭМИ от СВТ

Схемотехническая модель передатчика (источника) сигнала содержит (см. рис.

8):

- источник информационного низкочастотного сигнала (ИИНС);
- генератор высокочастотного сигнала (ГВС), генерирующий несущее колебание;
- модулятор (МОД), т.е. нелинейный преобразователь, формирующий радиосигнал;
- передающую антенну (Апрд), осуществляющую преобразование электрического сигнала в электромагнитное поле.

Для моделирования воздушной среды используются (см. рис. 8):

- генератор помех (ГП), имитирующий естественные или преднамеренные помехи;
- аналоговый сумматор (СМ), формирующий аддитивную смесь сигнала и помехи;
- блок передаточной функции среды (БПФС), имитирующий ослабление и частотные искажения радиосигнала в воздушной среде распространения.

Техническое средство разведки моделируется в виде (см. рис. 8):

- приемной антенны (Апрм), осуществляющей преобразование радиосигнала, распространяющегося в виде электромагнитной волны, в электрический сигнал;
- генератора шума (ГШ), имитирующего наличие внутренних (тепловых) шумов приемника;
- высокочастотного тракта приемника (ВЧТ ПРМ), осуществляющего частотную селекцию и линейное преобразование (усиление) смеси принятого радиосигнала и внутренних шумов;
- демодулятора (ДМ), осуществляющего детектирование сигнала; фильтра низких частот (ФНЧ), предназначенного для выделения низкочастотного информационного сигнала;
- решающего устройства (РУ), осуществляющего распознавание символов информационного сигнала.

В программе EWB в качестве ИИНС могут использоваться: источник гармонического (синусоидального) напряжения; источники амплитудно-модулированных или частотно-модулированных сигналов; генераторы импульсного напряжения.

Генератор импульсного напряжения V1 (см. рис. 11), формирующий меандр, позволяет имитировать битовую последовательность данных, поскольку при большой выборке данных логические нули и единицы в битовой последовательности будут распределены примерно поровну. Высокочастотный несущий сигнал создается с помощью источник гармонического (синусоидального) напряжения V2.

Модулятор и демодулятор в EWB реализуются соответственно с помощью аналогового умножителя A2 и аналогового делителя A4 с управляемыми коэффициентами передачи.

Эквивалентная электрическая схема передающей и приемной антенны представляет собой последовательный колебательный контур, содержащий активное сопротивление, индуктивность и емкость, соответственно элементы R4, L1, C3 и R6, L2, C4. Эквивалентная электрическая схема антенны представлена на рис. 9.

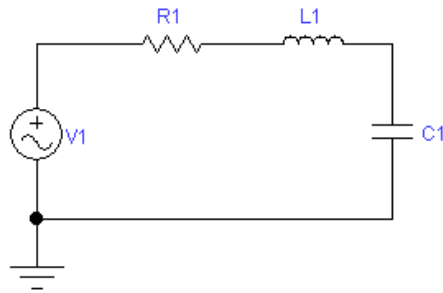


Рис. 9 – Эквивалентная электрическая схема антенны

Передаточная характеристика воздушной среды моделируется с помощью RC фильтра нижних частот (элементы R5, C6), характеризующего пропускную способность среды, и масштабирующего звена A1, в котором реализуется ослабление радиосигнала в среде. Моделирование аддитивной смеси радиосигнала и помехи (шума), имеющейся в среде или во входных цепях приемника, осуществляется с помощью сумматоров напряжений A3 и A5 соответственно.

Генераторы помех и шума могут быть смоделированы с помощью источников частотно-модулированных сигналов (V3, V4) путем задания большой модулирующей частоты близкой к несущей частоте и очень большого индекса модуляции, например как приведено на рис. 10 (а). Осциллограмма полученного шумоподобного сигнала представлена на рис. 10 (б).

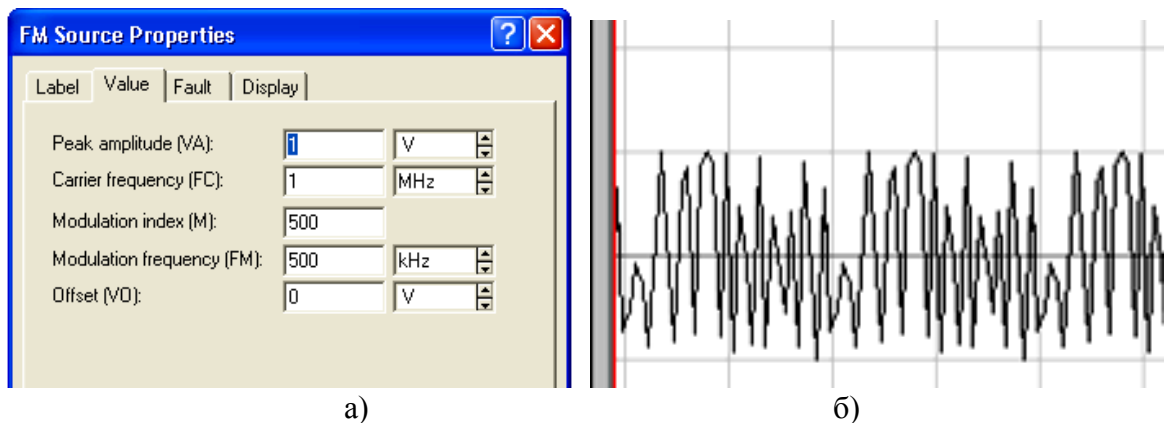


Рис. 10 – Пример моделирования генератора помех (шума) на базе источника ЧМ-сигнала:

- а) Параметры источника ЧМ-сигнала;
- б) осциллограмма шумоподобного сигнала

Простейший ФНЧ, находящийся в приемнике ТСП, реализуется с помощью RC фильтра (элементы R1, C1). Решающее устройство строится на основе управляемого ограничителя напряжения (VR1) и источников опорного напряжения (V5, V6).

Результат схематехнического моделирования в программе EWB представлен на рисунке 11.

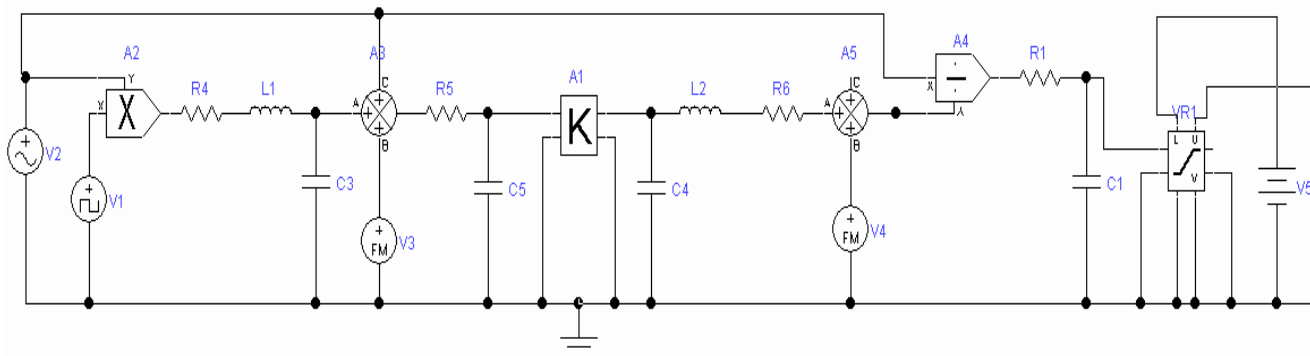


Рис. 11 – Схемотехническая модель электромагнитного ТКУИ
в программе EWB

Разработанная модель позволяет исследовать электромагнитный ТКУИ путем представления структурных элементов канала эквивалентными базовыми компонентами из библиотеки EWB, которые автоматически описываются системами математических уравнений. Изменением их параметров, можно адекватно смоделировать любой электромагнитный ТКУИ с учетом конкретных условий обстановки и оценить величину угрозы безопасности информации.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

- ПЭВМ на каждого обучающегося;
- программный редактор схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

2. Требования безопасности при выполнении работы:

3. Задание для работы

17) Смоделировать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ от СВТ, в программе EWB.

18) Исследовать эквивалентную электрическую схему замещения электромагнитного ТКУИ, возникающего за счёт ПЭМИ от СВТ.

19) Смоделировать и исследовать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ при передаче цифрового видеосигнала.

20) Оформить и защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 1.1. Смоделировать электромагнитный технический канал утечки информации в программе EWB. Для этого необходимо:

- 1) Собрать электрическую схему замещения, приведенную на рис. 12.
- 2) Ввести параметры элементов, как указано на рис. 12, и отладить схему до работоспособного состояния, получив по первому каналу последовательность радиоимпульсов, а по второму каналу – битовую последовательность видеоимпульсов. Для этого установить переключатели S1 и S2 в верхнее положение, переключатель S3 – в левое положение, а переключатель S4 – в правое.



Рис. 12 – Электрическая схема замещения электромагнитного технического канала утечки информации

Пример правильно полученных осциллограмм приведен на рис. 13.

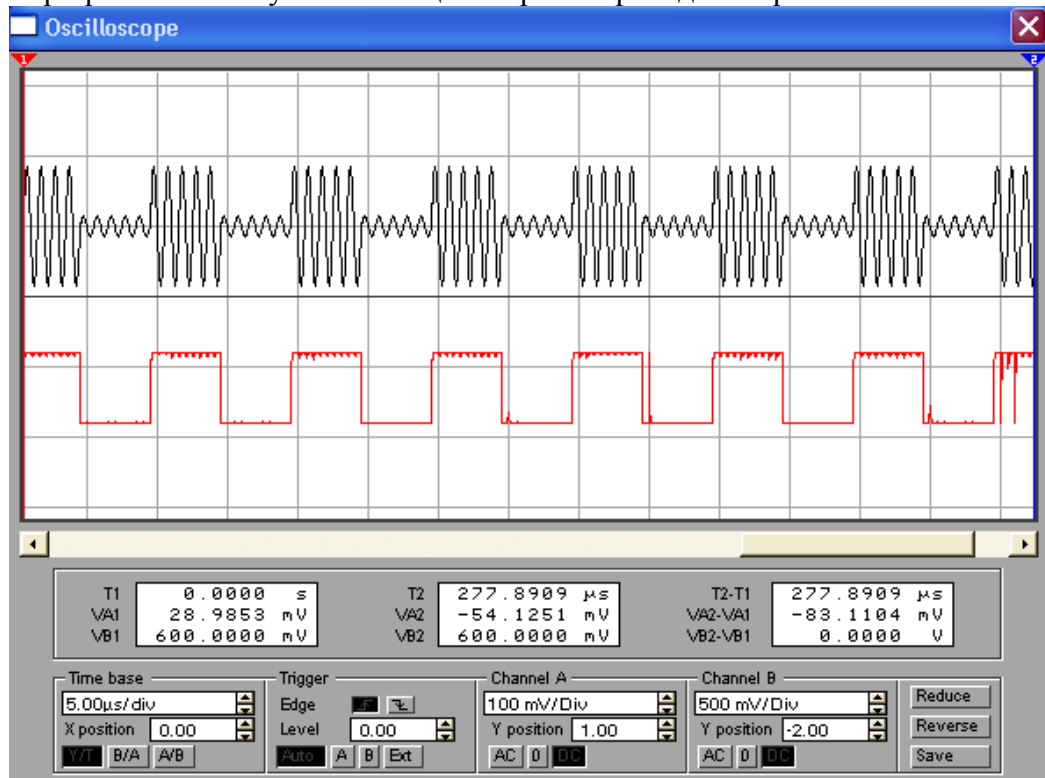


Рис. 13 – Осциллограммы последовательности радиоимпульсов и битовой последовательности видеоимпульсов

- 3) Сравнивая функциональную схему электромагнитного технического канала утечки информации, приведенную на рис. 8, и смоделированную схему, составить схемы замещения для всех функциональных элементов канала.
- 4) Сделать выводы по результатам проделанной работы.

Задание 1.2. Исследовать эквивалентную электрическую схему замещения электромагнитного ТКУИ, возникающего за счёт ПЭМИ от СВТ. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

1) Оценить угрозу утечки компьютерных данных, возникающую за счет наличия данного канала. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

- установить переключатель S4 в левое положение, подключив к первому каналу осциллографа генератор тактовых импульсов V8, формирующий синхроимпульсы большой длительности, в которую укладывается последовательность из 10 бит.

- запустить симулятор EWB, и дать схеме проработать 30 секунд, после чего отключить симулятор;

- произвести подсчет количества ошибочно принятых символов в битовой последовательности, содержащей 100 символов, отображаемых по второму каналу осциллографа, при этом студент выступает в роли решающего устройства технического средства разведки. Для этого, продвигая горизонтальную прокрутку осциллографа, посчитать количество искаженных бит $B_{ош}$ по критерию идеального наблюдателя. Под искаженным битом понимается такой бит, у которого помеха искажает амплитуду импульса на величину не менее половины амплитуды импульса. На приведенном примере (см. рис. 13) искаженными битами являются 10 бит и последний 15 бит;

- определить вероятность правильного приема P_{np} перехваченных символов, воспользовавшись формулой

$$P_{np} = \frac{1 - B_{ош}}{B};$$

- сделать выводы по результатам проделанной работы.
- 2) Определить зависимость вероятности правильного приема символов от отношения сигнал/помеха на входе приемника, для этого необходимо:
 - отключить источник сигнала, переведя переключатели S1 и S2 в нижнее положение, нажав клавишу «1»;
 - подключить источник помех, переведя переключатель S3 в правое положение, нажав клавишу «2»;
 - установить в источнике V3 напряжение помехи, создаваемое генератором помех, равное 1 мВ;
 - включить симулятор и измерить с помощью мультиметра напряжение помехи на входе приемника, результат измерения занести в таблицу 1;
 - далее, изменяя напряжение помехи в пределах от 10 мВ до 50 мВ с шагом 10 мВ, повторить предыдущие два пункта работы, занести измеренные данные в таблицу 1;

Таблица 1 – Измеренные и расчетные данные

U _{ГП} , мВ	1	10	20	30	40	50
U _П , мВ						
U _С , мВ						
h = U _С / U _П						
P _о						

- подключить источник сигнала, нажав клавишу «Пробел, отключить генератор помех, нажав клавишу «1»;
- включить симулятор и измерить с помощью мультиметра напряжение сигнала на входе приемника, занести измеренные данные в таблицу 1;
- рассчитать величину отношения сигнал/помеха на входе приемника, рассчитанные данные занести в таблицу 1.
- одновременно подключить источник сигнала и генератор помех;
- последовательно устанавливая величины напряжения помехи, приведенные табл. 1, запуская кратковременно симулятор, произвести подсчет количества ошибочно принятых символов в битовой последовательности, содержащей более 50 символов, отображаемых по второму каналу осциллографа, а также расчет вероятности правильного приема P_о перехваченных символов, результаты занести в таблицу 1;
- построить в отчете график зависимости вероятности правильного приема символов от отношения сигнал/помеха на входе приемника;
- сделать выводы по результатам проделанной работы.
- 3) Определить зависимость вероятности правильного приема от коэффициента ослабления среды (относительного расстояния от источника сигнала до разведывательного приемника), для этого необходимо:
 - подключить источник сигнала, нажав клавишу «Пробел, отключить генератор помех, нажав клавишу «1»;
 - установить коэффициент ослабления среды распространения в масштабирующем звене схемы, равным 0,1, имитируя определенное расстояние между источником сигнала и разведывательным приемником;
 - запустив кратковременно симулятор, произвести подсчет количества ошибочно принятых символов в битовой последовательности, содержащей более 50 символов, отображаемых по второму каналу осциллографа, а также расчет вероятности правильного приема P_о перехваченных символов, результаты занести в таблицу 2;
 - изменяя коэффициент ослабления от величины 0,09 до 0,01 с шагом 0,02 (т.е. имитируя увеличение расстояния между источником сигнала и разведывательным

приемником), произвести подсчет количества ошибочно принятых символов в битовой последовательности, содержащей более 50 символов, отображаемых по второму каналу осциллографа, а также расчет вероятности правильного приема P_0 перехваченных символов, результаты занести в табл. 2;

- построить в отчете график зависимости вероятности правильного приема символов от величины коэффициента ослабления среды (относительного расстояния от источника сигнала до разведывательного приемника);

- сделать выводы по результатам проделанной работы.

4) Сделать выводы по результатам выполненного задания.

Задание 1.3. Смоделировать и исследовать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ при передаче цифрового видеосигнала. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

1) Моделирование источника сигнала.

Источником сигнала является либо цифровая видеокамера, либо видеоадаптер компьютера.

Компонентный телевизионный видеосигнал представляется в цифровой форме в соответствии с Рекомендацией ITU-R 601. Эта рекомендация устанавливает правила раздельной дискретизации, квантования и кодирования сигнала яркости Y и двух цветоразностных сигналов $R-Y$ (Cr) и $B-Y$ (Cb). Частота дискретизации для яркостного сигнала Y установлена равной 13,5 МГц, для цветоразностных сигналов – 6,75 МГц, т.е. частота дискретизации яркостного сигнала в 2 раза больше частоты дискретизации цветоразностных сигналов. Если взять, как принято, в качестве условной (базовой для иерархии цифровых стандартов) единицы частоту 3,375 МГц, то частоты дискретизации яркостного и двух цветоразностных сигналов будут находиться в соотношении 4:2:2, которое и дает часто используемое название стандарта. При таких значениях частот дискретизации можно практически преобразовать без искажений в цифровую форму сигнал яркости в полосе до 5,75 МГц, а цветоразностные сигналы – в полосе до 2,75 МГц (надо помнить о запасном интервале между граничной частотой сигнала и половиной частоты дискретизации). Стандарт 4:2:2 используется в качестве базового стандарта.

Частоты дискретизации представляют гармоники строчной частоты, что обеспечивает неподвижную ортогональную структуру отсчетов ТВ изображения. Величинам 13,5 и 6,75 МГц кратна, как частота строчной развертки стандарта телевизионного разложения 625/50, так и частота развертки стандарта 525/60. Собственно, выбор в качестве базовой именно частоты 3,375 МГц во многом связан с соображениями кратности с частотами строчной развертки двух мировых стандартов разложения. Это важно потому, что позволило ввести единый мировой стандарт цифрового кодирования компонентного видеосигнала, при котором в активной части строки содержится 720 отсчетов яркостного сигнала и по 360 – каждого цветоразностного. Различие в системах 625/50 и 525/60 заключается в разном числе строк и несколько отличающейся длительности интервала гашения. Полная скорость передачи цифрового компонентного видеосигнала составляет $10 \times 13,5 + 10 \times 6,75 + 10 \times 6,75 = 270$ Мбит/с.

Однако на практике расчет скорости видеопотока производится несколько иначе. Сохраняется только активная часть строки видеосигнала. Рассчитываются следующие составляющие: количество пикселей в кадре для яркостной компоненты = $720 \times 576 = 414\,720$; количество пикселей в кадре для каждой цветностной компоненты = $360 \times 576 = 207\,360$; число битов в кадре = $10 \times 414\,720 + 10 \times 207\,360 \times 2 = 8\,294\,400 = 8,29$ Мбит; и скорость передачи данных (BR) = $8,29 \times 25 = 207,36$ Мбит/с.

Таким образом, источник сигнала может быть схемотехнически смоделирован с помощью источника импульсных напряжений (генератора таковых импульсов), формирующего меандр, который позволяет имитировать цифровой видеосигнал в виде битовой последовательности данных, поскольку при большой выборке данных логические нули и единицы в битовом потоке будут распределены примерно поровну. Исходя из

ранее изложенного, с учетом округления, в качестве источника видеопотока выбираем генератор тактовых импульсов с частотой 100 МГц.

2) Моделирование распределенной антенны.

Распределенной антенной излучающей ПЭМИ является видеокабель.

В теории антенно-фидерных устройств установлено, что эквивалентная электрическая схема передающей антенны может быть представлена в виде последовательного колебательного контура, содержащего активное сопротивление, индуктивность и емкость, как показано на рис. 9.

Для того чтобы окончательно решить задачу моделирования кабеля осталось определить параметры активного сопротивления, индуктивности и емкости. Для этого необходимо воспользоваться справочными данными, в которых указываются значения распределенных параметров кабеля, а именно: погонное сопротивление (Ом/м); погонная емкость (пФ/м); погонная индуктивность (нГн/м).

3) Собрать электрическую схему замещения, приведенную на рис. 13.

Данная схема представляет собой схемотехническую модель канала утечки, возникающего при передаче цифрового видеосигнала по видеокабелю. Будем считать, что в данном канале характеристики приемника технического средства разведки согласованы с характеристиками излучаемого сигнала, т.е. приемник осуществляет прием сигналов без искажений. Также введем допущение, что приемник позволяет корректировать принятый сигнал для его лучшего обнаружения и распознавания. Для этого приемник содержит схемы коррекции в виде генераторов гармонических напряжений.

Установить параметры элементов, как указано на рис. 13, и отладить схему, получив требуемый сигнал по второму каналу осциллографа.

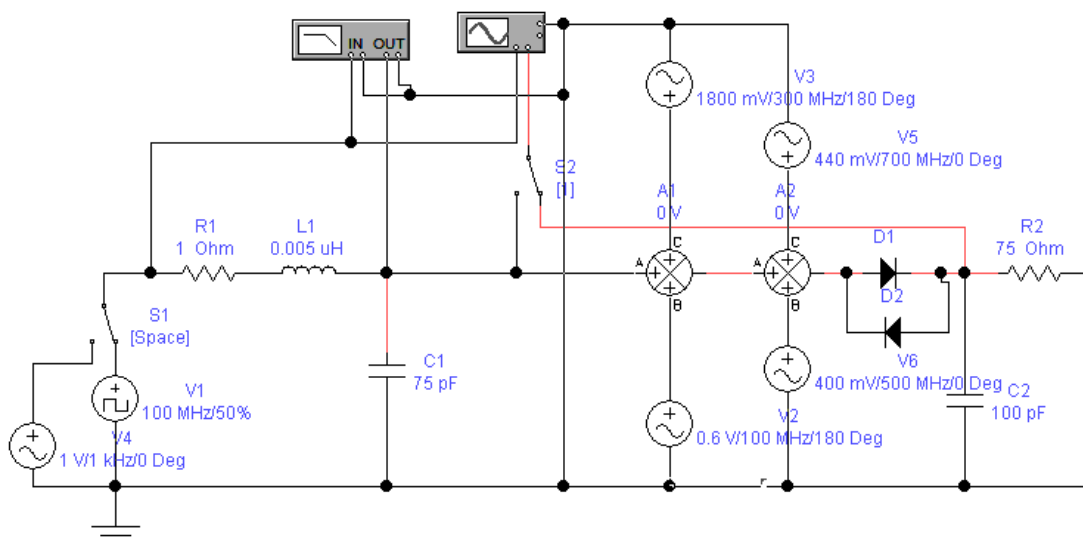


Рис. 13 – Электрическая схема замещения электромагнитного ТКУИ, возникающего за счёт ПЭМИ при передаче цифрового видеосигнала

5) Провести измерение амплитудно-частотной характеристики колебательной системы, имитирующей передающую антенну, для этого:

- подключить к входу последовательного колебательного контура источник гармонического напряжения путем нажатия клавиши «Пробел»;
- измерить с помощью измерителя АЧХ (Bode Plotter) АЧХ контура и определить его резонансную частоту и полосу пропускания по уровню 0,7 (-3 дБ);
- сделать выводы по результатам проделанной работы.

6) Исследовать параметры излучаемого видеосигнала (ПЭМИ), для этого необходимо:

- подключить к входу излучающей колебательной системе (антенне) источник видеосигнала, нажав клавишу «Пробел», а ко входу – второй канал осциллографа;

- зарегистрировать с помощью осциллографа и отобразить в отчете передаваемый видеосигнал (по первому каналу) и излучаемый видеосигнал (по второму каналу), измерить их параметры частоту и амплитуду;
- определить за счет каких физических явлений и эффектов произошло искажение излучаемого видеосигнала;
- зарегистрировать с помощью Фурье-анализатора и отобразить в отчете спектры передаваемого видеосигнала и излучаемого видеосигнала, установив номера необходимых узлов схемы, частоту первой гармоники – 100 МГц и число гармоник – 200;
- измерить с помощью Фурье-анализатора частоты (F) и амплитуды (S1(F) и S2(F)) гармоник с первой по седьмую, как передаваемого, так и излучаемого видеосигнала, результаты измерений занести в таблицу 3;

Таблица 3 – Измеренные и рассчитанные данные

Параметры гармоник	Номер гармоники						
	1	2	3	4	5	6	7
Частота F, МГц							
Амплитуда передаваемого видеосигнала, S1(F), мВ							
Амплитуда излучаемого видеосигнала, S2(F), мВ							
Разность амплитуд, $\Delta S(F)$, мВ							

- рассчитать разность амплитуд гармоник между передаваемым и излучаемым видеосигналами, $\Delta S(F) = S1(F) - S2(F)$, результаты расчета занести в таблицу 3;
 - определить изменения амплитуд, каких гармоник привели к существенному искажению излучаемого сигнала (ПЭМИ);
 - сделать выводы по результатам проделанной работы.
- 7) Исследовать возможность распознавания видеосигнала после перехвата его ПЭМИ с помощью технических средств разведки, с этой целью:

- установить параметры корректирующих генераторов таким образом, чтобы с их помощью устранить разность амплитуд $\Delta S(F)$ для четырех гармоник, внесших наиболее существенный вклад в искажение излученного видеосигнала; при этом если разность $\Delta S(F)$ положительная, то в генераторе начальная фаза должна быть равна 0 градусов, т.е. корректирующий сигнал – синфазен с корректируемым, если разность $\Delta S(F)$ отрицательная, то в генераторе начальная фаза должна быть равна 180 градусов, т.е. корректирующий сигнал должен быть в противоположенной фазе с корректируемым сигналом;
- подключить ко второму каналу осциллографа выход приемника, нажав клавишу «1», запустить симулятор и зарегистрировать с помощью осциллографа и отобразить в отчете откорректированный видеосигнал;
- сравнить откорректированный видеосигнал с исходным передаваемым видеосигналом и сделать вывод о возможности его распознавания.

8) Самостоятельно выполнить данное задание для других исходных данных (см. таблицу 4) по варианту указанному преподавателем. После корректировки принятого

видеосигнала при необходимости провести сглаживание его высокочастотных колебаний подбором величины конденсатора С2.

Таблица 4 – Исходные данные для самостоятельного исследования.

№ варианта	Скорость цифрового видеопотока	Характеристики видеокабеля
1.	400 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.005 \text{ мкГн}, C = 50 \text{ пФ}$
2.	540 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.005 \text{ мкГн}, C = 50 \text{ пФ}$
3.	160 Мбит/с	$R = 1 \text{ Ом}, L = 0.004 \text{ мкГн}, C = 150 \text{ пФ}$
4.	120 Мбит/с	$R = 1 \text{ Ом}, L = 0.004 \text{ мкГн}, C = 150 \text{ пФ}$
5.	140 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 100 \text{ пФ}$
6.	100 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 100 \text{ пФ}$
7.	400 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 50 \text{ пФ}$
8.	540 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 50 \text{ пФ}$
9.	160 Мбит/с	$R = 1 \text{ Ом}, L = 0.01 \text{ мкГн}, C = 80 \text{ пФ}$
10.	120 Мбит/с	$R = 1 \text{ Ом}, L = 0.01 \text{ мкГн}, C = 80 \text{ пФ}$
11.	140 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 150 \text{ пФ}$
12.	100 Мбит/с	$R = 2 \text{ Ом}, L = 0.05 \text{ мкГн}, C = 150 \text{ пФ}$

9) Сделать выводы по результатам выполненного задания.

Задание 1.4. Оформить и защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

1) В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения, задания исследований;
- исследуемые схемотехнические модели каналов утечки информации;
- измеряемые осциллограммы сигналов и их спектры;
- таблицы с результатами измерений и расчетов;
- полученные графики зависимостей;
- выводы по результатам проделанной работы и выполнения заданий.

2) Защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

3. Моделирование и исследование электрических каналов утечки информации, наводимых в линиях электропитания и заземления ТСПИ, соединительных линиях ВТСС и посторонних проводниках

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Электрические каналы утечки информации связаны с перехватом информационных сигналов, проходящих по электрическим цепям различного назначения.

Они могут возникать за счет:

- утечки из электрических сетей связи;
- утечки информационных сигналов в цепях электропитания технических средств обработки информации;
- утечки информационных сигналов в цепь заземления технических средств обработки информации.

Классификация электрических каналов утечки информации приведена на рис. 5.1.

Наибольшее внимание уделяется электрическим цепям связи: проводным, кабельным. Получили распространение как контактные, так и бесконтактные способы подключения.

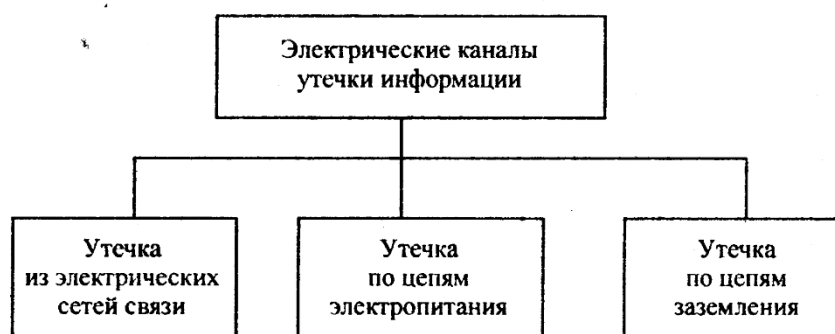


Рис. 5.1. Классификация электрических каналов утечки информации

Появление информационных сигналов в цепях электропитания технических средств, связанных с обработкой и передачей информации, чаще всего обусловлено тем, что они подключены к общим линиям питания.

В любом радиотехническом изделии имеется собственный блок питания, преобразующий входное напряжение от электросети в требуемые для работы напряжения постоянного или переменного тока. Опасный сигнал может при определенных условиях проникать через цепи питания прибора в сеть электропитания помещения, затем через силовой щит, распределительное устройство за пределы здания.

Электрический ток, потребляемый другим техническим средством, может содержать переменную составляющую информационному сигналу, который, как правило, значительно отличается от частоты электросети 50 Гц. С помощью фильтров информационный сигнал может быть выделен, усилен, обработан и записан.

В цепях питания оконечных каскадов усилителей ток, потребляемый аппаратурой, изменяется в соответствии с изменением сигнала на входе усилителей. В результате в цепи питания появляются составляющие информационного сигнала в диапазоне спектра огибающей 0-40 Гц. Исследования разборчивости огибающей речевого сигнала (двузначных чисел) показывают, что она достаточно высокая в указанной полосе частот и составляет 70%. Таким образом, если цепи питания выходят за пределы контролируемой зоны, то имеется реальная возможность перехвата информации.

Информационный электрический сигнал по цепям электропитания может передаваться от закладок, устанавливаемых в технических средствах обработки информации в линиях связи.

Информативное электрическое поле в контуре заземления возникает при подключении к нему оборудования для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и снижения уровня помех. В этом случае токи речевого сигнала вследствие асимметрии трактов передачи информации будут протекать в контуре заземления. Опасный электрический сигнал может быть перехвачен как в заземляющем проводе, так и в «потенциальной» зоне вокруг заземления. Перехват информации во втором случае может быть осуществлен путем расположения одного из электродов аппаратуры разведки в зоне «нулевого» потенциала и перемещения другого электрода в «потенциальной» зоне заземления.

Причинами возникновения электрических каналов утечки информации являются наводки информативных сигналов, под которыми понимаются токи и напряжения в токопроводящих элементах, вызванные побочными электромагнитными излучениями, ёмкостными и индуктивными связями.

Наводки информативных сигналов могут возникнуть:

- в линиях электропитания ТСОИ;
- в линиях электропитания и соединительных линиях ВТСС;
- в цепях заземления ТСОИ и ВТСС;

- в посторонних проводниках (металлических трубах систем отопления, водоснабжения, металлоконструкциях и т.д.).

В зависимости от причин возникновения наводки информативных сигналов можно разделить на [1, 5, 9]:

а) наводки информативных сигналов в электрических цепях ТСОИ, вызванные информативными побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями ТСОИ;

б) наводки информативных сигналов в соединительных линиях ВТСС и посторонних проводниках, вызванные информативными побочными и (или) паразитными электромагнитными излучениями ТСОИ;

в) наводки информативных сигналов в электрических цепях ТСОИ, вызванные внутренними ёмкостными и (или) индуктивными связями («просачивание» информативных сигналов в цепи электропитания через блоки питания ТСОИ);

г) наводки информативных сигналов в цепях заземления ТСОИ, вызванные информативными ПЭМИ ТСОИ, а также гальванической связью схемной (рабочей) земли и блоков ТСОИ.

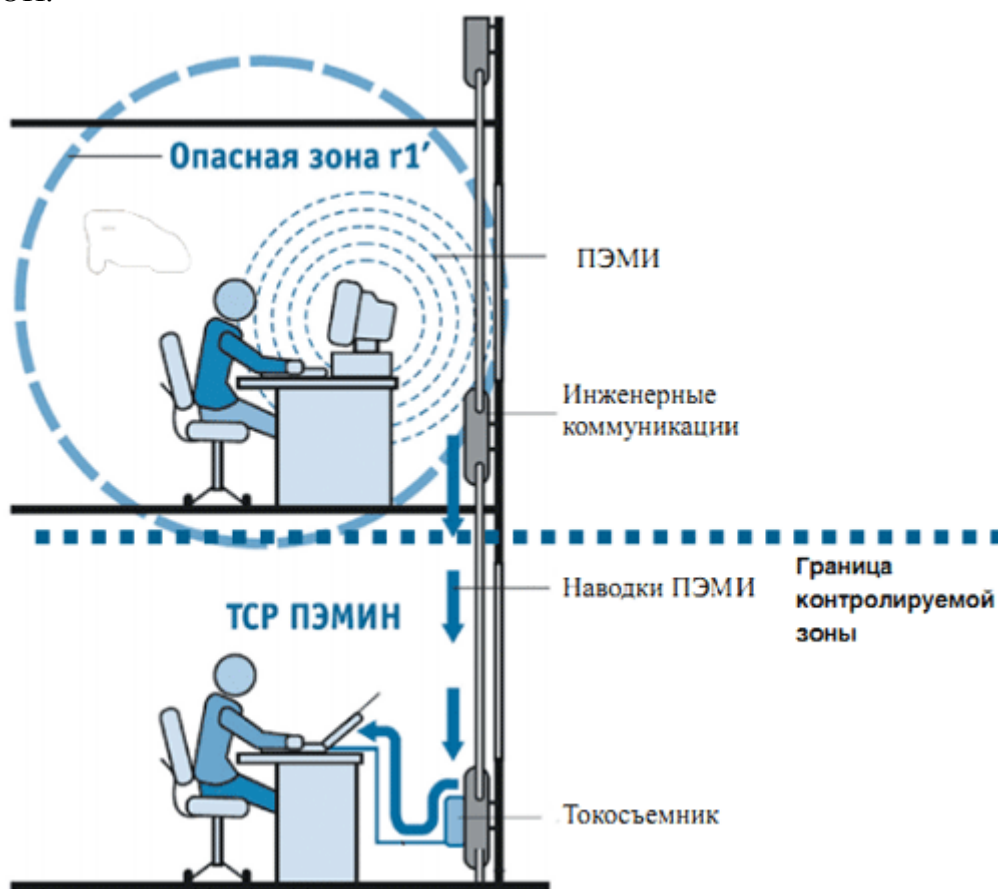


Рис. 8. Перехват наводок информативных сигналов с инженерных коммуникаций техническим средством разведки ПЭМИН

Различные вспомогательные технические средства, их соединительные линии, а также линии электропитания, посторонние проводники и цепи заземления выполняют роль случайных антенн, при подключении к которым средств разведки возможен перехват наведённых информативных сигналов (рис. 8).

Случайные антенны могут быть сосредоточенными и распределёнными.

Сосредоточенная случайная антенна представляет собой компактное техническое средство (например, телефонный аппарат, громкоговоритель радиотрансляционной сети, датчик пожарной сигнализации и т.д.), подключённое к линии, выходящей за пределы контролируемой зоны.

К распределённым случайным антеннам относятся случайные антенны с распределёнными параметрами: кабели, провода, металлические трубы и другие токопроводящие коммуникации, выходящие за пределы контролируемой зоны. Уровень наводимых в них сигналов в значительной степени зависит не только от мощности излучаемых сигналов, но и расстояния до них от ТСОИ.

При распространении по случайной антенне наведённый информативный сигнал затухает. Коэффициент затухания информативного сигнала можно рассчитать или определить экспериментально. При известных коэффициенте усиления случайной антенны, её чувствительности и характеристиках приёмного устройства легко рассчитать значение наведённого информативного сигнала, при котором вероятность его обнаружения приёмным устройством средства разведки будет равна нормированному значению ($P_0 = P_{\Pi}$).

Пространство вокруг ТСОИ, на границе и за пределами которого уровень наведённого от ТСОИ информативного сигнала в сосредоточенных антеннах не превышает допустимого (нормированного) значения ($U = U_n$), называется опасной зоной 1 (r_1), а в распределённых антеннах – опасной зоной 1' (r_1') [1, 7].

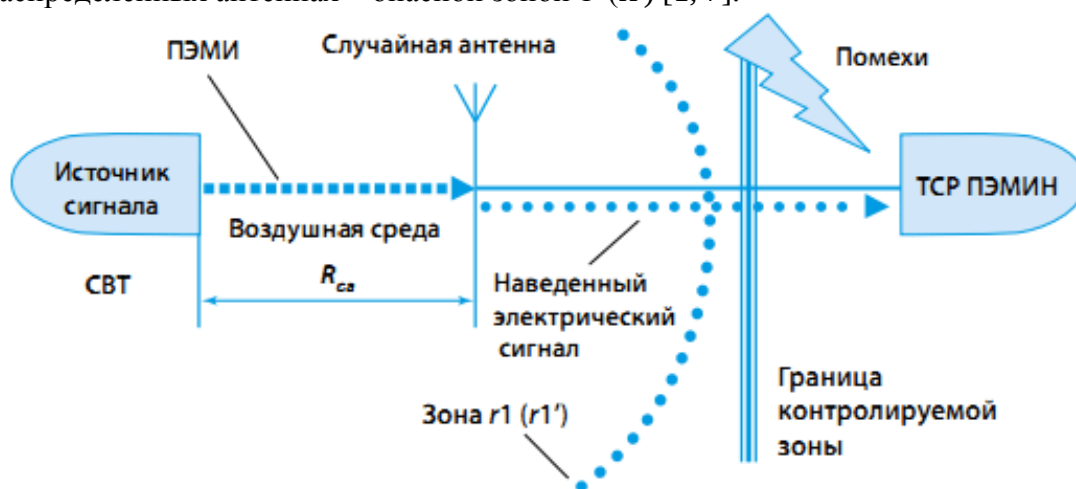


Рис. 9. Схема технического канала утечки информации, возникающего за счёт наводок побочных электромагнитных излучений СВТ в случайных антеннах (схема электрического канала утечки информации)

В отличие от зоны R_2 размер зоны r_1 (r_1') зависит не только от уровня побочных электромагнитных излучений ТСОИ, но и от длины случайной антенны (от помещения, в котором установлено ТСОИ до места возможного подключения к ней средства разведки).

Зоны r_1 и r_1' для каждого СВТ определяются инструментально-расчётным методом, и их значения указываются в предписании на их эксплуатацию СВТ.

Для возникновения электрического канала утечки информации необходимо, чтобы (рис. 9):

- соединительные линии ВТСС, линии электропитания, посторонние проводники и т.д., выполняющие роль случайных антенн, выходили за пределы контролируемой зоны объекта;
- расстояние от СВТ до случайной сосредоточенной антенны было менее r_1 , а расстояние до случайной распределённой антенны было менее r_1' ;
- была возможность непосредственного подключения к случайной антенне за пределами контролируемой зоны объекта средств разведки ПЭМИН.

Появление информативных сигналов в цепи электропитания СВТ возможно как за счёт ПЭМИ, так и при наличии внутренних паразитных ёмкостных и (или) индуктивных связей выпрямительного устройства блока питания СВТ.

Наводки информативных сигналов в цепях заземления СВТ также могут быть обусловлены гальванической связью схемной (рабочей) земли и блоков СВТ.

В случае нахождения трансформаторной подстанции или заземлителя контура заземления за пределами контролируемой зоны объекта, при подключении к ним средства разведки ПЭМИН возможен перехват наведённых в них информативных сигналов (рис. 10).

Схемы технических каналов утечки информации, возникающих за счёт наводок информативных сигналов в линиях электропитания и заземления СВТ, приведены на рис. 11 и 12 соответственно.

Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

– ПЭВМ с программным редактором схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

2. Требования безопасности при выполнении работы

3. Задание для работы

1). Самостоятельно смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в линию электропитания ТСПИ за счет гальванической паразитной связи.

2). Самостоятельно смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в соединительную линию ВТСС за счет емкостной паразитной связи.

3). Самостоятельно смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в цепь заземления ТСПИ за счет индуктивной паразитной связи.

3). Самостоятельно смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки от высокочастотного ПЭМИ информационного сигнала в посторонних проводниках.

5) Составить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы аналогичен предыдущим исследованиям.

5. Защитить отчет по второй части, проделанной лабораторной работы.

Задание обучаемым для самостоятельной учебной работы при подготовке к лабораторной работе:

4. Закрепить и углубить знания, полученные на лекции, для этого изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу.

5. Изучить методические указания к лабораторной работе №2 и подготовить отчет по лабораторной работе согласно методическим указаниям.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

9. Изучить рекомендуемую литературу.

10. Выполнить практическую работу.

11. Ответить на контрольные вопросы.

12. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию:

Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы:

4) Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.

5) Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.

6) Хорев А.А. Техническая защита информации: Учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.

Лабораторные работы № 10 – 13.

Исследование способов и принципов построения и работы технических средств подслушивания акустической (речевой) информации

Цель работы: исследование способов и принципов построения и работы технических средств подслушивания акустической (речевой) информации.

Теоретическая часть

Вводная часть

Проверка подготовленности обучающихся к лабораторной работе

1. Параметры слуховой системы человека.
2. Структура и характеристики технических средств подслушивания.
3. Классификация и характеристики микрофонов.
4. Виды и принципы работы остронаправленных микрофонов.
5. Принципы работы и характеристики диктофонов для скрытной записи.
6. Классификация и характеристики закладных устройств.
7. Варианты камуфлирования закладных устройств.
8. Способы и средства лазерного подслушивания.
9. Способы и средства высокочастотного навязывания.

1 – 2. Моделирование стетоскопа, исследование его характеристик и принципов работы

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Стетоскоп представляет собой вибродатчик, усилитель и головные телефоны. Вибродатчик специальной мастикой прикрепляется к стене, потолку и т.п. Размеры датчика, на примере устройства DTI, составляют 2,2 x 0,8 см. Диапазон частот— 300-3000 Гц, вес — 126 г, коэффициент усиления — 20000. С помощью подобных устройств можно осуществлять прослушивание разговора через стены толщиной до 1 м. Стетоскоп может оснащаться проводом, радио или другим каналом передачи информации. Основным преимуществом стетоскопа можно считать трудность выявления, потому что он может устанавливаться в соседних помещениях.

В качестве примера приведем два устройства: SIPE RS и SIPE OPTO2000, которые отличаются каналом передачи. Микрофон-стетоскоп размером 2x3 см обеспечивает прослушивание через стены толщиной до 50 см и оконные рамы с двойными стеклами. Мощность передатчика SIPE RS — 20 мВт. Дальность — 250 м. Размеры передатчика составляют 44 x 32 x 14 мм, масса — 41 г. Время непрерывной работы— 90 часов. ИК-система SIPE OPTO 2000 обеспечивает радиус действия 500 м и имеет широкую диаграмму направленности [2].

Существуют стетоскопы, у которых чувствительный элемент, усилитель и радио-передатчик объединены в одном корпусе. При очень небольших габаритах радиостетоскоп достаточно прикрепить с помощью специальной липкой массы к стене, полу или потолку в соседнем помещении.

Стетоскоп АД-50 позволяет не только прослушивать разговоры через стены, оконные рамы, двери, но и передавать информацию по радиоканалу. Имеет высокую чувствительность и обеспечивает хорошую разборчивость речевого сигнала. Рабочая частота составляет 470 МГц. Дальность передачи — 100 м. Время непрерывной работы — 24 часа. Размеры — 40 x 23 мм.

Большинством специалистов прогнозируется постоянный рост случаев использования стетоскопов, что в первую очередь объясняется удобством применения подобной техники, а также тем, что их чрезвычайно тяжело найти.

На любительском уровне решить проблему применения стетоскопом можно следующим образом. Необходимо просто взять пьезокристалл и приклеить его эпоксидным клеем к стене, а затем подключить его к усилителю короткими проводниками. В качестве микрофонов-стетоскопов лучше использовать большие и плоские пьезокристаллы. Найти такой пьезокристалл можно в обычном устаревшем проигрывателе, электронных часах игрушках (ЗП-1, ЗП-22 и т.п.) [2].

Ниже представлены примеры схемной реализации малошумящих УНЧ применяемых для микрофонов-стетоскопов.

На рис. 1 представлена схема простого УНЧ с высоким входным сопротивлением и двойным источником питания. Источником сигнала служит пьезоэлемент или пьезоизлучатель. Микрофон-стетоскоп, R4, C4, C2, C3 обеспечивают устойчивость УНЧ (на ВЧ). Конденсаторы C2, C3 размещают максимально близко к ОУ.

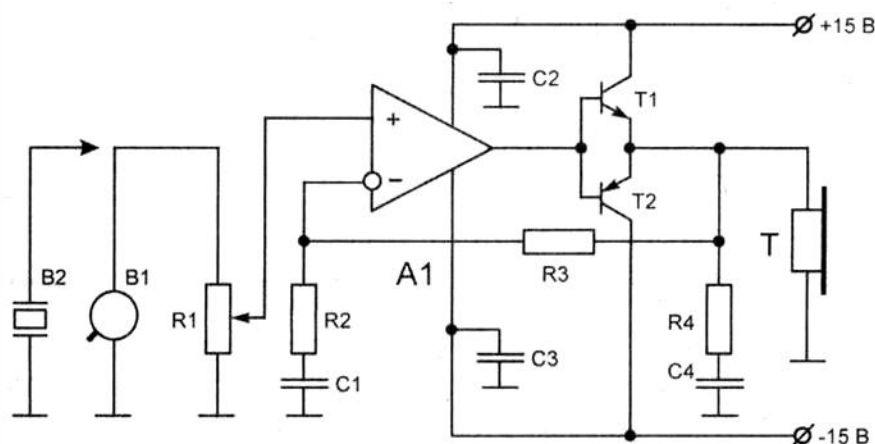


Рис. 1. Схема простого УНЧ с высоким входным сопротивлением и двуполярным источником питания (микрофон-стетоскоп)

Элементы для схемы, изображенной на рис. 1:

- R1 = 100 К - 1 М (регулировка громкости);
- R2 = 10-20 К (регулировка чувствительности);
- R3 = 1-2 М;
- R4=10Ом;
- C1 = 0,1-1,0 мкФ;
- C2, C3 = 0,1-0,3 мкФ;
- C4 = 0,1 мкФ;
- A1 — операционный усилитель (ОУ) 140УД12, 140УД20, 140УД8 или любые другие ОУ с внутренней коррекцией;
- T1, T2 — КТ3102, КТ3107 или КТ315, КТ361 или аналогичные комплементарные (парные) транзисторы;
- B1 — пьезоэлемент ГЗП-308, ПЭ-1 или аналогичные;
- B2 — пьезоизлучатель ЗГИ, ЗП-22 или аналогичные;
- Т — телефон ТМ-2А или аналогичные.

На рис. 2 представлена схема простого УНЧ с высоким входным сопротивлением и одним источником питания. Источником сигнала служит пьезоэлемент или пьезоизлучатель. Микрофон-стетоскоп, R4, C4, C2 обеспечивают устойчивость УНЧ (на ВЧ). Конденсатор C2 размещают максимально близко к ОУ.

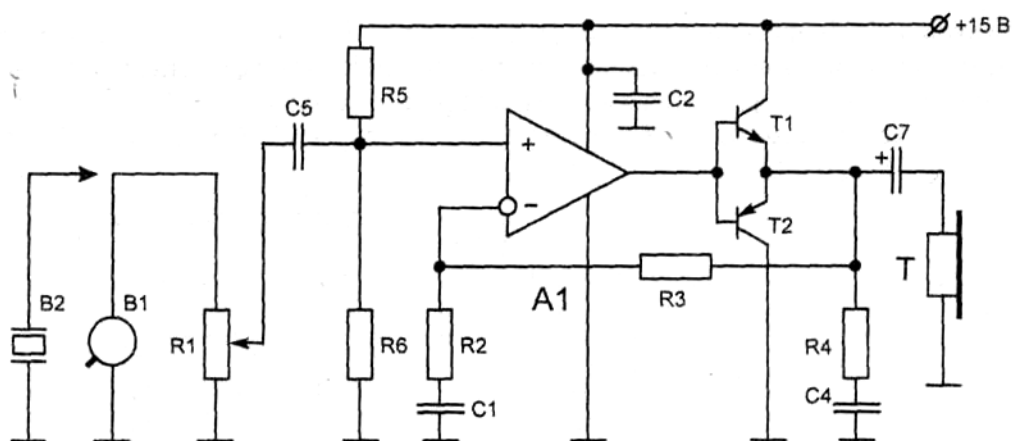


Рис. 2. Схема простого УНЧ с высоким входным сопротивлением и однополярным источником питания (микрофон-стетоскоп)

Элементы для схемы, изображенной на рис. 3.26:

- R1 = 100 К - 1 М (регулировка громкости);
- R2 = 10 - 20 К (регулировка чувствительности);
- R3 = 1 - 2М;
- R4 = 100м;
- R5, R6 - 1-2 М;
- C1 = 0,1 - 1,0 мкФ;
- C2 = 0,1 - 1,3 мкФ;
- C4 = 0,1мкФ;
- C5 = 0,1-1,0 мкФ;
- A1 — операционный усилитель (ОУ) 140УД8, 140УД12, 140УД20 или любые другие ОУ с внутренней коррекцией (желательно) и в типовом включении;
- T1, T2 — КТ3102, КТ3107 или КТ315, КТ3 61 или аналогичные комплементарные (парные) транзисторы;
- B1 — пьезоэлемент ГЗП-308, ПЭ-1 или аналогичные;
- B2 — пьезоизлучатель ЗП-1, ЗП-22 или аналогичные;
- Т — телефон ТМ-2А или аналогичные.

Подслушивание с помощью стетоскопа возможно не только через стены. Этот же эксперимент можно повторить, но уже с оконным стеклом. В этом случае пьезокристалл крепится к стеклу. При этом для обеспечения скрытности пьезокристалл крепится к стеклу близко в раме. Прикрепить его к стеклу можно и со стороны улицы. При этом хорошо слышно все, что происходит в комнате. Неплохо слышно, даже если прикрепить кристалл к внешнему стеклу в случае двойной рамы. Даже двойная рама не защищает полностью. Можно не сомневаться, что при использовании пьезокристалла относительно большой площади (1-2 см²), а также малошумящего и чувствительного усилителя звук будет довольно громким и четким.

Аналогичный опыт может быть проведен со столом. Оказывается, традиционная ДСП-плита стола с прикрепленным пьезокристаллом может быть прекрасным микрофоном, обеспечивающим хорошее качество звука.

Содержание практической работы, выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

- Учебно-действующие макеты стетоскопа и технического средства высокочастотного навязывания;

– ПЭВМ с электронным обучающим модулем «Спецтехника» и с программным редактором «Electronics Workbench».

2. Требования безопасности при выполнении работы:

I. Перед началом выполнения лабораторной работы:

5. Изучить оборудование и рабочее место.

6. Получить разрешение к выполнению лабораторных работ от руководителя занятий или лаборанта.

II. Во время выполнения лабораторных работ:

Убедиться, что на измерительных приборах переключатели установлены в исходном положении ручек, на минимальное напряжение и максимальные пределы измерения.

Включать питающие напряжения и собранные схемы только после разрешения руководителя занятий или лаборанта и предупреждения всех работающих.

Проверять наличие питающих напряжений и проводить измерения электрических величин только с помощью соответствующих измерительных приборов, одной рукой, после установки на них максимально ожидаемого результата и рода измеряемой величины.

ВНИМАНИЕ!

- Не прикасаться к открытым токоведущим частям, проводникам, клеммам и зажимам, не облакачиваться на приборы, не прикасаться к батареям, не отвлекаться от измерений, не производить изменений в схеме и не оставлять без наблюдения цепь, находящуюся под напряжением.
- При работе с катушками индуктивности и конденсаторами не трогать их и соединительные провода, так как вследствие резонанса могут возникнуть большие токи и напряжение.
- При обнаружении неисправностей в измерительных приборах **немедленно** отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

III. По окончании выполнения лабораторных работ:

1. Докладать руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.

2. Обесточить собранные схемы, разобрать их (если это предусмотрено) и выключить контрольно-измерительные приборы.

3. Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

ПРИ РАБОТЕ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- производить самостоятельное включение автоматов защиты, заменять предохранители, устранять неисправности и повреждения;
- проводить какие-либо переключения, соединения, не предусмотренные инструкциями по выполнению лабораторных работ.

ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ:

- немедленно отключить автоматы защиты, доложить руководителю занятий и действовать согласно его указаний;
- при поражении электрическим током оказать первую помощь в соответствии с принятой методикой до прибытия врача.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ:

- лица, нарушившие требования инструкции отстраняются от выполнения лабораторных работ и допускаются только после сдачи зачета по правилам и мерам безопасности;
- при выводе из строя приборов и оборудования лаборатории по вине лица, проводившего работы и в случае нарушения требования инструкции, они несут материальную ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Воспользовавшись программой «Electronics Workbench» необходимо собрать

простейшую схему стетоскопа, представляющую собой схему усилителя низкой (звуковой) частоты в соответствии с рисунком 1. При этом установить параметры элементов, приведенные на схеме.

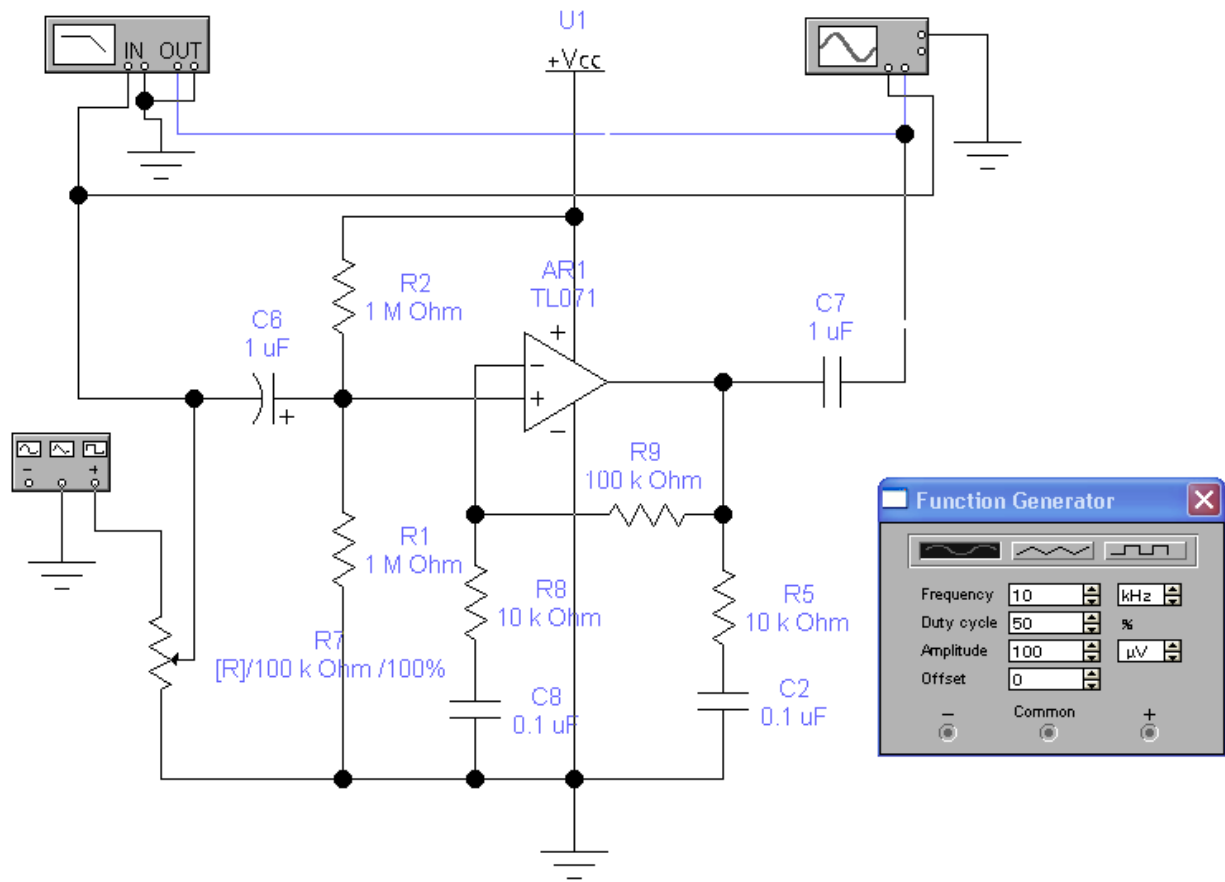


Рис. 1. Принципиальная схема микрофонного усилителя

3.2. Запустив схему измерить с помощью осциллографа амплитуду звукового сигнала на выходе усилителя. Отобразить в отчете по лабораторной работе осциллограммы выходного сигнала усилителя на частотах 1 kHz и 3 kHz. и сравнить их с входными сигналами. Сделать вывод.

3.3. По формуле (1) рассчитать коэффициент усиления усилителя на указанных частотах в абсолютных и относительных единицах

$$K_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}, \quad K_U = 20 \lg \left(\frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \right), \text{ [дБ]} \tag{1}$$

3.4. Исследовать амплитудно-частотную характеристику стетоскопа. Для этого на генераторе звуковой частоты выставить гармоническое колебание со значением амплитуды (Amplitude) равным 100 mV, значением цикла (Dute cycle) 50%, начальным значение частоты (Frequency) 200 Hz. Изменяя значение частоты на генераторе от 200 Hz до 4 KHz, с шагом приведенным в таблице 1, измерить значения выходного напряжения Uвых на выходе усилителя. Рассчитать коэффициент усиления по формуле (1), при различных значениях входного сигнала. Данные занести в таблицу 1.

№ п/п	Частота генератора F(Hz)	Напряжение на входе усилителя Uвх (мВ)	Напряжение на выходе усилителя Uвых(мВ)	Коэффициент усиления по напряжению KU (дб)
1.	200			
2.	400			

3.	600			
4.	800			
5.	1000			
6.	1200			
7.	1400			
8.	1600			
9.	1800			
10.	2000			
11.	2200			
12.	2400			
13.	2600			
14.	2800			
15.	3000			
16.	3200			
17.	3400			
18.	3600			
19.	3800			
20.	4000			

3.5. Построить график зависимости коэффициента усиления K_U от частоты F . Убедиться в правильности расчета АЧХ, сравнив ее АЧХ, построенной измерителем АЧХ (Bode Plotter). Сделать вывод.

3.6. Провести анализ выходного сигнала $U_{\text{вых}}$ на наличие нелинейных искажений, вносимых усилителем стетоскопа. Для этого для частот 3,6; 3,8 и 4 kHz с помощью Фурье-анализатора измерить спектры сигналов, установив значения основной частоты – 100 kHz, а количество гармоник – 200. Отобразить в отчете по лабораторной работе спектры сигналов и сделать вывод.

3.7. Исследовать влияние величины параметров RC низкочастотного фильтра, собранного на элементах R5 и C2, на качество работы стетоскопа. Для этого изменить величину емкости C2, установив ее равную 1 nF, и провести исследование выходного сигнала на частотах 3,6; 3,8 и 4 kHz, измерив спектры этих сигналов. Отобразить в отчете по лабораторной работе спектры сигналов и сделать выводы.

3.8. Исследовать влияние величины сопротивления R9 на качество работы стетоскопа. Для этого изменить величину сопротивления R9, установив его равным 50 и 300 КОм, и провести исследование выходного сигнала на частоте 4 kHz. Отобразить в отчете по лабораторной работе осциллограмму и спектр сигнала и сделать вывод.

3.9. При измененных поочередно на порядок в низ и в верх параметров элементов усилителя стетоскопа: R5 и C2 провести исследование АЧХ стетоскопа по методике, приведенной в пункте 3.4. Построить в отчете по лабораторной работе новую АЧХ стетоскопа, сравнить ее с предыдущей АЧХ и сделать вывод.

Задание. Оформить и защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

1) В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения, задания исследований;
- исследуемые схемы;
- измеряемые осциллограммы сигналов и АЧХ;
- таблицы с результатами измерений и расчетов;
- полученные графики зависимостей;
- выводы по результатам проделанной работы и выполнения заданий.

2) Защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

3 – 4. Моделирование радиозакладного устройства, исследование его характеристик и принципов работы

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

С целью обеспечения реальной возможностью скрытного подслушивания и существенного повышения его дальности широко применяются закладные устройства (закладки, радиомикрофоны, «жучки», «клопы»). Эти устройства перед подслушиванием скрытно размещаются в помещении злоумышленниками или привлеченными к этому сотрудниками организации, проникающими под различными предлогами в помещение. Такими предлогами могут быть посещения руководства или специалистов посторонними лицами с различными предложениями, участие в совещаниях, уборка, ремонт помещения и технических средств и т. д.

Закладные устройства в силу их большого разнообразия конструкций и оперативного применения **создают серьезные угрозы безопасности речевой информации** во время разговоров между людьми практически в любых помещениях, в том числе в салоне автомобиля.

Разнообразие закладных устройств порождает многообразие их вариантов их классификаций. Вариант классификации указан на рис. 3.

По виду носителя информации от закладных устройств к злоумышленнику их можно разделить на проводные и излучающие закладные устройства. Носителем информации от проводных закладок является электрический ток, который распространяется по электрическим проводам. Проводные закладки, содержащие микрофон для преобразования акустических речевых сигналов в электрические, относятся к акустическим закладным устройствам, а ретранслирующие электрические сигналы с речевой информации, передаваемые по телефонной линии, образуют группу проводных телефонных закладок.

Проводные акустические закладки представляют собой:

- субминиатюрные микрофоны, скрытно установленные в бытовых радио- и электроприборах, в предметах мебели и интерьера и соединенные тонким проводом с микрофонным усилителем или диктофоном, размещаемыми в других помещениях;
- миниатюрные устройства, содержащие микрофон, усилитель и формирователь сигнала, передаваемого, как правило, по телефонным линиям и цепям электропитания.



Рис. 3.15. Классификация закладных устройств

Проводные акустические закладки в виде микрофона имеют высокую чувствительность и помехоустойчивость, но наличие провода демаскирует закладки и усложняет их установку, в особенности в условиях дефицита времени. Поэтому такие закладки могут устанавливаться во время ремонта или в помещениях с возможностью достаточно простого и длительного доступа в них людей, например, в номера гостиниц. Закладки, использующие цепи электропитания, размещаются, в основном, в местах подключения проводов электропитания к выключателям и сетевым розеткам.

Излучающие закладные устройства лишены недостатков проводных, но у них проявляется **другой демаскирующий признак** – излучения в радио- и оптическом диапазонах. В зависимости от вида первичного сигнала **радиозакладки можно разделить** на аппаратные и акустические. **Аппаратные закладки устанавливаются** в телефонных аппаратах, ПЭВМ и других радиоэлектронных средствах. Входными сигналами для них являются электрические сигналы, несущие речевую информацию (в телефонных аппаратах), или информационные последовательности, циркулирующие в ПЭВМ при обработке конфиденциальной информации. В таких закладках отсутствует микрофон, что упрощает их конструкцию, и имеется возможность использования для электропитания энергию средства, в котором установлена закладка.

Наиболее широко применяются акустические радиозакладки, позволяющие сравнительно просто и скрытно устанавливать их в различных местах помещения. **Простейшая акустическая закладка содержит** (см. рис. 4) следующие основные устройства: микрофон, микрофонный усилитель, генератор несущей частоты, модулятор, усилитель мощности, антенну.

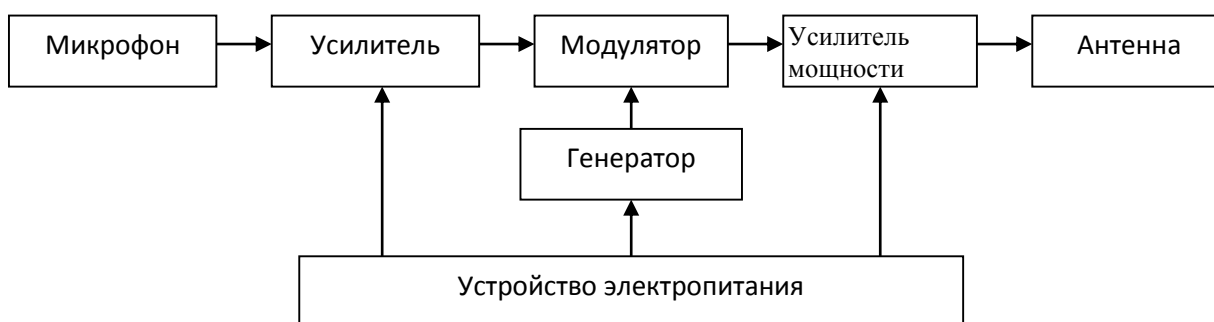


Рис. 4. Схема акустической закладки

Микрофон преобразует акустический сигнал с информацией в электрический, **который усиливается** до уровня входа модулятора. **В модуляторе** производится модуляция колебания несущей частоты, т. е. производится перезапись информации на высокочастотный сигнал. Для обеспечения необходимой мощности излучения модулированный сигнал усиливается **в усилителе мощности**. Излучение радиосигнала в виде электромагнитной волны осуществляется **антенной**, как правило, в виде отрезка провода.

В целях сокращения веса, габаритов и энергопотребления в радиозакладке указанные функции технически реализуются минимально возможным количеством активных и пассивных элементов. **Простейшие закладки содержат всего один транзистор.**

По диапазону частот закладные устройства отличаются большим разнообразием. На ранних этапах использования закладных устройств частоты излучений их привязывали к частотам бытовых радиоприемников в УКВ-диапазоне. При массовом появлении у населения бытовых радиоприемников увеличилась опасность случайного перехвата сигналов радиозакладок посторонними лицами. Поэтому **большинство типов современных закладок имеют более высокие частоты в УВЧ-диапазоне.**

Для более 96% радиозакладок **рабочие частоты сосредоточены в интервале 88-501 МГц**, причем с частотами 92.5-169.1 МГц выпускаются 42% радиомикрофонов, а с частотами 373.4-475.5 МГц — 52% радиомикрофонов. Наиболее интенсивно используется диапазон частот 449.7-475.5 МГц, в котором сосредоточены рабочие частоты 36% образцов.

Продолжается тенденция дальнейшего повышения частот, в том числе с переходом **в ГГц диапазон**. С увеличением частоты передатчика уменьшается уровень помех, что позволяет снизить мощность передатчика и, соответственно, его габариты, а также длину антенны.

В интересах повышения скрытности для излучающих закладных устройств осваивается **ИК-диапазон**. Однако в силу большего по сравнению с радиоволнами затухания ИК-лучей в среде распространения и необходимостью прямой видимости между излучателем ИК-закладки и фотоприемником злоумышленника применение подобных закладных устройств ограничено.

Кроме диапазона частот на условия передачи закладкой информации влияет **стабильность частоты ее передатчика**. Для простых схемных решений передатчика закладки значения его частоты изменяются в значительных пределах в зависимости от температуры и питающего напряжения. **Величина дрейфа рабочей частоты радиозакладок может достигать единиц МГц**. В результате этого радиоприемник, настроенный на частоту радиозакладки, через некоторое время «теряет» радиосигнал. Это обстоятельство имеет важное значение для обеспечения автоматического приема сигналов радиозакладок, например, в случае, когда подслушивание производится аппаратурой в автомобиле при отсутствии в нем оператора. **Частоты** около половины предлагаемых на рынке **радиозакладок стабилизируются**.

Повышение стабильности частоты излучения обеспечивается путем: применения в колебательном контуре генератора элементов со слабой температурной зависимостью, температурной компенсации, стабилизации питающих напряжений, включения в колебательный контур элементов, стабилизирующих его частоту.

В закладных устройствах «мягкая» стабилизация со стабильностью частоты 10^{-5} - 10^{-4} **достигается** схемотехническими решениями (стабилизацией напряжения, температурной компенсацией и др.). **Для большей стабильности** частоты передатчика («жесткой», со стабильностью 10^{-5} - 10^{-6}) в качестве стабилизирующих элементов **используются пластины кристалла кварца**. Частота стабилизации зависит от вида среза кристалла кварца, толщины и размеров его пластины, включенной в цепь генератора. Стабилизация частоты излучения радиозакладки усложняет ее схему и увеличивает габариты передатчика, но существенно улучшает удобство работы.

Другой проблемой, возникающей при применении закладных устройств, является обеспечение их энергией в течение времени подслушивания. Возможности современной микроэлектроники по созданию миниатюрных закладных устройств ограничиваются, в основном, масса-габаритными характеристиками автономных источников питания (химических элементов). Микрогабаритные источники тока, широко применяемые в электронных часах, обеспечивают работу закладных устройств в течение короткого времени (десятков часов при минимально-допустимой мощности излучений для дальности до сотни метров). **Для закладных устройств используются гальванические элементы с высокой удельной энергией** — ртутно-цинковые, серебряные и литиевые. **Усредненные характеристики этих элементов приведены** в табл. 2.

Таблица 2.

Тип элемента	Рабочее напряжение, В	Максимальная емкость, Ач/кг	Плотность энергии, Втч/кг	Срок хранения, лет
Ртутный	1.2 — 1.25	185	120	3
Серебряный	1.5	285	130	2.5

Литиевый	3	750	350	5
----------	---	-----	-----	---

Наиболее распространены ртутно-цинковые элементы. В них в качестве анода используются оксид ртути (HgO), катода — смесь порошка ртути и цинка или сплава индия с титаном, а электролит представляет собой 40% щелочь. Для малогабаритных приборов отечественной электропромышленностью созданы элементы РЦ-31С, РЦ-33С и РЦ-55УС с удельной энергией 600-700 кВт/м.

Среди гальванических источников тока зарубежного производства широкое применение находят элементы фирм Duracell, Varta, Kodak.

Увеличение времени эксплуатации и повышение скрытности работы закладного устройства достигается путем автоматического подключения к источнику питания наиболее энергоемкого узла радиозакладки - передатчика. В первом варианте в закладке устанавливается специальное устройство – акустический автомат, подключающее к источнику питания передатчик при появлении на мембране микрофона акустического сигнала. В тишине во включенном состоянии (в «дежурном» режиме) находится лишь микрофонный усилитель с исполнительными электронным реле. При возникновении в помещении акустических сигналов от разговаривающих людей реле по сигналу от микрофонного усилителя подключает передатчик и закладное устройство излучает радиосигналы с информацией. После прекращения разговора исходное состояние реле восстанавливается и излучение прекращается.

Во втором варианте закладные устройства дистанционно включаются на излучение по внешнему радиосигналу, подаваемому злоумышленником. Эти закладные устройства обеспечивают повышенную скрытность и более длительное время работы. Однако **для их эффективного применения надо иметь дополнительный канал утечки сведений о времени циркулирования конфиденциальной информации в помещении**, где установлено закладное устройство. Например, надо достаточно точно знать время, когда будут вестись в помещении конфиденциальные разговоры. Так как дистанционно управляемые закладки содержат устройство для приема управляющих радиосигналов, то они наиболее сложные и, следовательно, дорогие.

Рациональным решением задачи обеспечения закладных устройств электропитанием является подключение их к устройствам питания радио и электроприборов, в которые устанавливаются закладки. Широко применяются подобные закладные устройства в телефонных аппаратах, закамуфлированные под их элементы (конденсаторы, телефонные капсюли и др.), в тройниках для подключения нескольких приборов к одной розетке электросети. По оценке экспертов в 75% закладных устройств используется автономное (батарейное) питание, 8% - питание от сети и 17% - питание от телефонной линии.

Следует отметить, что применяются, пока редко, также пассивные закладки, - без собственных источников электропитания. **Для активизации они облучаются внешним электромагнитным полем** на частоте, соответствующей резонансной частоте колебательного контура закладки, образованного элементами ее конструкции. Модуляция радиосигнала производится в результате воздействия акустической волны на частотоподающие элементы конструкции закладки.

Жесткие требования к габаритам, массе, энергопотреблению закладных устройств ограничивают мощность излучения их передатчиков. Наиболее часто (более 80%) применяются радиомикрофоны, мощность излучения которых находится в интервале 3 - 11 мВт, закладки с более высокой мощностью – до 22 мВт составляют менее 10% . Встречаются закладки и большей мощности излучения (до 200 мВт и более), однако их доля крайне незначительна. Малая мощность излучения передатчиков радиозакладок определяет относительно небольшую дальность приема их сигналов. Около 75% образцов обеспечивает функционирование канала на расстояниях 50 – 350 м, 16% – на расстояниях

460 - 600 м, 7% – на расстояниях 740 - 800м и только около 2% – на расстояние до 1000 и более метров.

В общем случае технические данные закладных устройств находятся в следующих пределах:

- частотный диапазон — 27-900 МГц;
- мощность — 0.2-500 мВт;
- дальность — 10-1500 м;
- время непрерывной работы — от нескольких часов до нескольких лет;
- габариты — 1-8 дм³;
- вес — 5-350 г.

Основная проблема оперативного применения закладных устройств заключается в рациональном размещении их в помещении или в радиоэлектронном средстве. Рациональность достигается при обеспечении:

- поступления на вход закладки сигнала с уровнем, необходимым для качественной передачи звуковой или иной информации;
- скрытности размещения и работы закладки, по крайней мере, в течение времени подслушивания интересующей злоумышленника информации.

Эффективность выполнения этих условий зависит от удаленности места установки закладки от источников звука и наличия между ними звукопоглощающих и звукоизолирующих экранов, от чувствительности микрофона, размеров и параметров акустики, прежде всего, от времени реверберации помещения и времени, которым располагает злоумышленник для установки. Чувствительность современных малогабаритных микрофонов обеспечивает достаточно качественный прием акустических сигналов на удалении до 10-15 м при отсутствии экранов на пути распространения акустической волны.

Установка закладных устройств возможна с заходом злоумышленника в помещение, где производится их размещение, или без захода. Первый вариант позволяет более рационально разместить закладку как с точки зрения энергетики, так и скрытности, но связана с повышенным риском для злоумышленника. Поэтому в случаях, когда создаются предпосылки для дистанционной (беззаходовой) установки закладки, их забрасывают в помещение или ими выстреливают из пневматического ружья или лука. Например, комплект PS фирмы Sipe Electronic состоит из специального бесшумного пневматического пистолета с прицельным расстоянием 25 м и радиозакладкой, укрепленной на стреле. Стрела после выстрела надежно прикрепляется с помощью присоски к поверхностям из металла, дерева, пластмассы, бетона и других гладких строительных и облицовочных материалов. Микрофон обеспечивает съем речевой информации с расстояния до 10 м, а передатчик — ее передачу на расстояние до 100 м.

Несмотря на сравнительно малые размеры и вес закладных устройств они могут быть обнаружены при тщательном визуальном осмотре помещения. **С целью продления времени их оперативного использования, а также приближения микрофонов к источнику звука закладные устройства камуфлируют под предметы, не вызывающие подозрение у окружающих людей.** Трудно назвать предметы личного пользования, средства оргтехники, средства бытовой радиоэлектроники, в которые не устанавливались бы различные устройства для подслушивания. Некоторые из таких средств подслушивания приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Наименование	Тип, фирма	Характеристики
Радиопередатчики в:	ELECTRONIC:	
стакане	PK535	65x100 мм, 210 г, солнечные батареи
пепельнице	PK565-S	90x45 мм, 480 г, солнечные батареи
подсвечнике	PK580	100x175 мм, 650 г, солнечные батареи
калькуляторе	PK620-S	135x 100 мм, радиус действия 150-200 м

розетке	PK550	140х60х40 мм, 380 г, дальность до 600 м
настольной зажигалке	PK575	80х32х52 мм, 150 г, время работы до 80 ч
гвозде	PK520	35кб мм, 96 г, 36 часов до 200 м
шариковой ручке	PK585	135х 11 мм, 25 г. 6 часов, до 300 м
часах	PK1025-S	88s108 или 130s150 МГц, 6 часов.
ремне	PK850-S	139 МГц, до 800 м.
в запонках, булавке для галстука	STG4140, STG	15-150 МГц, мощность 5 мВт.
Радиопередатчик в видеокассете	UM 007.3, SMIRAB ELECTRONIC	136-146 МГц, до 300 м, время непрерывной работы 3 суток
Магнитофон в книге	PK660, ELECTRONIC	200х250х65 мм, 1200 г, время записи 2х90 мин.
Магнитофон в пачке сигарет	PKI 985, ELECTRONIC	155х87х21 мм, 160 г, 11ч.

Телефонные радиоретрансляторы

Телефонные радиоретрансляторы (рис. 3.13) чрезвычайно популярны и представляют собой радиоудлинители для передачи телефонных разговоров по радиоканалам.

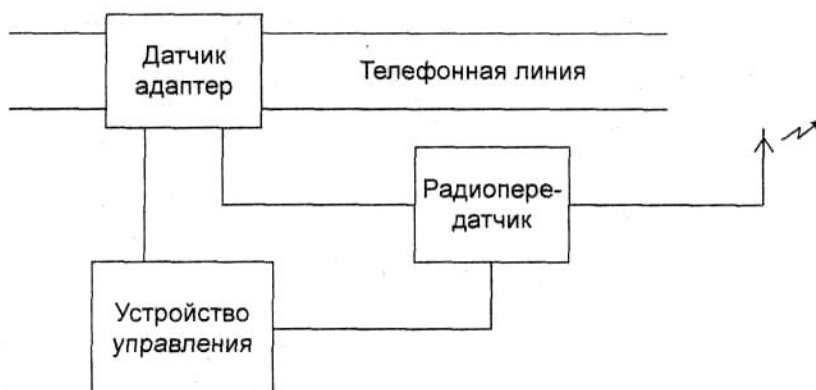


Рис. 3.13. Структурная схема радиоретранслятора

Большинство телефонных закладок автоматически включаются при поднятии трубки и передают информацию к пункту перехвата и записи. Источником питания для радиопередатчика является, как правило, напряжение телефонной сети. Поскольку в данном случае не требуется ни батареи, ни встроенного микрофона, размеры ретранслятора могут быть очень небольшими. Недостатком подобных устройств является то, что они могут быть выявлены по радиоизлучению.

Малогабаритный кварцевый передатчик AD-31 предназначен для контроля телефонной линии. Дальность действия — до 300 м и больше. Диапазон частот — 350-450 МГц. Имеет каналы А, В или С. Включается в разрыв телефонной линии. Габариты — 18х38х10 мм, вес — 15 г.

Компактный ЧМ-передатчик FD-45-4 для контроля телефонной линии. Закамуфлирован в телефонную розетку. Дальность действия — до 150 м. Габаритные размеры — 22х16х12 мм, вес — 210 г. Чтобы уменьшить возможность выявления радиоизлучения, применяют тот же способ, что и в случае с радиомикрофоном: уменьшают мощность излучения передатчика, установленного на телефонной линии, а в безопасном месте устанавливают более мощный ретранслятор, который переизлучает сигнал на другой частоте и в зашифрованном виде.

Стоит учесть, что нельзя исключать возможность применения радиопередатчиков, использующих псевдошумовые сигналы и (или) работающих "под шумами". В этом случае выявление радиозакладок еще более осложняется. Для маскировки телефонные радиоретрансляторы выпускаются в виде конденсаторов, фильтров, реле и других стандартных узлов элементов, входящих в состав телефонной аппаратуры.

Существуют ретрансляторы, выполненные в виде микрофона трубки (например, модель CRISTAL фирмы Sipe). Подобные изделия можно очень легко и быстро установить в интересный телефонный аппарат. Следует отметить, что зачастую не требуется выполнять даже и таких простых операций. Очень распространены телефонные аппараты с кнопочным номеронабирателем типа ТА-Т, ТА-12. Благодаря особенностям своей конструкции они переизлучают информацию на десятках частот СВ, КВ и УКВ диапазона на расстояние до 200 м. Еще проще подслушать разговор, если используется телефон с радиоудлинителем, представляющим собой две радиостанции: одна смонтированная в трубке, вторая — в самом телефонном аппарате. В этом случае достаточно только настроить приемник на необходимую частоту.

Для подобных целей выпускаются и специальные разведывательные приемники. Например, приемник "Минипорт" фирмы "Роде и Шварц" с диапазоном частот 20-1000 МГц. Этот приемник имеет небольшие габариты (188x74x212), универсальное питание и встроенный процессор. Запоминающее устройство может сохранять в памяти до 30 значений частот и осуществлять сканирование в заданном диапазоне с переменным шагом.

Содержание практической работы, выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:
 - Учебно-действующий макет закладного подслушивающего устройства;
 - ПЭВМ с электронным обучающим модулем «Спецтехника» и с программным редактором «Electronics Workbench».
2. Требования безопасности при выполнении работы:
3. Порядок выполнения работы
 - 3.1. Воспользовавшись программой «Electronics Workbench» необходимо собрать схему ЧМ передатчика в соответствии с рис. 1. При этом необходимо использовать следующие параметры элементов схемы: R1 – 1Мом, R2 - 100Kohm, R3 = 10K Ohm, R4 – 100Ohm, R5–10KOhm, R6–1KOhm, C1,C2–0,1uF, C3 – 0,01uF, C4 – 35pF, C5 – 4,7pF, L1 – 0,1uH, транзисторы T1, T2 – в классе 2n3xxx – 2N3904 , частота генератора 3 kHz с амплитудой 300mV, элемент питания схемы 9В.

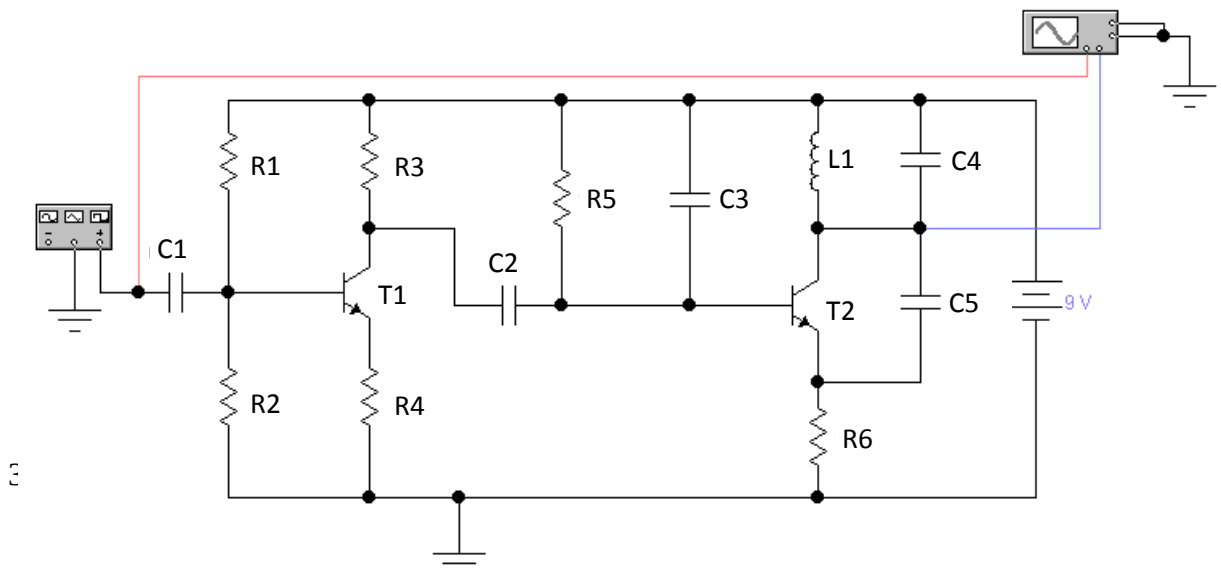


Рис. 1. Принципиальная схема ЧМ передатчика

- 3.3. По известным вам формулам рассчитайте частоту ВЧ колебания.
- 3.4. Изменяя частоту звука на генераторе низкой частоты по значениям, приведённым в таблице 1, рассчитайте частоту выходного высокочастотного колебания передатчика и занесите данные в соответствующие клетки таблицы. Сделать вывод.

$$F_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k \cdot C_k}}$$

- 3.5. По формуле $F_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k \cdot C_k}}$, используя номиналы деталей L1 и C4 передатчика, рассчитать частоту на которую настроен передатчик. Рассчитать параметры параллельного контура для перестройки рабочей частоты передатчика на 35, 90, 106, 433, 700 MHz. Данные и расчеты записать в тетрадь. Сделать вывод.
- 3.6. По данным таблицы, и наблюдаемым осциллограммам, при различных частотах входного НЧ колебания, сделать вывод.
- 3.7. Занесите таблицу в тетрадь. Оформить отчет по работе и сделать выводы.

Таблица 1.

№ п/п	Частота НЧ генератора $F_{ген}(Гц)$	Период колебаний на выходе контура $T_k(ms)$	Частота ВЧ колебания на выходе контура $F_{пер}(МГц)$
1	10Hz		
2	100 Hz		
3	500Hz		
4	1000Hz		
5	2000Hz		
6	10000Hz		
7	15000Hz		
8	20000Hz		
9	25000Hz		
10	30000Hz		

4. Составить отчет о выполнении лабораторной работы. В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- схему усилителя;
- указанные в задании таблицы и зависимости;
- по результатам работы сделать обобщающие выводы о технических возможностях ЧМ приемника закладного подслушивающего устройства.

Задание. Оформить и защитить отчет по второй части проделанной лабораторной работы.

1) В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения, задания исследований;
- исследуемые схемы;
- измеряемые осциллограммы сигналов и их спектры, АЧХ;
- таблицы с результатами измерений и расчетов;
- полученные графики зависимостей;
- выводы по результатам проделанной работы и выполнения заданий.

2) Защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

Задание обучаемым для самостоятельной учебной работы при подготовке к лабораторной работе:

6. Закрепить и углубить знания, полученные на лекции, для этого изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу.

7. Изучить методические указания к лабораторной работе №6 и подготовить отчет по лабораторной работе согласно методическим указаниям.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

13. Изучить рекомендуемую литературу.
14. Выполнить практическую работу.
15. Ответить на контрольные вопросы.
16. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Торокин А.А. Инженерно-технической защита информации. – М.: «Гелиос АРВ», 2005.
2. Конахович Г.Ф. и др. Защита информации в телекоммуникационных системах. – К.: «МК-Пресс», 2005.

Лабораторные работы № 14 – 15.

Исследование акустического канала утечки информации, создаваемого способом высокочастотного навязывания

Цель работы: исследование акустического канала утечки информации, создаваемого способом высокочастотного навязывания.

Теоретическая часть

Одним из способов добывания речевой информации, циркулирующей в выделенном помещении, является применение средств высокочастотного навязывания, позволяющих обеспечить съем информации по телефонным линиям при положенной микротелефонной трубке телефонного аппарата.

В ходе данной лабораторной работы проводится моделирование и исследование процесса паразитной (несанкционированной) модуляции, а также принципов действия средств высокочастотного навязывания.

Вопросы, подлежащие исследованию

1. Моделирование и исследование процесса паразитной (несанкционированной) модуляции (интермодуляции)

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Добывание речевой информации путем высокочастотного навязывания достигается с помощью модуляции внешних высокочастотных радио– или электрических сигналов первичным электрическим сигналом, несущим речевую информацию. Для обеспечения такой модуляции необходимо дистанционно подавать внешнее электромагнитное поле или высокочастотные электрические сигналы на элементы, параметры которых или протекающие по ним токи меняются под действием речевых сигналов.

В качестве таких элементов могут использоваться различные полости с электропроводной поверхностью, представляющие собой высокочастотные контуры с распределенными параметрами и объем которых меняется под действием акустической волны. Если частота такого контура совпадает с частотой высокочастотного навязывания, а поверхность полости находится под воздействием акустической информацией, то эквивалентный контур переизлучает и модулирует внешнее поле.

Более часто в качестве модулирующего применяется нелинейный элемент, в том числе в схеме телефонного аппарата. В этом случае высокочастотное навязывание обеспечивается подведением к телефонному аппарату высокочастотного гармонического сигнала путем подключения к телефонному кабелю высокочастотного генератора. В результате взаимодействия высокочастотного колебания с речевыми сигналами на нелинейных элементах телефонного аппарата происходит модуляция высокочастотного колебания, речевым низкочастотным сигналом и излучение промодулированного высокочастотного колебания проводами телефонного аппарата. Так как частота высокочастотного навязывания злоумышленнику известна, то модулированные высокочастотные сигналы могут быть перехвачены его приемником.

Содержание практической работы, выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

- ПЭВМ на каждого обучающегося;

– программный редактор схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

3. Задание для работы

21) Смоделировать в программе EWB и исследовать процесс паразитной модуляции на нелинейном элементе – диоде.

22) Смоделировать в программе EWB и исследовать процесс паразитной модуляции на конденсаторном микрофоне.

23) Оформить и защитить отчет по первой части проделанной лабораторной работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 1.1. Смоделировать в программе EWB и исследовать процесс паразитной модуляции на нелинейном элементе – диоде. Для этого необходимо:

1) Собрать электрическую схему замещения, приведенную на рис. 1.

Данная схема содержит акустоэлектрический преобразователь телефонного аппарата – микрофон, смоделированный с помощью трех генераторов гармонических колебаний V1, V3, V4, резисторов R5, R6, R7, R8 и аналогового сумматора A1, с выхода которого поступает многотональный сигнал, подобный речевому сигналу. Данный сигнал является модулирующим сигналом. В качестве модулятора выступает диод D1 (модель BA157GP из библиотеки general1). Источником внешнего модулируемого сигнала является генератор ВЧ-навязывания смоделированный с помощью источника гармонического колебания V2 и резистора R4. АМ-сигнал снимается с сопротивления нагрузки R3.

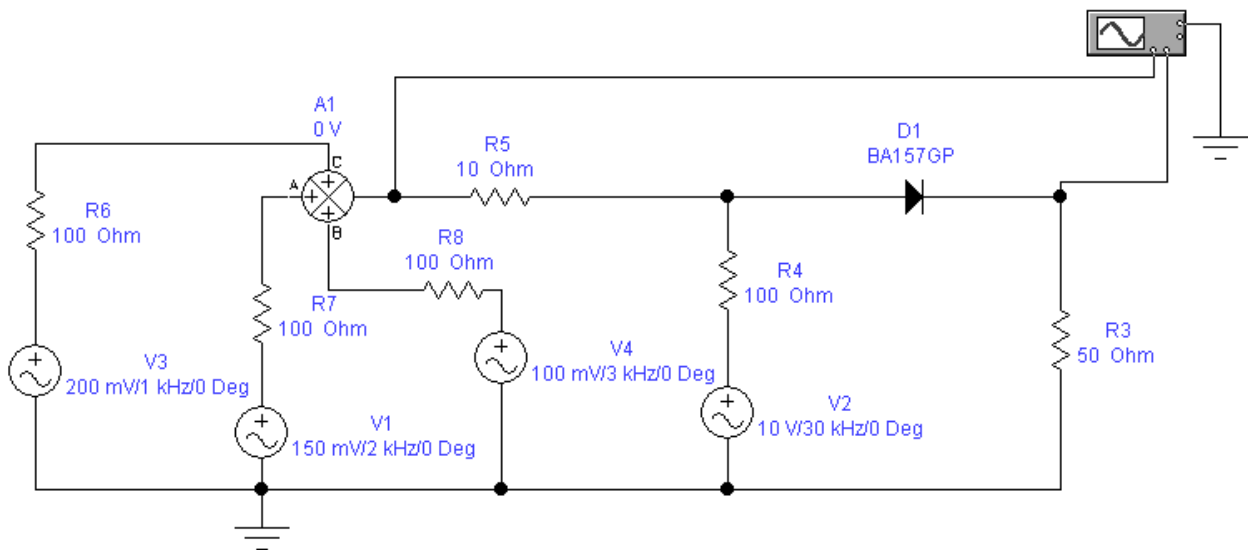


Рис. 1 – Электрическая схема замещения процесса модуляции на диоде

2) Установить параметры элементов, как указано на рис. 1, и отладить схему до работоспособного состояния, получив по обоим каналам осциллографа исследуемые сигналы.

3) Снять по первому каналу осциллографа и отобразить в отчете временную диаграмму и спектр речевого сигнала, выступающего в качестве информационного модулирующего сигнала.

4) Подключить ко второму входу осциллографа выход генератора V2, снять и отобразить в отчете временную диаграмму модулируемого сигнала, являющегося переносчиком информации.

5) Подключить второй вход осциллографа к входу диода D1, снять и отобразить в отчете временную диаграмму аддитивной смеси сигналов на входе диода D1.

6) Подключить второй вход осциллографа к выходу диода D1, снять и отобразить в отчете временную диаграмму амплитудно-модулированного сигнала.

7) Получить спектр амплитудно-модулированного сигнала. Для этого в Фурье-анализаторе установить основную частоту – 1 кГц, количество гармоник – 100 и запустить симулятор. Отобразить полученный спектр в отчет.

8) Сделать выводы по результатам проделанной работы. Кратко описав все физические процессы модуляции внешнего несущего сигнала, создаваемого генератором ВЧ-навязывания, информационным акустическим сигналом.

Задание 1.2. Смоделировать в программе EWB и исследовать процесс паразитной модуляции на конденсаторном микрофоне. Для этого необходимо:

1) Собрать электрическую схему замещения, приведенную на рис. 2.

Данная схема содержит акустоэлектрический преобразователь телефонного аппарата – микрофон, смоделированный с помощью трех генераторов гармонических колебаний V1, V3, V4, резисторов R5, R6, R7, R8 и аналогового сумматора A1, с выхода которого поступает многотональный сигнал, подобный речевому сигналу. Данный сигнал является модулирующим сигналом. В качестве модулятора выступает конденсаторный микрофон схемотехнически смоделированный из поляризационного конденсатора C1, источника постоянного напряжения (аккумулятора) V5 и нагрузочного сопротивления R9. Источником внешнего модулируемого сигнала является генератор ВЧ-навязывания, смоделированный с помощью источника гармонического колебания V2 и резистора R4. В данной схеме приведен также амплитудный детектор приемника ВЧ-навязывания, спроектированный на диоде D1 (модель BA157GP из библиотеки general1). Для развязки цепей конденсаторного микрофона и детектор по цепи постоянного тока в схему введен конденсатор C2. Амплитудно-модулируемый сигнал снимается с сопротивления нагрузки R10.

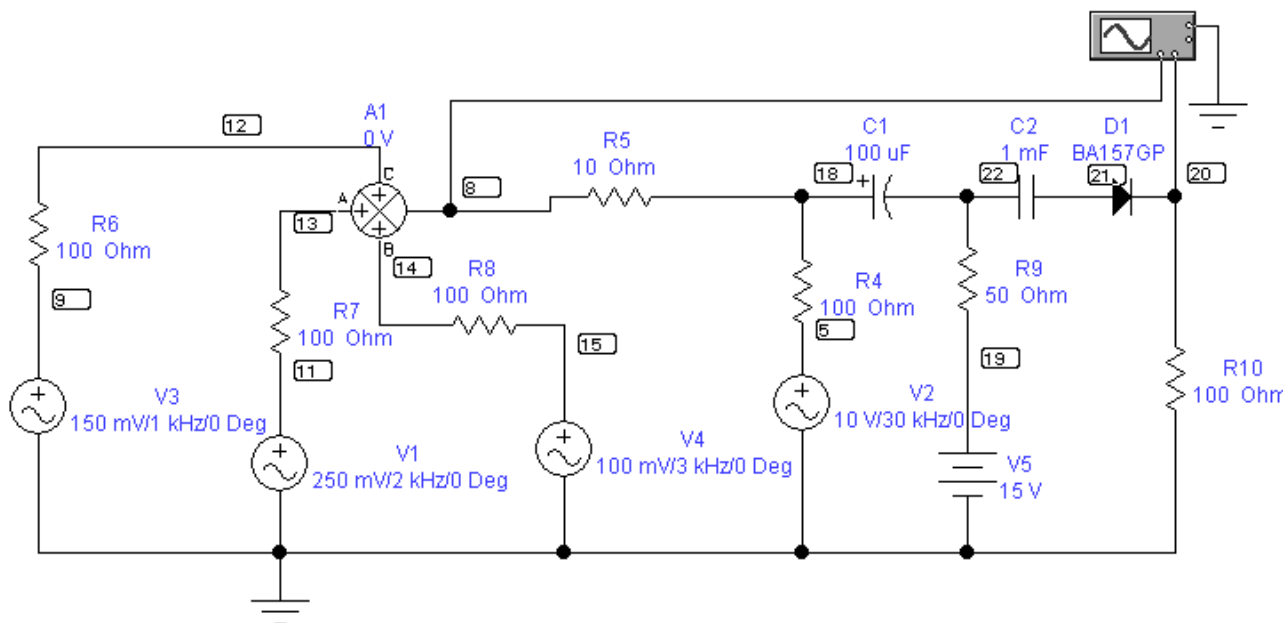


Рис. 2 – Электрическая схема замещения процесса модуляции на конденсаторном микрофоне

2) Установить параметры элементов, как указано на рис. 2, и отладить схему до работоспособного состояния, получив по обоим каналам осциллографа исследуемые сигналы.

3) Снять по первому каналу осциллографа и отобразить в отчете временную диаграмму и спектр речевого сигнала, выступающего в качестве информационного модулирующего сигнала.

4) Подключить ко второму входу осциллографа выход генератора V2, снять и отобразить в отчете временную диаграмму модулируемого сигнала, являющегося переносчиком информации.

5) Подключить второй вход осциллографа к положительному входу конденсатора С1, снять и отобразить в отчете временную диаграмму аддитивной смеси сигналов на входе конденсатора С1.

6) Подключить второй вход осциллографа к выходу конденсатора С1, снять и отобразить в отчете временную диаграмму сигнала с выхода конденсатора С1.

7) Подключить второй вход осциллографа к выходу диода D1 (детектора приемника ВЧ-навязывания), снять и отобразить в отчете временную диаграмму амплитудно-модулированного сигнала.

8) Получить спектр амплитудно-модулированного сигнала. Для этого в Фурье-анализаторе установить основную частоту – 1 кГц, количество гармоник – 100 и запустить симулятор. Отобразить полученный спектр в отчет.

9) Сделать выводы по результатам проделанной работы. Кратко описав все физические процессы модуляции внешнего несущего сигнала, создаваемого генератором ВЧ-навязывания, информационным акустическим сигналом.

2. Моделирование и исследование принципов действия средств высокочастотного навязывания

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Для съема информации используется высокочастотное навязывание. Под ВЧ навязыванием понимается способ получения информации, при котором в телефонную линию в сторону прослушиваемого телефона подают от специального генератора ВЧ колебания (рис. 3). Эти колебания за счет нелинейных элементов телефонного аппарата взаимодействуют с речевыми сигналами при разговоре (поднятая телефонная трубка) или с ЭДС микрофонного эффекта звонка (положенная трубка). Звуковой и ВЧ сигналы образуют сложную полиномиальную зависимость, т.к. нелинейность выполняет роль модулятора. Получается что-то вроде квазителефонной радиозакладки, в которой генератор ВЧ колебаний вынесен, а нелинейность аппарата выполняет роль модулятора.

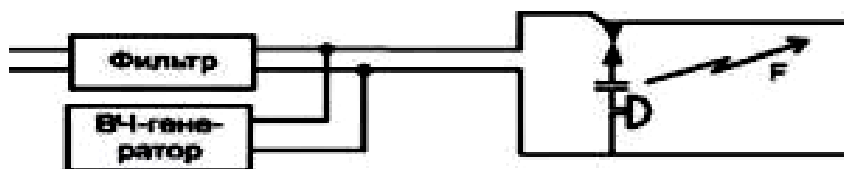


Рис. 3 – Реализация ВЧ навязывания на телефонный аппарат

Излучение модулированного сигнала в свободное пространство обеспечивается телефонным шнуром, соединяющим микрофонную трубку с телефонным аппаратом, или самим аппаратом. ВЧ навязывание может использоваться и на громкоговорители и на другие элементы, обладающие микрофонным эффектом.

Принцип реализации ВЧ навязывания на телефонный аппарат при положенной микрофонной трубке показан на рис. 4. Относительно общего корпуса (в качестве которого лучше использовать землю, трубы отопления и т. д.) на один провод подаются ВЧ колебания частотой от 150 кГц и выше.

Через элементы схемы ТА, даже если трубка лежит на аппарате, ВЧ колебания поступают на микрофон и далее, уже промодулированные, в линию. Прием информации производится относительно общего корпуса через второй провод линии. Амплитудный детектор позволяет получить НЧ огибающую для дальнейшего усиления и записи. Электрически не связанные, но близко расположенные элементы конструкции ТА за счет явления индукции являются хорошими проводниками ВЧ колебаний.

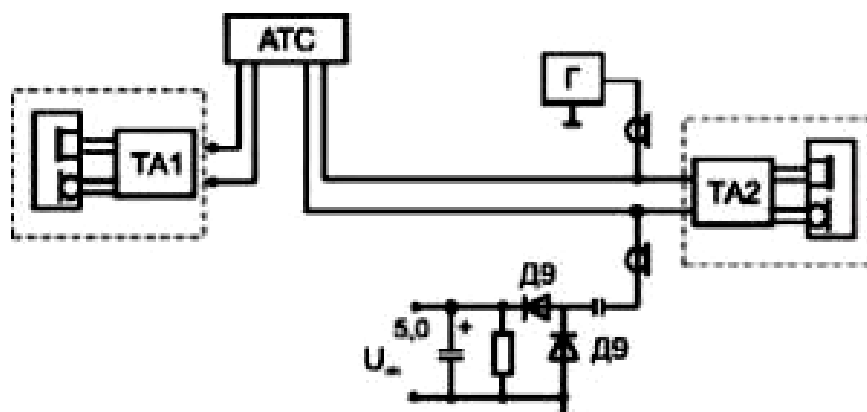


Рис. 4 – ВЧ навязывание при положенной трубке

Для качественной работы подобного устройства желательно, чтобы подключение ВЧ генератора и прием промодулированного ВЧ колебания происходил как можно ближе к телефонному аппарату, чтобы индуктивное влияние первого провода на второй было минимальным. Для выполнения этого условия ВЧ колебания подаются в линию и снимаются только экранированным проводом.

Содержание практической работы, выполняемой студентами в ходе занятия

1. Описание лабораторного оборудования:

- ПЭВМ на каждого обучающегося;
- программный редактор схематического моделирования «Electronics Workbench» (EWB), версия не ниже 5.12.

3. Задание для работы

- Создать в программе EWB модель процесса высокочастотного навязывания.
- Исследовать в программе EWB процесс высокочастотного навязывания.
- Оформить и защитить отчет по второй части проделанной лабораторной работы.

4. Порядок выполнения работы

Задание 2.1. Создать в программе EWB модель процесса высокочастотного навязывания. Для этого необходимо:

- 1) Собрать электрическую схему замещения, приведенную на рис. 5. Данная схема содержит:
 - генератор ВЧ-навязывания, замещаемый генератором гармонического колебания V7;
 - приемник ВЧ-навязывания, состоящий из демодулятора A2 и усилителя, собранного на операционном усилителе AR1 и резисторах R3, R5;
 - телефонную линию, к одному проводу которой подключен ВЧ-генератор, а к другому проводу – приемник, потери сигнала в линии имитируются делителем напряжения, выполненным на резисторах R6 и R7;
 - трансформаторы T1 и T2, с помощью которых имитируется явление электромагнитной индукции, позволяющее высокочастотному току преодолевать разрывы в электрических цепях телефонного аппарата;
 - акустоэлектрический преобразователь телефонного аппарата, например, микрофон или пьезокристалл звонковой цепи, смоделированный с помощью трех генераторов гармонических колебаний V1, V4, V6 и аналогового сумматора A3,
 - ключ S1, имитирующий переключатель положения микрофонной трубки;
 - нелинейный элемент, осуществляющий интермодуляцию, представленный в виде модулятора A2.

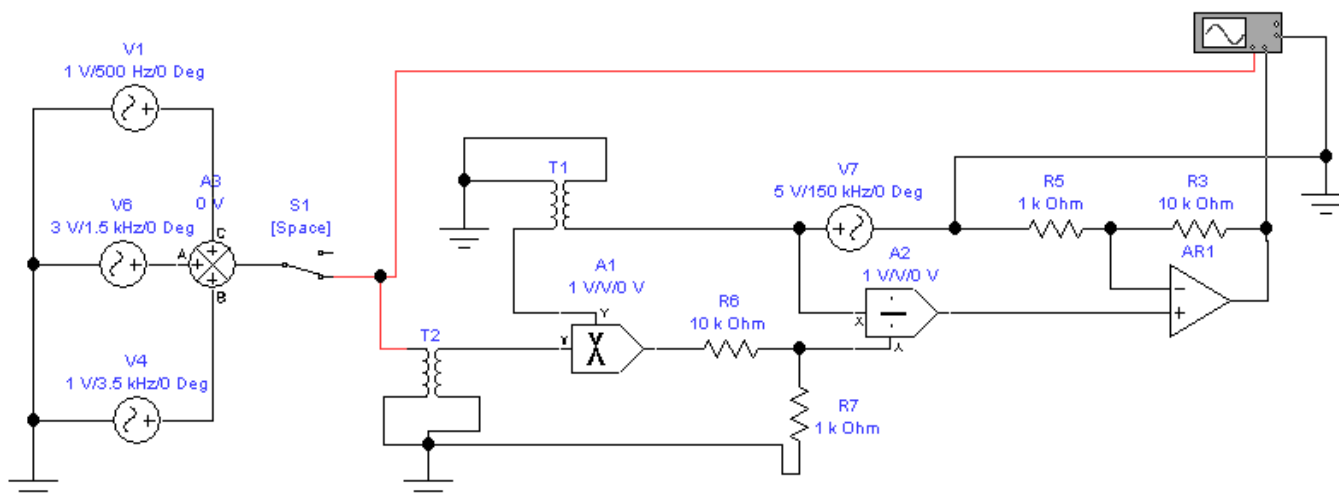


Рис. 5 – Схемотехническая модель процесса ВЧ-навязывания

2) Установить параметры элементов, как указано на рис. 5, и отладить схему до работоспособного состояния, получив по обоим каналам осциллографа исследуемые сигналы.

3) Сохранить файл с созданной схемой.

4) Сделать выводы по схемотехнической модели процесса ВЧ-навязывания.

Задание 2.2. Исследовать в программе EWB процесс высокочастотного навязывания. Для этого необходимо:

1) Открыть файл с созданной схемой и запустить ее нажатием на переключателе в верхней панели окна программы.

2) Смоделировать ситуацию, при которой трубка поднята, нажав клавишу пробел, так чтобы ключ S1 был разомкнут. В этом случае в телефонном аппарате размыкается звонковая цепь и к телефонной линии подключается цепь микротелефонной трубки. Оценить возможность ВЧ-навязывания в этом случае.

3) Смоделировать ситуацию, при которой трубка положена, нажав клавишу пробел, так чтобы ключ S1 был замкнут. В этом случае цепь микротелефонной трубки отключается от линии, а к ней подключается звонковая цепь.

4) Подключить 1-й канал осциллографа к выходу акустоэлектрического преобразователя, снять и отобразить в отчете временную диаграмму и спектр акустического сигнала.

5) Подключив 2-й канал осциллографа к выходу генератора ВЧ-навязывания, снять и отобразить в отчете осциллограмму высокочастотного сигнала.

6) Подключив 2-й канал осциллографа к входу «У» нелинейного элемента A1 телефонного аппарата, убедиться в том, что высокочастотный сигнал попал в телефонный аппарат, несмотря на то, что к линии подключена только звонковая цепь.

7) Подключив 2-й канал осциллографа к выходу нелинейного элемента A1 телефонного аппарата, снять и отобразить в отчете осциллограмму и спектр амплитудно-модулированного сигнала.

8) Подключив 1-й и 2-й канал осциллографа к входам X и Y демодулятора A2 приемника ВЧ-навязывания, снять и отобразить в отчете осциллограммы и спектра входных сигналов.

9) Подключив 2-й канал осциллографа к выходу демодулятора A2 приемника ВЧ-навязывания, снять и отобразить в отчете осциллограмму и спектр продемодулированного сигнала. Сравнить его с исходным акустическим сигналом, подключив для этого 1-й канал осциллографа к выходу акустоэлектрического преобразователя A3.

10) Подключив 2-й канал осциллографа к выходу усилителя AR1 приемника ВЧ-навязывания, снять и отобразить в отсчете осциллограмму протемодулированного сигнала. Сравнить его с исходным акустическим сигналом.

11) Сделайте выводы о протемданной работе, в том числе, предложив способы защиты от ВЧ-навязывания.

Задание 2.3. Оформить и защитить отчет по протемданной лабораторной работе.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

17. Изучить рекомендуемую литературу.
18. Выполнить практическую работу.
19. Ответить на контрольные вопросы.
20. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчеты приводятся выводы о протемданной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы:

7) Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.

8) Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.

9) Хорев А.А. Техническая защита информации: Учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.

Лабораторные работы № 16 – 18.

Исследование принципов построения и работы средств экранирования, фильтрации информационных сигналов и генерации шума для энергетического скрывания ПЭМИН.

Цель работы: исследование акустического канала утечки информации, создаваемого способом высокочастотного навязывания.

Теоретическая часть

1. Моделирование и исследование принципов работы средств экранирования ПЭМИН

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Под экранированием в общем случае понимается как защита приборов от воздействия внешних полей, так и локализация излучения каких-либо средств, препятствующая проявлению этих излучений в окружающей среде.

Эффективность экранирования определяется степенью ослабления составляющих поля (электрической или магнитной). Она определяется как отношение действующих значений напряженности полей в данной точке пространства при отсутствии и наличии экрана. Так как отношение этих величин достигает больших значений, то удобнее пользоваться логарифмическим представлением эффективности экранирования:

$$K_E = 20 \lg \frac{E_0}{E_1}, \text{ dB} \quad K_H = 20 \lg \frac{H_0}{H_1}, \text{ dB} \quad (1)$$

где K_E – коэффициент ослабления (экранирования) по электрической составляющей, K_H – коэффициент ослабления (экранирования) по магнитной составляющей, $E_0(H_0)$ – напряженность электрической (магнитной) составляющей поля в отсутствии экрана, $E_1(H_1)$ – напряженность электрической (магнитной) составляющей поля при наличии экрана в той же точке пространства.

Теоретическое решение задачи экранирования чрезвычайно затруднительно, поэтому в зависимости от типа решаемой задачи представляется удобным рассматривать *отдельные виды экранирования*: электрическое, магнитостатическое и электромагнитное. Последнее является наиболее общим и часто применяемым, так как в большинстве случаев экранирования приходится иметь дело либо с переменными, либо с флуктуирующими и реже – действительно со статическими полями.

Главным фактором, определяющим качество экрана, являются радиофизические свойства материала и конструкционные особенности. Это позволяет при расчете эффективности экрана в реальных условиях пользоваться наиболее простым его представлением: сфера, цилиндр, плоскопараллельный лист и т. п.

Экранирование с хорошим контактом делается медной сеткой или фольгой по всем стенам, потолку и полу, окна закрывают алюминиевыми жалюзи. Принцип действия экранирования представлен на рис. 1.

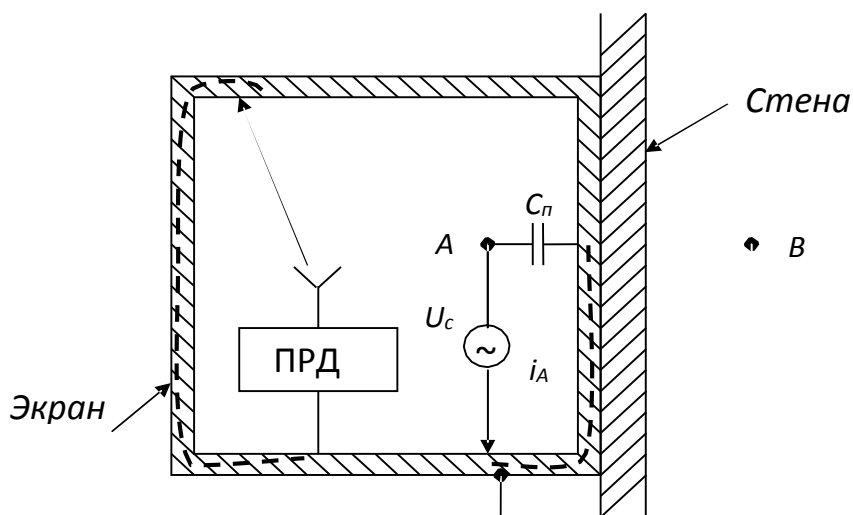


Рис. 1 – Принцип действия экранирования источника ЭМИ

Без экрана информация из точки А от сигнала U_c передавалась в точку В через паразитную емкость C_n , а сигналы от передатчика излучались в пространство. При наличии экрана сигнал с точки А через C_n замыкается на экран, с передатчика сигнал также замыкается на экран. Эффект излучения за пределы помещений снижается в 10 – 1000 раз.

Таким образом, в место нахождения агента информация не поступает.

При невозможности использования экранирующих коробов наиболее важные информационные сигналы передаются с использованием экранированных проводов.

Подавление емкостных паразитных связей

Емкостная паразитная связь между двумя электрическими цепями возникает через ближнее электрическое поле. ***Для снижения паразитной емкости между электрическими цепями вводится токопроводящий экран***, соединенный с общим проводом и замыкающий на общий провод большую часть электрических силовых линий.

Введением экрана, имеющего сопротивление, равное нулю относительно общего провода, теоретически наводку можно снизить до нуля. Практически же всегда из-за наличия проводников и технологических отверстий и возникновения краевых эффектов имеется остаточное ближнее электрическое поле и, следовательно, остаточная емкость.

При экранировании электрического поля очень важно создать низкое сопротивление экрана относительно корпуса (общего провода). Появление любого сопротивления, особенно индуктивного, в цепи соединения экрана с общим проводом создает эффект паразитной связи через посторонний провод, поэтому все металлические элементы конструкции всегда должны тщательно соединяться между собой и с общим проводом.

Подавление индуктивных паразитных связей

Паразитная индуктивная связь возникает между двумя электрическими цепями через ближнее магнитное поле. Для снижения величины магнитных полей используют ***два вида экранирования: магнитостатическое и динамическое***.

Магнитостатическое экранирование или экранирование шунтированием магнитного поля основано на применении экранов из ферромагнитных материалов с большой магнитной проницаемостью. Эффективность экранирования снижается при наличии в конструкции экрана стыков и швов, идущих поперек линий магнитного поля и снижающих эффективное значение магнитной проницаемости экрана. Сущность ***динамического экранирования*** заключается в том, что переменное магнитное поле ослабляется по мере проникновения в металл, так как внутренние слои экранируются вихревыми токами, возникающими в слоях, расположенных ближе к поверхности.

Экранирование проводов и катушек индуктивности

При экранировании реальных элементов, например трансформаторов, катушек индуктивности, проводов и т. д., обычно требуется одновременное экранирование от электрических и магнитных полей.

Наилучшую защиту, как от электрического, так и от магнитного полей обеспечивают информационные линии связи типа экранированного бифиляра, трифиляра (трех скрученных вместе проводов, из которых один используется в качестве электрического экрана), триаксиального кабеля (изолированного коаксиального кабеля, помещенного в электрический экран), экранированного плоского кабеля (плоского многопроводного кабеля, покрытого с одной или обеих сторон медной фольгой). Чтобы уменьшить уровень ПЭМИ, необходимо особенно тщательно выполнять соединение

оболочки провода (экрана) с корпусом аппаратуры. Экранированные провода и кабели следует применять в основном для соединения отдельных блоков и узлов друг с другом. Кабельные экраны выполняются в форме цилиндра из сплошных оболочек, в виде спирально намотанной на кабель плоской ленты или в виде оплетки из тонкой проволоки. Экраны однослойные и многослойные. Материал: свинец, сталь, медь, алюминий или их сочетание.

Для полного экранирования проводов от электрических и магнитных полей необходимо добиваться, чтобы весь обратный ток протекал по экрану, т. е. чтобы токи, протекающие по экранируемому проводу и экрану, были равны между собой (рис. 2, а). Для этого необходимо выводы генератора и нагрузки подключать к проводу и экрану непосредственно без промежуточных проводников, а соединение с корпусом производить в одной точке, лучше со стороны приемника сигнала.

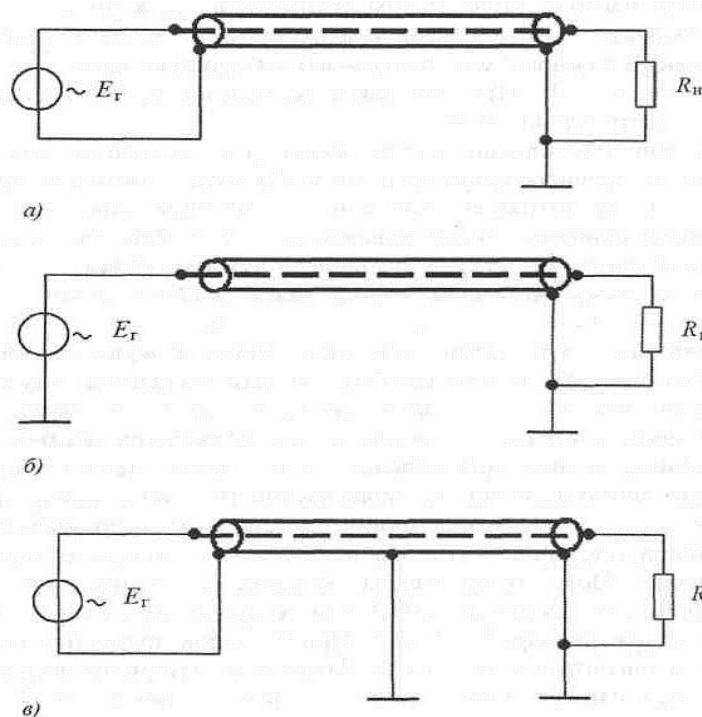


Рис. 2 – Полное экранирование провода от электрических и магнитных полей (а), экранирование провода от электрических полей (б), экранирование и замыкание части экрана провода на корпус (в)

При подключении общего провода генератора к корпусу, а не к экрану (рис. 2, б) получается экранирование только от электрических полей, при отсутствии соединения экрана с общим проводом никакого экранирующего эффекта не возникает. При замыкании экрана на корпус (рис. 2, в) нарушается магнитное экранирование части провода, расположенного между точкой замыкания экрана на корпус и нагрузкой. В этом случае довольно часто наблюдается, что при отключении соединения экрана около нагрузки уровень наводок снижается. Если это явление наблюдается, необходимо найти и устранить замыкание экрана на корпус.

На высоких частотах из-за поверхностного эффекта обратный ток протекает в основном по внутренней поверхности экрана, поэтому на частотах более 10 МГц замыкание экранов на корпус не снижает эффективности экранирования. Экранироваться могут не только отдельные блоки аппаратуры и их соединительные линии, но и помещения в целом.

Содержание практической работы, выполняемой студентами

1. Описание лабораторного оборудования:

- ПЭВМ с программным редактором «Electronics Workbench».

2. Требования безопасности при выполнении работы аналогичны.

3. Задание для работы

- 1) С помощью эквивалентных схем замещения провести исследование принципов экранирования источников электромагнитного излучения, электрических и магнитных полей.
- 2) Составить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании работы.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустить моделирующую программу EWB5. Набрать и отладить схему, представленную на рис. 3, с указанными на схеме параметрами. Данной схемой моделируется электромагнитное излучение, создаваемое источником, помещенным в экран в соответствии с рис. 1, приведенным в теоретической части.

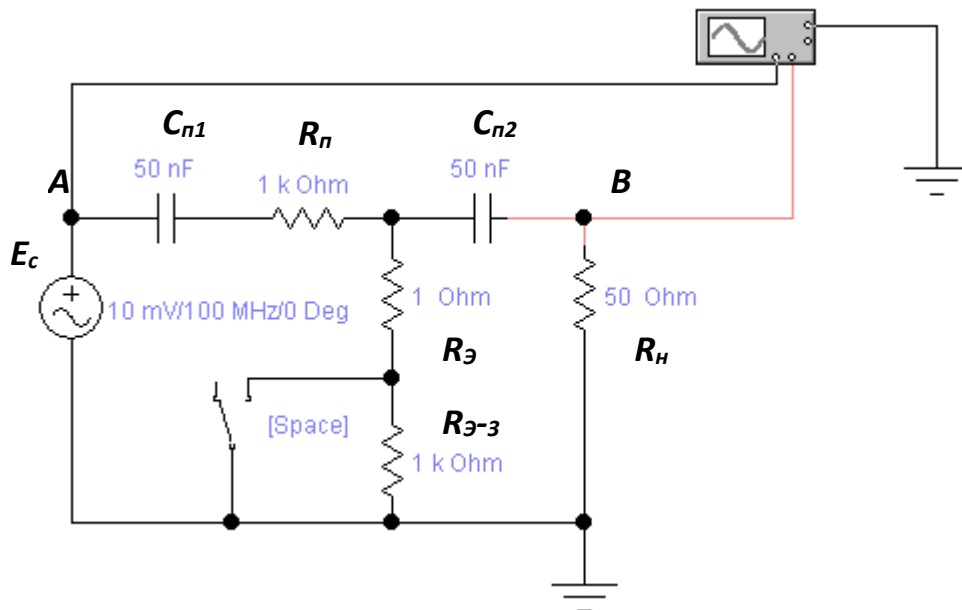


Рис. 3 – Моделируемая эквивалентная схема экранирования источника электромагнитного излучения

4.2. При отключенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения сигнала ЭМИ в точке A , а по 2-му каналу – напряжение сигнала ЭМИ в точке B . Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_A и U_B электромагнитного излучения.

4.3. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для случая незаземленного экрана.

4.4. При включенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения сигнала ЭМИ в точке A , а по 2-му каналу – напряжение сигнала ЭМИ в точке B . Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_A и U_B электромагнитного излучения.

4.5. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для случая заземленного экрана.

4.6. Сделать выводы об эффективности экранирования.

4.7. Набрать и отладить схему, представленную на рис. 4, с указанными на схеме параметрами. Данной схемой моделируется пример экранирования провода, представленный на рис. 2, б), то есть осуществляется экранирование только электрического поля. В этом случае между проводом и экраном возникает паразитная индуктивная связь.

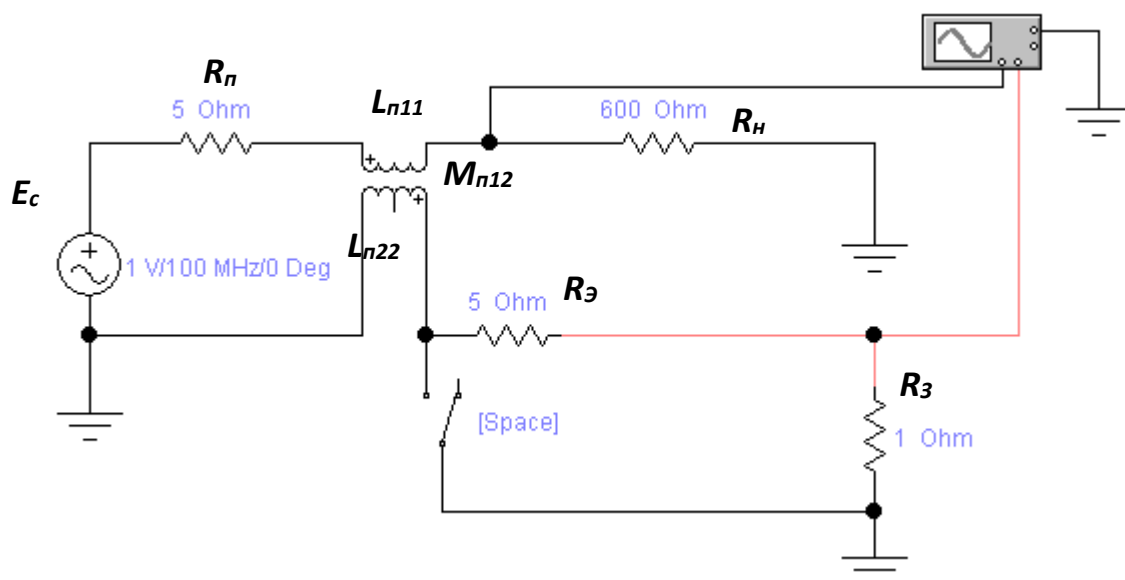


Рис. 4 – Моделируемая эквивалентная схема электрического экранирования провода

4.8. При отключенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения U_c электрического тока в проводнике, а по 2-му каналу – напряжение наводки $U_{Hэ}$ на экране провода. Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_c и $U_{Hэ}$.

4.9. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для данного варианта экранирования.

4.10. При включенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения U_c электрического тока в проводнике, а по 2-му каналу – напряжение наводки $U_{Hэ}$ на экране провода. Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_c и $U_{Hэ}$.

4.11. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для данного варианта экранирования.

4.12. Сделать выводы об эффективности экранирования.

4.13. Набрать и отладить схему, представленную на рис. 5, с указанными на схеме параметрами. Данной схемой моделируется пример экранирования провода, представленный на рис. 2, в). В этом случае между проводом и экраном может возникнуть паразитная емкостная связь.

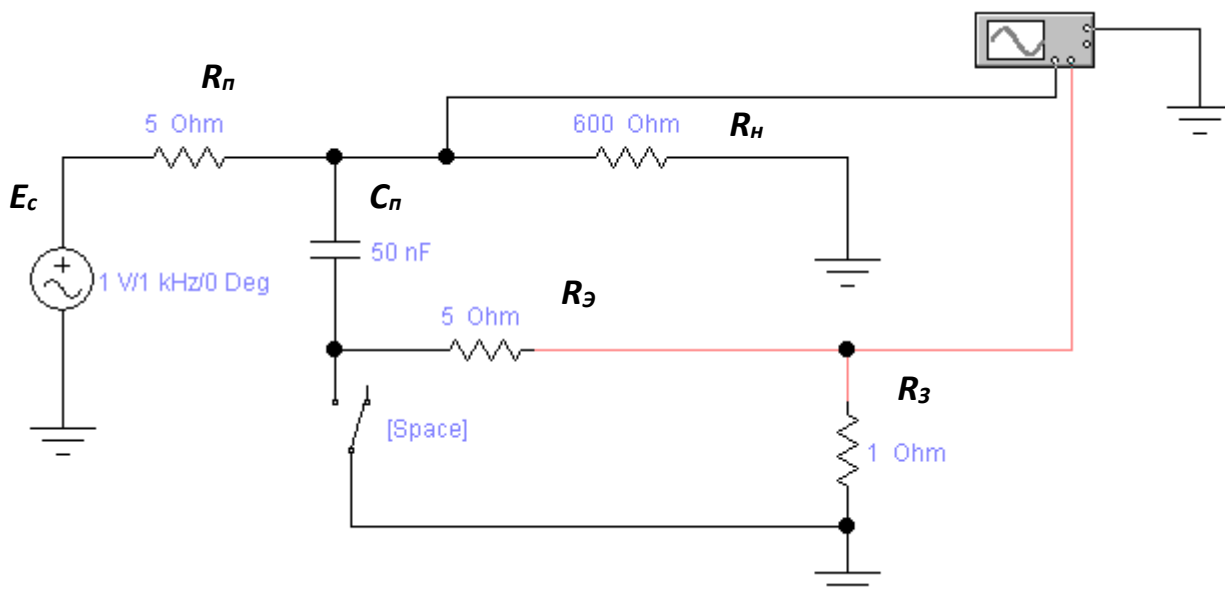


Рис. 5 – Моделируемая эквивалентная схема магнитного экранирования провода

4.14. При отключенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения U_c электрического тока в проводнике, а по 2-му каналу – напряжение наводки $U_{HЭ}$ на экране провода. Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_c и $U_{HЭ}$.

4.15. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для данного варианта экранирования.

4.16. При включенном переключателе по 1-му каналу осциллографа произвести измерение напряжения U_c электрического тока в проводнике, а по 2-му каналу – напряжение наводки $U_{HЭ}$ на экране провода. Отобразить в отчете эпюры напряжения сигналов U_c и $U_{HЭ}$.

4.17. Рассчитать коэффициент эффективности экранирования (коэффициент ослабления) для данного варианта экранирования.

4.18. Сделать выводы об эффективности экранирования.

4.19. Оформить отчет о проделанной работе.

5. Требования к отчету о проделанной лабораторной работе.

В отчете привести:

- задание на выполнение работы,
- порядок проведения работы,
- исследуемые принципиальные эквивалентные схемы,
- результаты расчетов;
- результаты исследований – эпюры напряжений сигнала и наводки для каждой исследуемой схемы по каждому каналу, их АЧХ;
- сравнение расчетных результатов с экспериментами.
- выводы о проделанной работе.

2. Моделирование и исследование принципов построения и работы средств фильтрации информационных сигналов

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

Помехоподавляющие фильтры обеспечивают ослабление нелинейных сигналов в разных участках частотного диапазона. Основное значение фильтров – пропускать без значительного ослабления сигналы с частотами, лежащими в рабочей полосе, и подавлять сигналы за пределами полосы.

Фильтрация является основным и эффективным средством подавления (ослабления) кондуктивных помех (наводок) в цепях электропитания, в сигнальных цепях интерфейса и на печатных платах, в проводах заземления. Помехоподавляющие фильтры позволяют снизить кондуктивные помехи, как от внешних, так и от внутренних источников помех.

В соответствии с расположением полосы пропускания фильтра относительно полосы помехоподавления в частотном спектре различают четыре класса помехоподавляющих фильтров, амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) которых показаны на рис. 1:

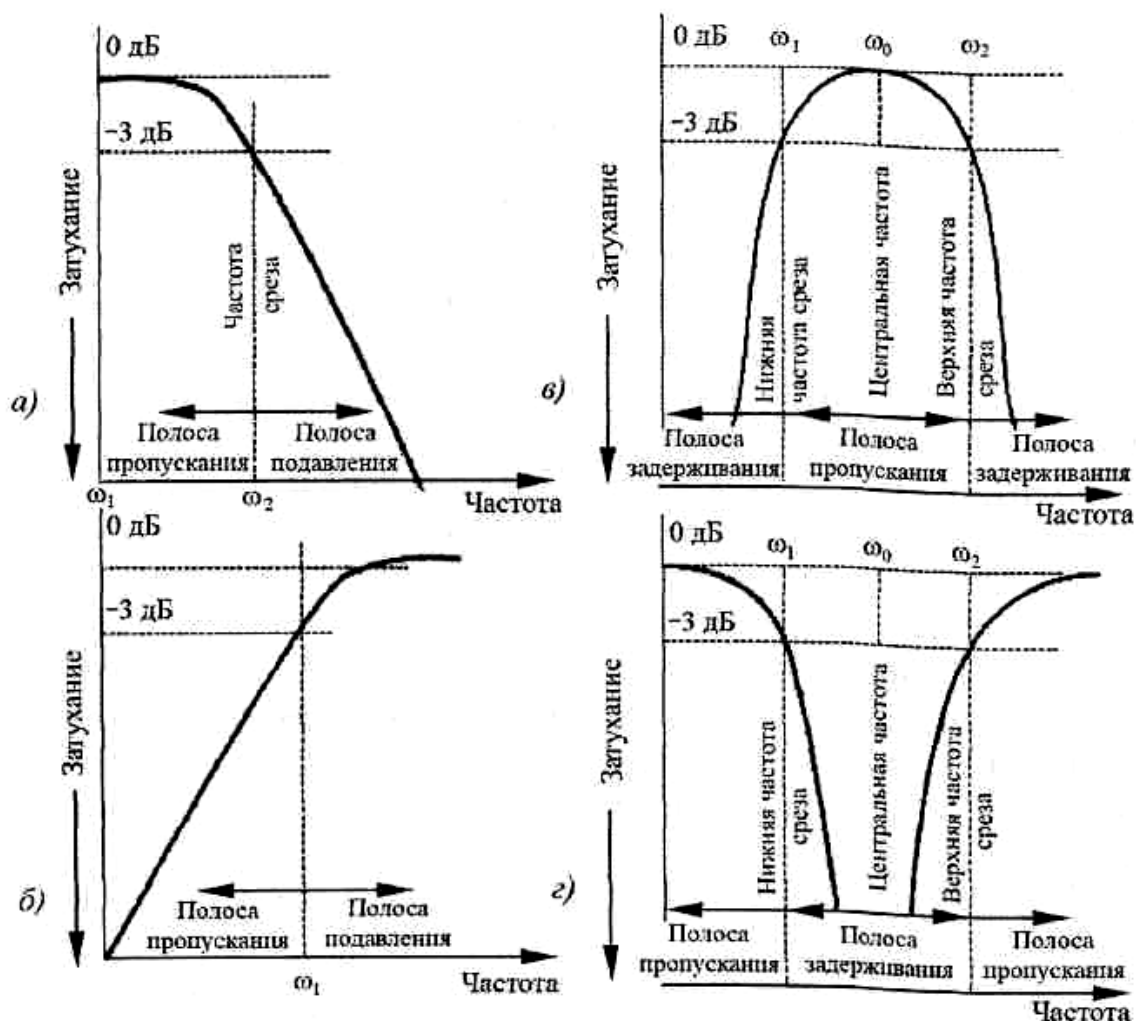


Рисунок 1 – АЧХ помехоподавляющих фильтров

- фильтры нижних частот (низкочастотные) – ФНЧ, пропускающие сигналы в диапазоне частот от $\omega_1 = 0$ до ω_2 (рис. 1, а);
- фильтры верхних частот (высокочастотные) – ФВЧ, пропускающие сигналы в диапазоне частот от ω_1 до $\omega_2 = \infty$ (рис. 1, б);
- полосовые (полосно-пропускающие) ПФ, пропускающие сигналы в диапазоне частот от ω_1 до ω_2 (рис. 1, в);
- заграждающие или режекторные (полосно-задерживающие) ЗФ, пропускающие сигналы в диапазоне частот от 0 до ω_1 и от ω_2 до ∞ (рис. 1, г).

В зависимости от типов элементов, из которых составлены фильтры, их делят на: пассивные реактивные, состоящие из элементов L и C; пьезоэлектрические, состоящие из кварцевых пластин; безындукционные пассивные, состоящие из элементов R и C.

Возможно применение активных RC-фильтров на основе микросхем (операционных усилителей). Это может быть целесообразно в тех случаях, когда пассивные LC-фильтры становятся очень громоздкими при понижении частоты среза до звуковых частот, когда даже при выборе относительно малой емкости (например, 0,01 мкФ) дроссель становится несоизмеримо большого размера и массы. В активном фильтре операционный усилитель преобразует импеданс подключаемой к нему RC-цепи так, что устройство ведет себя как индуктивность.

Методика расчета параметров пассивных НЧ и ВЧ фильтров

Для фильтрации информационных сигналов в виде кондуктивных помех могут применяться симметричные LC-фильтры нижних или высоких частот типа К (рис. 2 и 3). В фильтрах этого типа произведение полных сопротивлений емкости и индуктивности

при изменении частоты остается примерно постоянным (из-за обратно пропорционального изменения их реактивных сопротивлений при изменении частоты). Например, если емкостное реактивное сопротивление снижается при увеличении частоты, то индуктивное реактивное сопротивление увеличивается на соответствующую величину.

На рисунках 2 и 3 приведены схемы типовых LC-фильтров нижних и верхних частот Т-образной и П-образной структур. П-образные фильтры применяют для увеличения крутизны переходной области АЧХ.

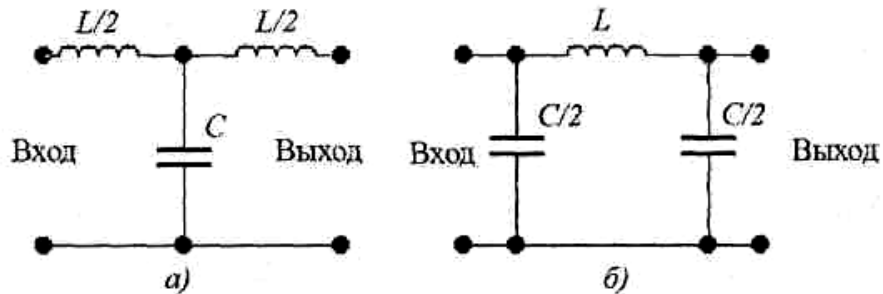


Рисунок 2 – Симметричные фильтры нижних частот:
а) - Т-образный, б) - П-образный

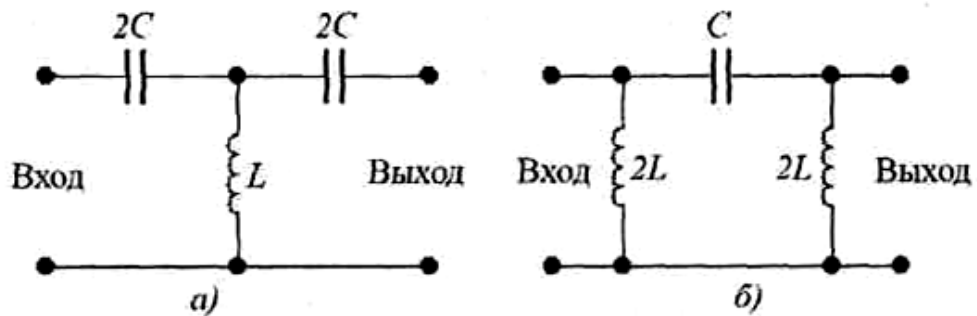


Рисунок 3 – Симметричные фильтры высоких частот:
а) - Т-образный, б) - П-образный

В НЧ фильтрах значения параметров выбираются по следующим выражениям:

$$L \approx \frac{2R}{\omega_2}; \quad \omega_2 \approx \frac{2}{\sqrt{LC}}; \quad C \approx \frac{2}{\omega_2 R}; \quad R \approx \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (1)$$

где R – активное или комплексное сопротивление нагрузки фильтра; $\omega_2 = 2\pi F_0$ – круговая частота среза фильтра; F_2 – линейная частота среза.

Формулы (1) могут быть выражены через линейную частоту среза:

$$L \approx \frac{R}{3,14 F_2}; \quad F_2 \approx \frac{1}{3,14 \sqrt{LC}}; \quad C \approx \frac{1}{3,14 F_2 R}, \quad (2)$$

Суммарная индуктивность Т-образного фильтра распределяется поровну между катушками (рис. 1, а) и суммарная емкость П-образного фильтра распределяется поровну между конденсаторами фильтра (рис. 1, б).

Расчетные уравнения для ВЧ фильтра:

$$L \approx \frac{R}{2\omega_1}; \quad \omega_1 = 2\pi F_1; \quad F_1 \approx \frac{1}{4\pi \sqrt{LC}}; \quad C \approx \frac{1}{4\omega_1 R}; \quad R \approx \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (3)$$

Формулы (3) могут быть выражены через линейную частоту среза:

$$L \approx \frac{R}{4\pi F_1}; \quad F_1 \approx \frac{1}{4\pi \sqrt{LC}}; \quad C \approx \frac{1}{8\pi F_1 R}; \quad R \approx \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (4)$$

ВЧ фильтрам также присуще то преимущество, что для переменного тока конденсаторы и катушки индуктивности работают противоположным образом. Следовательно, в LC-фильтрах верхних частот последовательный элемент при увеличении частоты сигнала имеет более низкое реактивное сопротивление. Такой элемент пропускает высокочастотные сигналы, а для сигналов низких частот его реактивное сопротивление велико. Параллельный элемент оказывает шунтирующее влияние на сигналы низких частот, а для высокочастотных сигналов его реактивное сопротивление велико.

Требуемая суммарная емкость Т-образного фильтра распределяется поровну между конденсаторами фильтра так, что каждый конденсатор имеет емкость, равную удвоенному расчетному значению. В П-образном фильтре общая индуктивность распределяется поровну между двумя катушками так, что каждая из них имеет индуктивность, равную удвоенному расчетному значению.

На рис. 8 приведены схемы типовых полосно-заграждающих LC-фильтров Т-образной и П-образной структур.

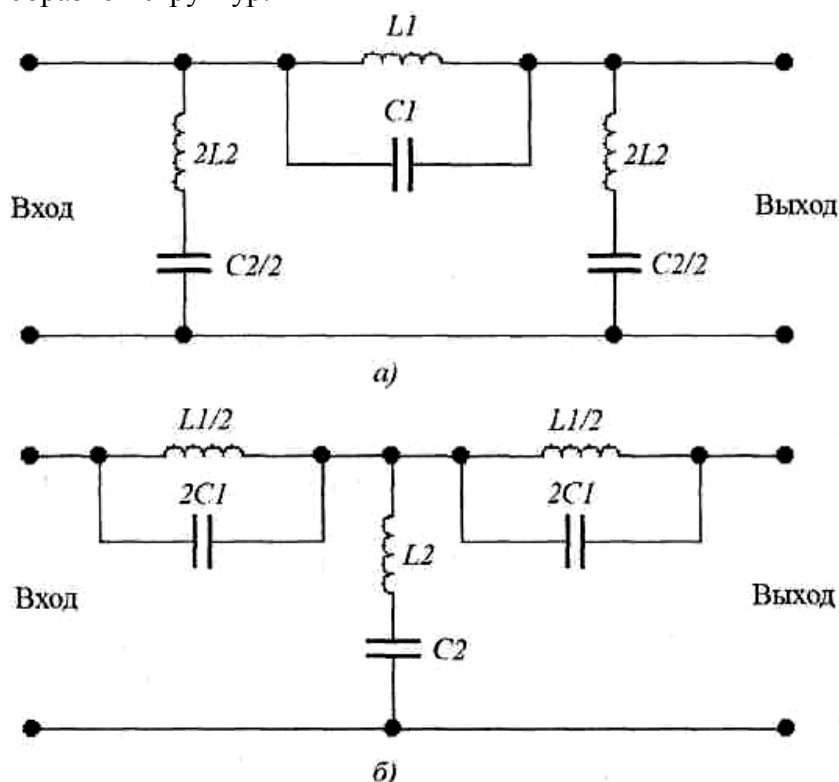


Рисунок 8 – Схемы полосно-заграждающих фильтров:
а - П-образная; б - Т-образная

Полосно-заграждающий фильтр обладает тем преимуществом, что последовательные и параллельные резонансные цепи имеют различные характеристики их полных сопротивлений. Параллельная LC-цепь создает на резонансной частоте максимально большое сопротивление в то время, как у последовательной цепи оно минимально. При соединении этих двух LC-цепей определенным образом, как показано на рис. 8, можно создать схему полосно-заграждающего фильтра. Последовательная ветвь обладает минимальным полным сопротивлением на центральной частоте требуемого диапазона. Ее полное сопротивление начинает увеличиваться по обе стороны от частоты резонанса. На центральной частоте эта ветвь оказывает шунтирующее воздействие. Параллельная ветвь на центральной частоте имеет максимальное сопротивление, и оно уменьшается по обе стороны резонанса. Эта ветвь препятствует прохождению сигналов в диапазоне частот по обе стороны от центральной частоты.

На рис. 9 приведены схемы типовых полосно-пропускающих LC-фильтров Т-образной и П-образной структур.

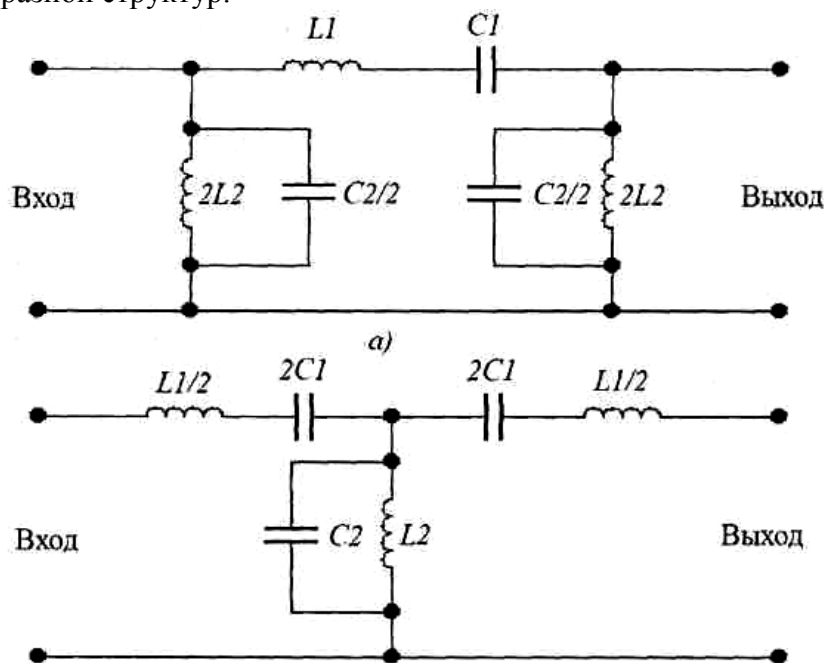


Рисунок 9 – Схемы полосно-пропускающих фильтров:
а - П-образная; б - Т-образная

Полосно-пропускающий фильтр обладает тем преимуществом, что последовательные и параллельные резонансные цепи имеют различные характеристики их полных сопротивлений, как и полосно-заграждающий фильтр. Параллельная LC-цепь создает на резонансной частоте максимально большое сопротивление в то время, как у последовательной цепи оно минимально. На основе этих двух LC-цепей можно реализовать полосно-пропускающий фильтр. Последовательная ветвь обладает на центральной частоте требуемого диапазона минимальным полным сопротивлением, которое увеличивается по обе стороны от частоты резонанса. Эта ветвь оказывает шунтирующее воздействие на сигналы с частотами выше и ниже центра заданной полосы. Вследствие этого как последовательная, так и параллельная ветвь обеспечивают прохождение сигналов в диапазоне частот, лежащем по обе стороны от заданной центральной частоты.

Методика расчета параметров пассивных полосовых и режекторных фильтров

Для расчета параметров режекторных (заграждающих) фильтров обеих структур можно воспользоваться следующими формулами:

$$L_1 \approx \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2\pi} \right) \cdot \frac{4\pi R}{\omega_1 \omega_2} \approx \frac{(F_2 - F_1)R}{\pi F_1 F_2}; \quad L_2 \approx \frac{R}{2(\omega_2 - \omega_1)} \approx \frac{R}{4\pi(F_2 - F_1)}; \quad (5)$$

$$C_1 \approx \frac{1}{2(\omega_2 - \omega_1)R} \approx \frac{1}{4\pi R(F_2 - F_1)}; \quad C_2 \approx \frac{2(\omega_2 - \omega_1)}{R\omega_1 \omega_2} \approx \frac{F_2 - F_1}{\pi R F_1 F_2}; \quad (6)$$

$$F_{рез}(\text{кГц}) \approx \frac{159}{\sqrt{L_{(\text{мкГн})} \cdot C_{(\text{мкФ})}}}; \quad (7)$$

Для расчета параметров полосовых фильтров обеих структур можно воспользоваться следующими формулами:

$$L_1 \approx \frac{2R}{\omega_2 - \omega_1} \approx \frac{R}{\pi(F_2 - F_1)}; \quad L_2 \approx \frac{(\omega_2 - \omega_1)R}{2\omega_1\omega_2} \approx \frac{(F_2 - F_1)R}{4\pi F_1 F_2}; \quad (8)$$

$$C_1 \approx \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{2\omega_1\omega_2 R} \approx \frac{F_2 - F_1}{4\pi F_1 F_2 R}; \quad C_2 \approx \frac{2}{(\omega_2 - \omega_1)R} \approx \frac{1}{\pi R(F_2 - F_1)}; \quad (9)$$

$$F_{рез}(\text{кГц}) \approx \frac{159}{\sqrt{L(\text{мкГн}) \cdot C(\text{мкФ})}}; \quad (10)$$

Содержание практической работы, выполняемой студентами

1. Описание лабораторного оборудования:

- ПЭВМ с программным редактором «Electronics Workbench».

2. Требования безопасности при выполнении работы

3. Задание для работы

24) Для фильтра низких частот по заданной полосе пропускания F_2 и нагрузке R рассчитать параметры L и C Т-образной и П-образной структур.

25) Снять экспериментальные амплитудно-частотные характеристики фильтров низких частот с расчетными параметрами и сравнить заданную (расчетную) и экспериментальную полосы пропускания для обеих структур фильтра.

26) Для фильтра высоких частот по заданной полосе подавления F_1 и нагрузке R рассчитать параметры L и C Т-образной и П-образной структур.

27) Снять экспериментальные амплитудно-частотные характеристики фильтров высоких частот с расчетными параметрами и сравнить заданную (расчетную) и экспериментальную полосы подавления для обеих структур фильтра.

28) Для заграждающего фильтра по заданной полосе подавления от F_1 до F_2 и нагрузке R рассчитать параметры L и C Т-образной и П-образной структур.

29) Снять экспериментальные амплитудно-частотные характеристики заградительных фильтров с расчетными параметрами и сравнить заданную (расчетную) и экспериментальную полосы пропускания для обеих структур фильтра.

30) Для полосового фильтра по заданной полосе пропускания от F_1 до F_2 и нагрузке R рассчитать параметры L и C Т-образной и П-образной структур.

31) Снять экспериментальные амплитудно-частотные характеристики полосовых фильтров с расчетными параметрами и сравнить заданную (расчетную) и экспериментальную полосы подавления для обеих структур фильтра.

32) Составить отчет о проделанной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании лабораторной работы.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустить моделирующую программу EWB5. Набрать схему Т-образного фильтра нижних частот по рис. 4.

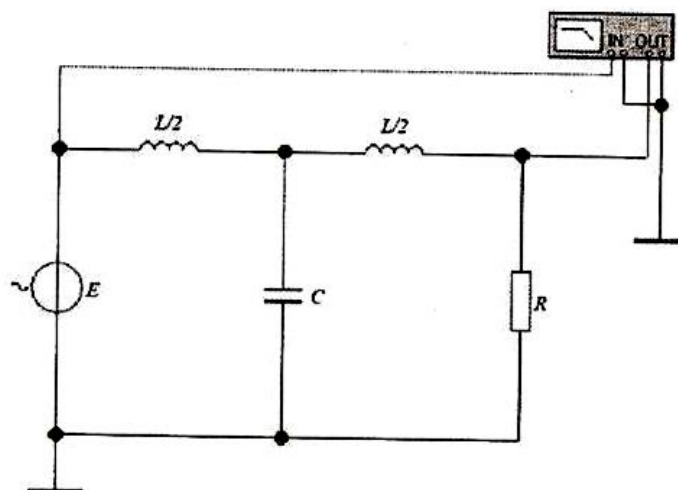


Рисунок 4 – Моделируемая схема Т-образного НЧ фильтра

4.2. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 1 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (1) и (2).

Таблица 1 – Исходные требования к исследуемому НЧ фильтру

$E = 220 \text{ В},$ $R = 1 \text{ кОм}$	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_2, \text{кГц}$	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9	10

4.3. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

4.4. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ Т-образного НЧ фильтра.

4.5. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением.

4.6. Набрать схему П-образного фильтра нижних частот по рис. 5.

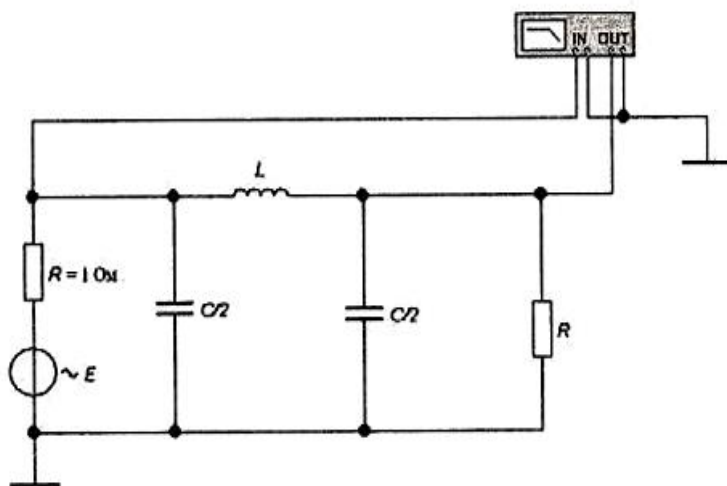


Рисунок 5 – Моделируемая схема П-образного НЧ фильтра

4.7. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 1 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (1) и (2).

4.8. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

4.9. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ П-образного НЧ фильтра.

4.10. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением. Сравнить полосы пропускания Т-образного и П-образного фильтров.

4.11. Набрать схему Т-образного фильтра высоких частот по рис. 6.

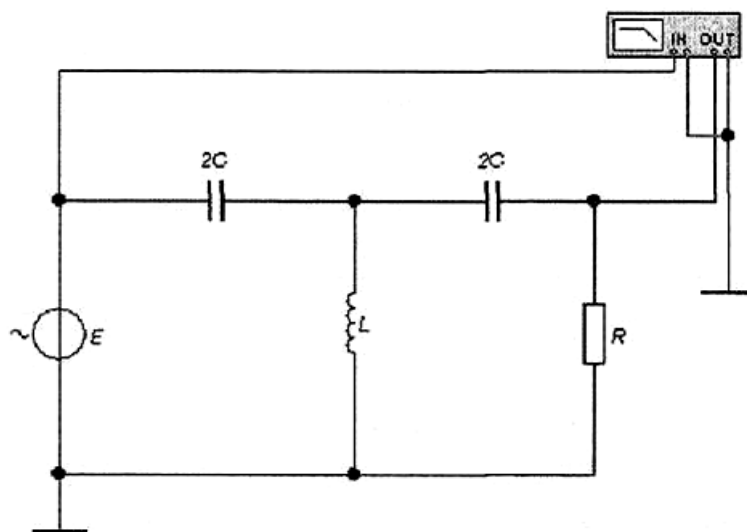


Рисунок 6 – Моделируемая схема Т-образного ВЧ фильтра

4.12. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 2 рассчитать параметры фильтра L и C, воспользовавшись формулами (3) и (4).

Таблица 2 – Исходные требования к исследуемому ВЧ фильтру

E= 220 В, R= 1 кОм	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F ₁ , кГц	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8

4.13. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

4.14. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ Т-образного ВЧ фильтра.

4.15. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением.

4.16. Набрать схему П-образного фильтра высоких частот по рис. 7.

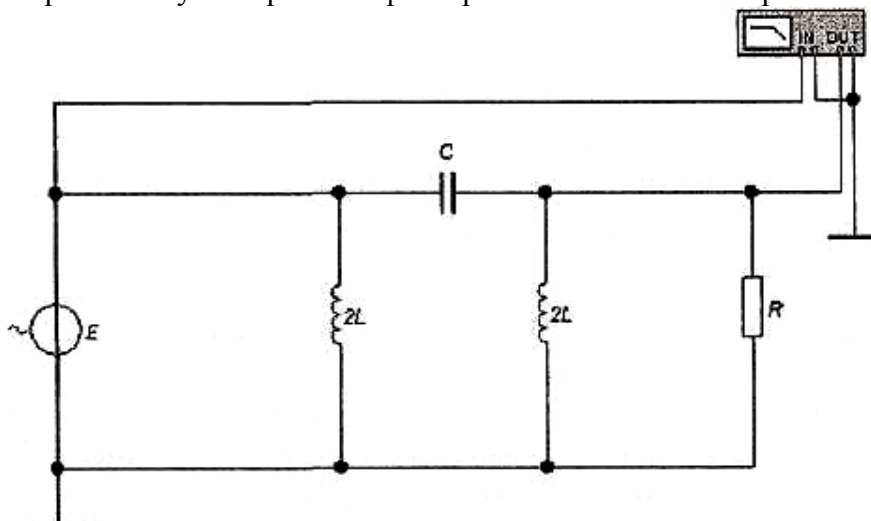


Рисунок 7 – Моделируемая схема П-образного ВЧ фильтра

4.17. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 2 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (3) и (4).

4.18. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

4.19. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ П-образного ВЧ фильтра.

4.20. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением. Сравнить полосы пропускания Т-образного и П-образного фильтров.

5.1. Запустить моделирующую программу EWB5. Набрать схему Т-образного заградительного фильтра по рис. 10.

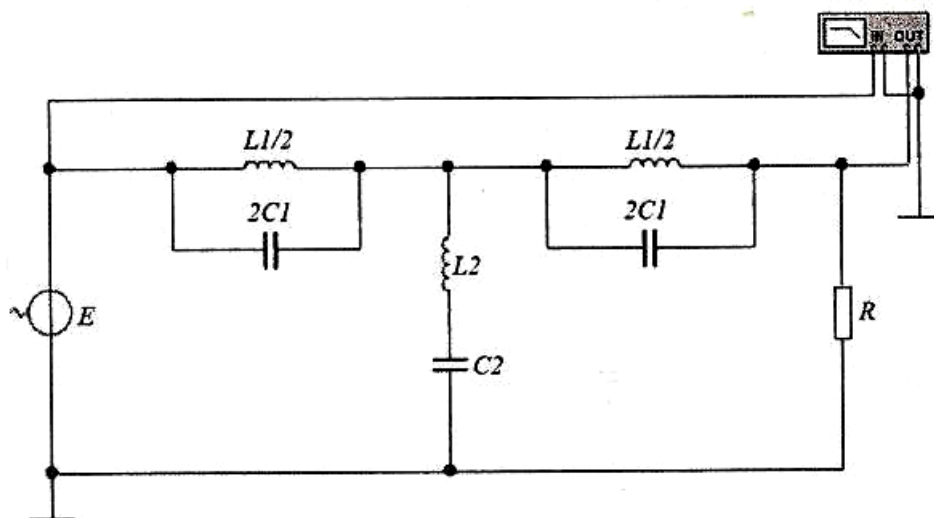


Рисунок 10 – Моделируемая схема Т-образного заградительного фильтра

5.2. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 3 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (5) - (7).

Таблица 3 – Исходные требования к исследуемым полосно-заграждающим и полосно-пропускающим фильтрам

E= 220 В, R= 1 кОм	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F ₁ , кГц	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9	10
F ₂ , кГц	70	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11	12

5.3. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

5.4. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ Т-образного ЗФ.

5.5. Определить полосу подавления фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы подавления с заданным значением.

5.6. Набрать схему П-образного заградительного фильтра по рис. 11.

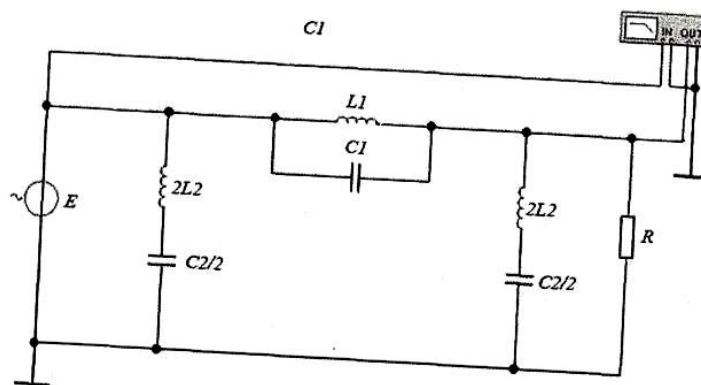


Рисунок 11 – Моделируемая схема Π -образного заградительного фильтра

5.7. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 3 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (5) - (7).

5.8. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

5.9. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ Π -образного 3Ф.

5.10. Определить полосу подавления фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы подавления с заданным значением. Сравнить полосы подавления Т-образного и Π -образного заградительных фильтров.

5.11. Набрать схему Т-образного полосового фильтра по рис. 12.

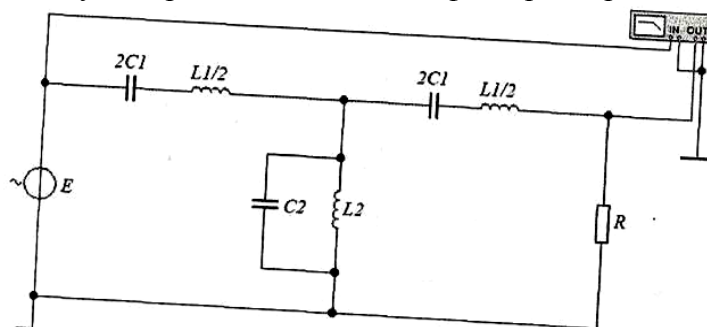


Рисунок 12 – Моделируемая схема Т-образного полосового фильтра

5.12. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 3 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (8) - (10).

5.13. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

5.14. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ Т-образного ПФ.

5.15. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением.

5.16. Набрать схему Π -образного полосового фильтра по рис. 13.

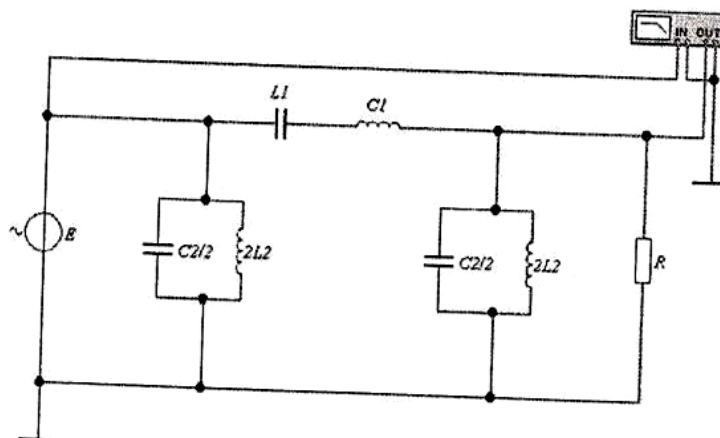


Рисунок 13 – Моделируемая схема П-образного полосового фильтра

5.17. Согласно заданному преподавателем варианту из таблицы 3 рассчитать параметры фильтра L и C , воспользовавшись формулами (8) - (10).

5.18. Отредактировать схему согласно расчетным параметрам.

5.19. Включить схему, двойным щелчком мыши по измерителю частотных характеристик (*Bode plotter*) раскрыть его и в линейном режиме снять АЧХ П-образного ПФ.

5.20. Определить полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ (в том месте, где значение АЧХ снизится до 0,707 от максимального значения). Сравнить значение полосы пропускания с заданным значением. Сравнить полосы пропускания Т-образного и П-образного полосовых фильтров.

6. Требования к отчету о проделанной лабораторной работе.

В отчете привести:

- задание на выполнение работы,
- порядок проведения работы,
- моделируемые принципиальные схемы фильтров,
- результаты расчетов параметров фильтров;
- результаты измерений амплитудно-частотных характеристик для каждой исследуемой схемы фильтра;
- сравнение расчетных результатов с экспериментами.
- выводы о проделанной работе.

3. Моделирование и исследование принципов построения и работы средств генерации шума для энергетического скрытия ПЭМИН

Краткие теоретические или справочно-информационные материалы

ГЕНЕРАТОР ШУМА ГШ-1000М

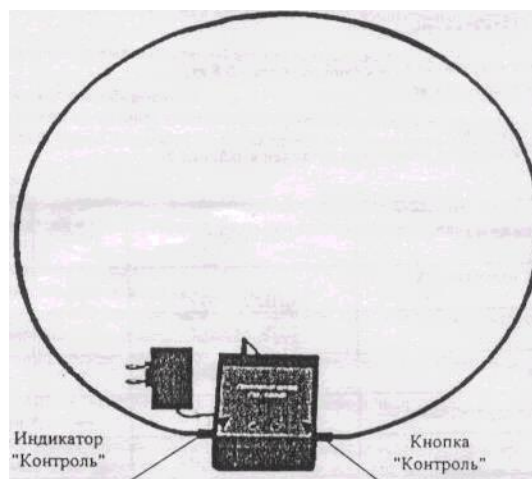


Рис. 1.
Описание и работа.

Назначение.

Генератор шума ГШ-1000М (далее по тексту генератор) предназначен для маскировки побочных, информативных электромагнитных излучений персональных компьютеров, компьютерных сетей и комплексов на объектах вычислительной техники первой, второй и третьей категорий путем формирования и излучения в окружающее пространство электромагнитного поля шума (ЭМПШ) в диапазоне частот 0,1-1000 МГц.

Технические характеристики

Значения спектральной плотности напряженности магнитного ($\rho_{Нш}$) и электрического ($E_{ш}$) компонентов нормированного электромагнитного поля шума (ЭМПШ) в децибелах к $1\text{ мкВ/м} \cdot \sqrt{\text{кГц}}$, формируемого генератором на расстоянии $d=1\text{ м}$ для $H_{ш}$ и $d=3\text{ м}$ для $E_{ш}$ не ниже, значений указанных в таблице 1.

Табл. 1

Частота, МГц	0, 1	0,5	1	5	10	30	100	200	300	500	700	1000
Норма по ТУ $E_{ш}$, дБ.	35	40	40	45	50	50	45	45	45	40	40	35
Результат измерения	42	56	64	65	73	65	46	57	46	44	43	37
Норма по ТУ $\rho_{Нш}$, дБ.	60	55	55	55	50	45						
Результат измерения $\rho_{Нш}$,	67	77	81	72	71	60						

Нормализованный коэффициент качества ЭМПШ (K), формируемого генератором не менее 0, 8. 1. 2. 3 Генератор обеспечивает визуальную и звуковую индикацию выполнения требований по п.п. 1.2.1, 1.2.2 (нормального режима работы).

Генератор обеспечивает возможность дистанционного контроля выполнения требований по п.п. 1.2.1, 1.2.2 (нормального режима работы)

Электропитание генератора осуществляется от сети переменного тока напряжением $220 \pm 22\text{ В}$ и частотой 50 Гц

Генератор сохраняет свои технические характеристики в интервале температур от плюс 5 до плюс 40°C и относительной влажности до 80% при температуре плюс 25°C .

Время наработки на отказ - 5000 ч. Срок службы - 10 лет. Технический ресурс - 20000ч.

Габаритные размеры:

- блока генератора с излучающей антенной - $700 \times 600 \times 35\text{ мм}$,
- блока питания - $15 \times 80 \times 65\text{ мм}$.

Масса.

- блока генератора с излучающей антенной не более - 0,8 кг,
- блока питания не более - 0,4 кг.

Состав изделия

Состав комплекта генератора приведен в таблице 2.

Табл. 2

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
1 Блок генератора с излучающей антенной	ШЛ2.211.037	1	
2 Блок питания	ШЛ2.087.263	1	или аналогичный
3 Тара упаковочная	ШЛ4.170.036	1	
4 Руководство по эксплуатации	ШЛ2.211.038 РЭ	1	
5 Этикетка	ШЛ2.211.038ЭТ	1	

Устройство и работа изделия

Принцип действия.

Работа генератора основана на использовании нелинейных свойств транзистора и организации широкополосной обратной связи для генерации широкополосного шумового сигнала и его усиления. Сформированный шумовой сигнал излучается в окружающее пространство. Его интенсивность значительно превышает интенсивность радиоизлучения от средств вычислительной техники, что обеспечивает надежную защиту обрабатываемой ими информации от несанкционированного доступа.

В состав генератора шума входит устройство контроля нормального режима работы генератора. Если уровень сигнала на выходе генератора превышает заданный уровень, то горит светодиод "Контроль" служащий индикатором нормального режима работы генератора.

Если же уровень сигнала на выходе генератора окажется ниже заданного уровня, что может быть обусловлено как падением уровня выходной мощности генератора, так и изменением характера спектра генерируемого им сигнала, то индикаторный светодиод гаснет и запускается генератор звукового сигнала. Это является признаком нарушения нормального режима работы генератора.

В состав генератора шума входит устройство дистанционного контроля нормального режима работы генератора.

Внешнее контрольное и/или управляющее устройство может быть подключено к коаксиальному разъему DJK- 0,2 А диаметром 2,1мм. "Дист. контроль" на задней панели генератора с помощью вилки DJK -10А, причем положительный контакт – внешний, отрицательный - внутренний. Так как выходным элементом схемы дистанционного контроля является транзисторная оптопара АОТ128А, то значения параметров коммутируемых напряжения и тока не должны превышать максимально допустимых для этой оптопары, а именно, максимально допустимое коммутируемое напряжение не более 50 В, максимально допустимый ток нагрузки не более 8мА.

Если уровень сигнала на выходе генератора превышает заданный уровень, то транзистор оптопары открыт и поданное на него напряжение передается в нагрузку.

Если же уровень сигнала на выходе генератора окажется ниже заданного уровня, что может быть обусловлено как падением уровня выходной мощности генератора, так и изменением характера спектра генерируемого им сигнала, то транзистор оптопары закрывается и поданное на него напряжение в нагрузку не передается. Это является признаком нарушения нормального режима работы генератора.

Описание конструкции.

Внешний вид генератора представлен на рис. 1.

Генератор состоит из блока генератора с излучающей антенной и блока питания.

Конструктивно блок генератора размещен в пластмассовом литом корпусе. Излучающая антенна выполнена в виде металлического проводника, помещенного в пластиковую оболочку и закрепленного на боковых стенках металлического шасси блока генератора. Предусмотрена возможность поворота плоскости излучающей антенны, как единого целого без изменения ее формы, относительно корпуса блока генератора, вокруг проходящей через боковые стенки корпуса оси. При этом плоскость антенны может поворачиваться на любой угол и фиксироваться с помощью фигурных гаек на боковых кронштейнах металлического шасси блока генератора

На крышке корпуса блока генератора размещены: индикатор нормального режима работы генератора и кнопка оперативного контроля его работоспособности. На задней стенке корпуса блока генератора размещены разъемы для подключения блока питания и внешней системы дистанционного контроля.

В качестве блока питания генератора использован блок питания стабилизированный БП-02Б-1 ШЛ2.087.263 ТУ, но может быть использован и аналогичный с выходным напряжением +12В и током нагрузки не менее 300мА.

Специальное заземление при работе генератора не требуется.

Характерные неисправности и способы их устранения приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование неисправностей	Вероятная причина	Способы устранения
1. Не светится индикатор на корпусе блока генератора при не нажатой кнопке на передней панели	Неисправен блок питания	Заменить блок питания
2. Не светится индикатор на корпусе блока генератора при не нажатой кнопке на передней панели	Отсутствие генерации	Заменить блок генератора
3. При нажатой кнопке на передней панели корпуса блока генератора индикатор не гаснет и звуковой сигнал не излучается	Нарушен нормальный режим работы генератора	Заменить блок генератора

**Содержание практической работы,
выполняемой студентами в ходе 3-го вопроса занятия**

1. Описание лабораторного оборудования:

- генератор шума ГШ-100М;
- осциллограф С1-93 или GOS-620FG;
- микрофонная радиозакладка;
- элементы коммутации;
- сканирующий приемник AR3000А.

2. Требования безопасности при выполнении работы:

- Работы по установке генератора производить только при выключенном напряжении питания.
- Какие-либо специальные требования, отличающиеся от требований, предъявляемых в соответствии с инструкциями по работе с электроаппаратурой, питающейся от сети с напряжением 220В и частотой 50Гц и с постоянным напряжением 12В при токах порядка 0,3А, отсутствуют.
- Электромагнитные поля, создаваемые генератором на расстоянии более 1м от антенны не превышают допустимого уровня на рабочих местах и соответствуют ГОСТ 12.006-84, ГОСТ В21.953-76, СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные нормы и правила".

3. Порядок выполнения работы:

3.1. Исследование генератора по вопросу использования его по назначению

3.1.1. Подготовка изделия к использованию

После извлечения генератора из упаковочной тары внешним осмотром убедиться в отсутствии дефектов, поломок при транспортировке и проверить комплектность.

Перед включением генератора и проведением с ним каких-либо работ необходимо ознакомиться с настоящим документом.

При установке генератора допускается поворот плоскости излучающей антенны на любой угол с последующей фиксацией гайками.

Установка генератора на объекте должна производиться квалифицированными специалистами, имеющими возможность провести контроль эффективности его работы в конкретных условиях эксплуатации с помощью специальной аппаратуры. После установки должна быть проведена аттестация объекта информатизации.

3.2. Исследование рекомендаций по использованию изделия.

3.2.1. Установить генератор вблизи защищаемого компьютера. Один генератор обеспечивает маскировку (защиту) информации устройств вычислительной техники, размещенной в помещении площадью — 40м².

3.2.2. Для защиты информации от утечки по побочным электромагнитным каналам на больших вычислительных центрах, в терминальных залах, мощных вычислительных комплексах рекомендуется использовать несколько генераторов ГШ-1000М, размещая их по периметру объекта. Максимальное расстояние между соседними генераторами должно быть не более 20 метров.

3.2.3. Включение генератора производится в следующем порядке:

- подключить разъем блока питания к генератору,
- включить блок питания в сеть

3.2.4. Провести инструментальную проверку защищенности информации.

3.2.5. При нормальной работе генератора должно наблюдаться свечение индикатора "Контроль" на передней панели блока генератора. При нажатии кнопки "Контроль" на передней панели корпуса блока генератора индикатор "Контроль" должен гаснуть и излучаться прерывистый звуковой сигнал. Нормальный режим работы генератора устанавливается не более 10 секунд.

3.2.6. К разъему "Дист. контроль" на задней панели корпуса блока генератора может быть подключено внешнее устройство дистанционного контроля, позволяющее автоматически блокировать работу систем вычислительной техники в случае возникновения неполадок в работе генератора во время работы операторов с информацией с ограниченным доступом или индицировать работу генератора на центральном пульте контроля, если таковой установлен.

3.2.7. В случае возникновения внештатной ситуации (индикатор погас и подается прерывистый звуковой сигнал) следует прекратить работу с указанной информацией до выяснения причин нарушения работы генератора.

3.2.8. В выделенных помещениях первой, второй и третьей категорий при проведении режимных мероприятий (переговоры, совещания), генератор должен быть отключен от цепи питания или применены специальные меры защиты информации в соответствии с СТР-97.

3.2.9. Для защиты информации от утечки по каналам ПЭМИ на объектах информатизации первой категории рекомендуется использовать несколько генераторов, размещая их по периметру объекта и располагая антенные системы в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

3.3. Исследование способа зашумления радиоизлучений при помощи генератора шума «ГШ – 1000М».

3.3.1. Собрать структурную схему лабораторной установки, представленную на рис. 2.

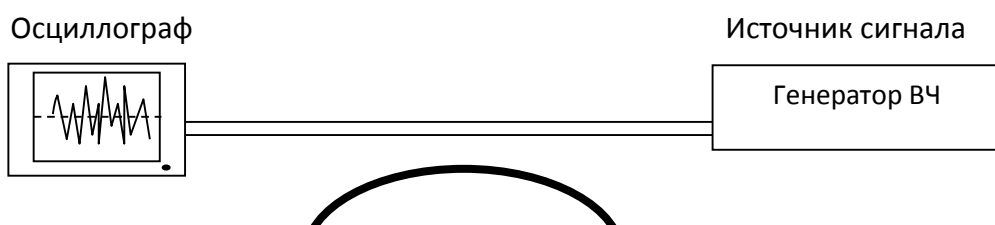


Рис. 2. Структурная схема исследования

3.3.2. При отключенном генераторе ГЧ-151, включить генератор шума ГШ-1000М. При помощи осциллографа посмотреть вид шума. Изобразить в отчете исследуемый шум.

3.3.3. Включить высокочастотный генератор ГЧ-151 и установить на нем частоту 10 МГц, вид сигнала АМ, глубина модуляции 100%. При помощи осциллографа посмотреть вид радиосигнала и измерить частоту 10 МГц. Изобразить в отчете исследуемый сигнал.

3.3.4. Меняя амплитуду ВЧ сигнала с помощью аттенюатора ГЧ-151, добиться того, чтобы на выходе осциллографа наблюдались соотношения амплитуды сигнала к уровню шума, равное – 10, 5, 3, 2, 1. Изобразить измеренные эпюры напряжения аддитивной смеси сигнал и шум.

3.3.5. Включить генератор шума ГШ-1000М на расстоянии 0,5 м от генератора сигнала и повторно при помощи осциллографа измерить частоту 10 МГц, а также определить возможность распознавания исходного сигнала после его детектирования. Оценить результаты измерения. Изобразить в отчете аддитивную смесь сигнала и шума.

3.3.6. При помощи осциллографа измерить частоту 10 МГц на расстоянии 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 м от нее. Построить график зависимости эффективности подавления высокой частоты от расстояния $D=f(r)$ при $r=0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$ м. Оценить результаты измерений.

3.4. Исследование способа зашумления радиозакладок при помощи генератора шума «ГШ – 1000М».

3.4.1. Собрать структурную схему лабораторной установки, представленную на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема исследования

3.4.2. Включить микрофонную радиозакладку. Включить и настроить сканирующий приемник AR – 3000. Найти частоту излучения радиозакладки и прослушать передаваемую информацию.

3.4.3. Включить генератор шума ГШ-1000М на расстоянии 0,5 м от радиозакладки. Прослушать передаваемую информацию и качественно оценить эффективность энергетического скрывания.

3.4.4. Изменяя расстояние радиозакладки от стационарного генератора шума, определить предельное расстояние, на котором обеспечивается эффективное зашумление. В лабораторном отчете на структурной схеме (рис. 3) нанести радиус эффективного зашумления.

4.1. Запустить моделирующую программу EWB.

4.2. Набрать эквивалентную схему замещения генератора шума по рис. 4 с указанными на схеме параметрами.

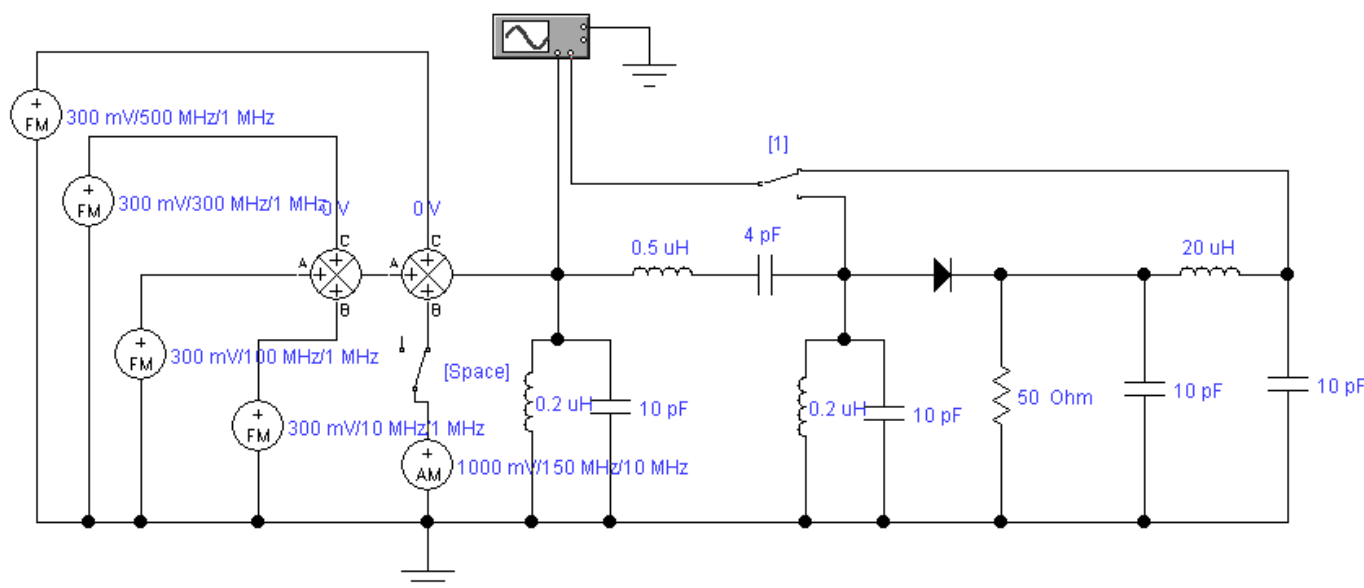


Рис. 4 – Эквивалентную схему замещения генератора шума

4.3. Включить симулятор EWB, убедиться в работоспособности схемы.

4.4. Снять временные диаграммы аддитивной смеси амплитудно-модулированный сигнал и шум. Для этого двойным щелчком мыши нажав по значку осциллографа, открыть окно осциллографа, а для увеличения окна нажать кнопку «Expand». Канала осциллографа перевести в режим «АС».

4.5. Снять спектр зашумленного АМ сигнала. Для этого, в начале войти в меню Circuit → Schematic Options → Show/Hide, где установить флажок в окне – Show nodes. В результате на собранной схеме появятся номера узлов схемы для удобства их дальнейшего исследования с помощью Фурье-анализа. Затем выключив симулятор войти в меню Analysis → Fourier → Simulate. При этом для измерения спектра в меню Fourier установить значения основной частоты, равное 1 МГц, а количество гармоник – 500. Меняя значение Output nodes (узлов схемы) снять спектр АМ сигнала, шума и аддитивной смеси. Отобразить отснятые спектры в отчете лабораторной работы.

4.6. Меняя амплитуду АМ сигнала в генераторе АМ сигналов от 500 мВ до 2000 мВ с шагом 250 мВ, снять и отобразить в отчете спектры зашумленного АМ сигнала. Для каждого спектра измерить амплитуду боковой (информационной) гармоники АМ сигнала и среднее значение уровня шума на соседних гармониках и определить величину отношения сигнал/шум. Сделать выводы о возможности распознавания исходного АМ сигнала.

4. Составить отчет о выполнении лабораторной работы. В отчете отобразить:

- тему и цель работы, порядок ее выполнения;
- структурные схемы исследования;
- указанные в задании временные диаграммы (эпюры напряжения) и спектры;
- по результатам работы сделать обобщающие вывод об эффективности активных способов энергетического скрытия сигналов.

5. Защитить отчет по проделанной лабораторной работе.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания: для выполнения практической работы необходимо выполнить следующее:

21. Изучить рекомендуемую литературу.
22. Выполнить практическую работу.
23. Ответить на контрольные вопросы.
24. Оформить отчет.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы:

10) Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.

11) Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.

12) Хорев А.А. Техническая защита информации: Учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы по дисциплине
«Защита информации от утечки по техническим каналам»
для студентов специальности 10.05.01 «Компьютерная
безопасность» (специализация «Информационно-аналитическая и
техническая экспертиза компьютерных систем»)

Ставрополь
2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента
2. Технологическая карта самостоятельной работы студента
3. Самостоятельное изучение тем лекций
4. Паспорт фонда оценочных средств для проверки самостоятельной работы
5. Список рекомендуемой литературы

Введение

Целью изучения дисциплины «Техническая защита информации» является формирование набора общекультурных и профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 10.05.01 «Компьютерная безопасность». Формируемые в рамках дисциплины компетенции способствуют решению профессиональных задач по защите информации от утечки по техническим каналам на объектах информатизации и в выделенных помещениях.

Задачами дисциплины являются теоретическая и практическая подготовка к профессиональной деятельности по решению следующих задач:

установка, настройка, эксплуатация и поддержание в работоспособном состоянии компонентов подсистемы предотвращения утечки информации по техническим каналам с учетом установленных требований;

участие в проведении аттестации объектов, помещений, технических средств, систем на предмет соответствия требованиям защиты информации;

сбор и анализ исходных данных, определение требований и проведение проектных расчетов при проектировании подсистемы предотвращения утечки информации по техническим каналам;

проведение по заданной методике экспериментов с компонентами подсистемы предотвращения утечки информации по техническим каналам, обработка и анализ результатов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Перечень компонентов	Технологии формирования компетенции	Средства и технологии оценки
Знать: – место технической защиты информации в государственной системе защиты информации в РФ, осознавать социальную значимость своей будущей профессии; – основные нормативные правовые акты в области технической защиты информации, а также нормативные методические документы	лекции, самостоятельная работа	собеседование, письменный отчет

ФСБ России, ФСТЭК России в данной области; – порядок организации и проведения аттестации объектов информатизации на соответствие требованиям по защите информации; – классификацию, характеристики технических каналов утечки информации, возможности технических разведок; – методы, способы и средства защиты информации от утечки по техническим каналам, методы и средства контроля эффективности технической защиты информации; Уметь: – выявлять сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности путем анализа и оценки угроз информационной безопасности для технических средств и систем объекта информатизации; – формировать комплекс мер по обеспечению защиты информации от ее утечки по техническим каналам с учетом их технической реализуемости; – осуществлять технические мероприятия по обеспечению защиты информации от ее утечки по техническим каналам с учетом организационной структуры объекта защиты и вероятных угроз; – проводить специальные исследования технических средств и систем для аттестации объектов на соответствие требованиям нормативных документов; – выполнять мероприятия по эксплуатации технических средств защиты информации от ее утечки по техническим каналам; – выполнять работы по установке, настройке и обслуживанию технических средств защиты информации; – формировать требований к построению подсистемы радиомониторинга побочных электромагнитных излучений и наводок; – вырабатывать обоснованные проектные решения по обеспечению защиты информации от ее утечки по техническим каналам; – проводить анализ исходных данных для проектирования подсистемы противодействия утечки информации по техническим каналам утечки на объекте информатизации; – составлять обзор методов, способов и средств защиты информации от ее утечки по техническим каналам для обеспечения информационной безопасности конкретных	лабораторная работа, самостоятельная работа	собеседование, письменный отчет
--	--	--

объектов;

- применять отечественные и зарубежные стандарты в области технической защиты информации для разработки и оценки защищенности объектов от утечки информации по техническим каналам;

- проводить экспериментальные исследования технических средств и систем с учетом требований по обеспечению информационной безопасности по методикам нормативных документов ФСТЭК;

- осуществлять подбор, изучение и обобщение научно-технической литературы, нормативных и методических материалов по вопросам технической защиты информации;

- проверять работоспособность и оценивать эффективность применяемых технических средств защиты информации;

- обобщать опыт работы других учреждений, организаций и предприятий в области повышения эффективности технической защиты информации;

применять комплекс различных технических средств и систем для защиты информации от утечки по техническим каналам;

Владеть:

- высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности в области обеспечения информационной безопасности;

- профессиональной терминологией;

- навыками работы с нормативными правовыми актами в области технической защиты информации;

навыками безопасного применения технических средств защиты информации в профессиональной деятельности.

	лабораторная работа, самостоятельная работа	собеседование, письменный отчет
--	---	------------------------------------

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента

Основными видами учебной работы по достижению результатов освоения дисциплины являются лекции, лабораторные и практические работы и самостоятельная работа студентов (СРС).

На лекциях раскрываются основные положения и понятия курса, формируются знания в области технической защиты информации. На лабораторных и практических занятиях формируются умения и навыки, необходимые для решения задач профессиональной деятельности.

Приступая к изучению учебной дисциплины, необходимо ознакомиться с учебной программой, получить в библиотеке рекомендованные учебные пособия, а также получить у ведущего преподавателя в электронном виде конспекты лекций, методические рекомендации к лабораторным и практическим работам и тестовые, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и выполнения лабораторных и практических занятий.

Для изучения дисциплины предлагается список основной и дополнительной литературы. Основная литература предназначена для обязательного изучения, дополнительная – поможет более глубоко освоить отдельные вопросы, подготовить исследовательские задания и выполнить задания для самостоятельной работы.

В ходе лекционных занятий студент обязан осуществлять конспектирование учебного материала, особое внимание, обращая на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных понятий, физических явлений, процессов, эффектов. В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых следует делать пометки из рекомендованной литературы, дополнять материал прослушанной лекции, формулировать научные выводы и практические рекомендации. Студент имеет право задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Самостоятельная работа студентов над материалом учебной дисциплины является неотъемлемой частью учебного процесса и должна предполагать углубление знания учебного материала, излагаемого на аудиторных занятиях, и приобретение дополнительных знаний по отдельным вопросам самостоятельно.

Основными видами самостоятельной работы курсантов по учебной дисциплине являются:

- самостоятельное изучение учебного материала по заданным темам;
- подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по выполненному лабораторному и практическому занятию и подготовка к собеседованию по результатам работы.

Основными методами самостоятельной работы студентов являются:

1) для овладения знаниями:

- чтение текста (конспекта лекций, учебника, дополнительной литературы) и конспектирование текста;

- работа с нормативными документами;

- поиск информации в Интернет;

2) для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекции (обработка текста);

- повторная работа над учебным материалом (учебника, дополнительной литературы, слайдами);

- составление плана и тезисов ответа или графическое изображение структуры

ответа;

- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных документов;
- ответы на контрольные вопросы;

3) для формирования умений:

- подготовка к лабораторным и практическим занятиям;
- решение задач и практических заданий;
- подготовка отчетов по лабораторным и практическим занятиям;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

В случае пропуска учебного занятия студент может воспользоваться содержанием различных блоков учебно-методического комплекса (лекции, лабораторные и практические занятия, контрольные вопросы и тесты) для самоподготовки и освоения темы. Для самоконтроля необходимо использовать вопросы и задания, предлагаемые к лабораторным и практическим занятиям, а также варианты тестовых заданий.

2. Технологическая карта самостоятельной работы студента (таблица из п. 9.1 программы)

	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов
1 семестр				
	Подготовка к лабораторным занятиям	Письменный отчет	Собеседование	10
	Самостоятельное изучение тем	Конспект	Собеседование	4
	Самостоятельное решение разноуровневых задач	Письменный отчет с решением разноуровневых задач	Собеседование	20
	Самостоятельное изучение программного продукта	Создание презентации	Собеседование	2
Итого за 1 семестр				36

3. Самостоятельное изучение тем лекций (таблица из п. 9.2 программы)

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основна	Дополни	Методи	Интернет

		я	-тельная	ческая	-ресурсы
1 семестр					
	Раздел 1. Основы работы в пакетах прикладных программ				
1	1. Работа в пакетах прикладного программного обеспечения	2	1, 2, 4, 5		2, 4

4. Паспорт фонда оценочных средств для проверки самостоятельной работы

	Модуль, раздел, тема (в соответствии с Программой)	Тип контроля	Вид контроля	Компонент фонда оценочных средств	Количество заданий для каждого уровня, шт.	
					Базовый	Повышенный
1 семестр						
	На каждом занятии	текущий	Устный письменный	Собеседование отчеты		
	Раздел 1-6	текущий	С помощью технических средств письменный	Компьютерное тестирование Типовые задания	21 7	14 1
	Раздел 4-9	текущий	С помощью технических средств письменный	Компьютерное тестирование Типовые задания	21 7	14 1
	Раздел 7-9	текущий	С помощью технических средств письменный	Компьютерное тестирование Типовые задания	21 7	14 1
	Раздел 7,8		С помощью технических средств письменный	Компьютерное тестирование Типовые задания	21 7	14 1

			ый			
	Раздел 4-6		С помощью технических средств письменный	Компьютерное тестирование Типовые задания	21 7	14 1
		Промежуточный (экзамен)	устный	Вопросы к экзаменам	138	

4.1 Вопросы для проверки уровня обученности

1. Государственная система защиты информации. Основные специальности защиты информации.
2. Цели и задачи защиты информации от утечки информации по техническим каналам.
3. Объекты технической защиты информации.
4. Нормативные документы по технической защите информации.
5. Объект информатизации (определение и характеристика).
6. Характеристика основных технических средств и систем (ОТСС).
7. Характеристика вспомогательных технических средств и систем (ВТСС).
8. Структура и состав технического канала утечки информации.
9. Классификация технических каналов утечки информации.
10. Основные показатели технических каналов утечки информации.
11. Концепция технической защиты информации.
12. Общие принципы технической защиты информации.
13. Принципы построения системы защиты информации.
14. Классификация направлений и методов защиты.
15. Характеристика методов скрытия информации.
16. Понятия информации.
17. Свойства информации, как предмета технической защиты.
18. Характеристика информационных технологий как предмет защиты.
19. Характеристика информационных процессов в автоматизированных информационных системах.
20. Структура и схема информационного процесса передачи информации.
21. Виды информации в автоматизированных информационных системах.
22. Машинное представление информации.
23. Физическое представление информации в автоматизированных информационных системах.
24. Виды сообщений в информационно-телекоммуникационных системах.
25. Классификация сигналов.
26. Сравнительная характеристика аналоговых и дискретных сигналов.
27. Временное и спектральное представление сигналов.
28. Принципы записи информации на носители в виде физических полей.
29. Виды модуляции. Характеристика аналоговых видов модуляции.
30. Виды модуляции. Характеристика импульсных видов модуляции (манипуляции).
31. Принципы передачи и считывания информации с носителей в виде физических полей.
32. Особенности современных автоматизированных информационных системах как объектов защиты.

33. Уязвимость основных структурно-функциональных элементов распределенных АИС.
34. Определения угроз безопасности информации АИС и субъектов информационных отношений.
35. Источники угроз безопасности АИС, их классификация.
36. Основные непреднамеренные искусственные угрозы АИС.
37. Основные преднамеренные искусственные угрозы АИС.
38. Доступ к информации, условия разведывательного контакта.
39. Способы и каналы несанкционированного доступа к информации.
40. Опасные случайные сигналы и их источники.
41. Классификация акустоэлектрических преобразователей.
42. Акустоэлектрические преобразователи как источники опасных сигналов.
43. Паразитные связи и наводки как источники опасных сигналов.
44. Низкочастотные и высокочастотные излучения технических средств.
45. Классификация и характеристика видов технической разведки.
46. Классификация и характеристика технических средств разведки.
47. Возможности (показатели) технической разведки и ее средств.
48. Общая характеристика радиоэлектронных технических каналов утечки информации.
49. Классификация радиоэлектронных технических каналов утечки информации.
50. Технические каналы утечки информации, возникающие за счет побочных электромагнитных излучений.
51. Структура и характеристика электромагнитного технического канала утечки информации.
52. Характеристика и демаскирующие признаки сигналов ПЭМИ от средств вычислительной техники.
53. Условия возникновения электромагнитного канала утечки информации. Характеристика опасной зоной 2 (R2).
54. Перехват побочных электромагнитных излучений СВТ средствами разведки ПЭМИН.
55. Технические каналы утечки информации, возникающие за счет наводок побочных электромагнитных излучений.
56. Структура и характеристика электрического технического канала утечки информации.
57. Условия возникновения электрического канала утечки информации. Характеристика опасных зон 1 (r1).
58. Перехват наведенных информационных сигналов средствами разведки ПЭМИН.
59. Технический канал утечки информации, создаваемый путем высокочастотного облучения ТСПИ.
60. Классификация аппаратных закладок, внедряемых в средства вычислительной техники.
61. Технический канал утечки информации, создаваемый путем внедрения в ТСПИ электронных устройств негласного получения информации.
62. Характеристика электронных устройств перехвата информации, внедряемых в средства вычислительной техники.
63. Аппаратные кейлоггеры.
64. Способы перехвата информации, обрабатываемой ТСПИ.
65. Общая характеристика речевого сигнала. Линейные характеристики акустического поля.
66. Общая характеристика речевого сигнала. Энергетические характеристики акустического поля.
67. Общая характеристика речевого сигнала. Фонетические характеристики речи.
68. Выделенные помещения.
69. Классификация способов перехвата акустической (речевой) информации.
70. Схема и характеристика прямого акустического канала перехвата речевой информации.

71. Схемы каналов перехвата речевой информации с использованием микрофонов и диктофонов.
72. Схемы каналов перехвата речевой информации с использованием закладных устройств с передачей информации по каналам связи.
73. Схема перехвата речевой информации с использованием устройств типа «телефонное ухо» с передачей информации по телефонной линии на низкой частоте.
74. Принципы построения акустических закладок.
75. Эндовибраторы.
76. Акустовибрационные технические каналы утечки информации.
77. Схемы каналов перехвата речевой информации с использованием стетоскопов.
78. Акустооптические (лазерные) технические каналы утечки информации.
79. Принцип действия лазерной акустической системы разведки.
80. Акустоэлектрический (параметрический) технический канал утечки информации.
81. Схема пассивного акустоэлектрического канала утечки речевой информации.
82. Схема канала перехвата речевой информации методом высокочастотного навязывания.
83. Схема подключения аппаратуры высокочастотного навязывания к телефонной линии.
84. Акустоэлектромагнитный (параметрический) технический канал утечки информации.
85. Схема пассивного акустоэлектромагнитного канала утечки речевой информации.
86. Средства акустической разведки и их технические характеристики. Акустические приемники.
87. Классификация, принципы работы и характеристики микрофонов.
88. Средства акустической разведки и их технические характеристики. Закладные устройства.
89. Характеристика каналов проводной связи как объектов защиты.
90. Способы перехвата информации, передаваемой по каналам проводной связи.
91. Схема перехвата информации, передаваемой по телефонному каналу.
92. Схемы подключения закладных устройств к телефонной линии.
93. Перехват данных, передаваемых по телефонной линии в сети Интернет.
94. Способы перехвата информации, передаваемой по каналам радиосвязи.
95. Структура и характеристика комплекса средств перехвата информации, передаваемой по радиоканалу.
96. Характеристика сетей подвижной радиосвязи общего пользования как объектов защиты.
97. Перехват информации в сетях сотовой и транкинговой связи.
98. Перехват информации, передаваемой с использованием радиотелефонов.
99. Перехват информации, передаваемой в сетях беспроводного доступа.
100. Классификация методов и средств защиты информации от утечки по техническим каналам.
101. Технические мероприятия защиты информации от утечки за счет ПЭМИН с использованием пассивных средств.
102. Технические мероприятия защиты информации от утечки за счет ПЭМИН с использованием активных средств.
103. Методы и средства защиты информации, обрабатываемой ТСПИ, от утечки по техническим каналам за счет ПЭМИН.
104. Способы предотвращения утечки информации через ПЭМИН от СВТ.
105. Способы экранирования, их характеристики.
106. Требования к различным видам экранов.
107. Экранирование технических средств.
108. Экранирование соединительных линий.
109. Экранирование помещений.
110. Заземление технических средств. Схемы заземления.
111. Основные требования, предъявляемые к системе заземления.

112. Заземление технических средств. Сопротивление заземления.
113. Заземление технических средств. Характеристика средств заземления.
114. Фильтрация информационных сигналов.
115. Разделительные трансформаторы.
116. Помехоподавляющие фильтры.
117. Принципы построения и работы помехоподавляющих фильтров.
118. Пространственное зашумление ПЭМИ.
119. Линейное зашумление информационных наводок от ПЭМИ.
120. Принципы работы генераторов шума.
121. Порядок проведения контроля эффективности защиты ВТСС.
122. Состав и основные требования к аппаратуре контроля при контроле ВТСС на подверженность акустоэлектрическим преобразованиям.
123. Схема измерительной установки при контроле ВТСС на подверженность акустоэлектрическим преобразованиям.
124. Порядок проведения проверки ВТСС на подверженность акустоэлектрическим преобразованиям.
125. Состав и основные требования к аппаратуре контроля эффективности защиты СВТ от утечки информации, возникающей за счет ПЭМИН.
126. Порядок проведения контроля эффективности защиты СВТ от утечки информации, возникающей за счет ПЭМИН.
127. Сканирующие приемники (принцип работы, основные характеристики).
128. Детекторы поля (принцип работы, основные характеристики).
129. Нелинейные локаторы (принцип работы, основные характеристики).
130. Порядок организации защиты информации на объектах информатизации.
131. Предварительное специальное обследование объекта информатизации.
132. Аналитическое обоснование необходимости создания системы технической защиты информации на защищаемом объекте (СТЗИ) (содержание, порядок проведения).
133. Замысел создания СТЗИ. Техническое задание на разработку СТЗИ объекта информатизации.
134. Организация аттестации объекта информатизации по требованиям безопасности информации.
135. Перечень документов, предоставляемых Заявителем для проведения аттестации объекта информатизации.
136. Порядок проведения аттестации объекта информатизации по требованиям безопасности информации.
137. Заключение по результатам аттестационной проверки объекта информатизации.
138. Аттестат соответствия объекта информатизации.

4.2 Комплект разноуровневых задач

1. Тема 1. Исследование сигнальных демаскирующих признаков радиоэлектронных средств.

Типовые задачи (всего 14 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

33) Составить и отладить программу методики расчета вероятности обнаружения в «Mathcad Professional».

34) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от мощности излучения.

35) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от КНД приемной антенны.

36) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от длины волны.

37) Исследовать зависимость вероятности обнаружения РЭС от вероятности ложной

тревоги.

38) Составить и отладить программу расчета дальности обнаружения РЭС в «Mathcad Professional».

39) Исследовать зависимость дальности обнаружения РЭС от мощности шума.

40) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки амплитудно-модулированных сигналов.

41) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки частотно-модулированных сигналов.

42) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки квадратурного амплитудно-модулированного сигнала.

43) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки амплитудно-манипулированных сигналов.

44) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки частотно-манипулированных сигналов.

45) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки фазово-манипулированных сигналов.

Задания творческого уровня:

46) Смоделировать и исследовать сигнальные демаскирующие признаки GMSK сигнала.

Тема 2. Исследование источников опасных сигналов.

Типовые задачи (всего 8 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

47) Собрать схему и провести исследования зависимости величины опасного сигнала акустоэлектрического преобразователя от площади диффузора акустоэлектрического преобразователя (динамика).

48) Собрать схему и провести исследования зависимости величины опасного сигнала акустоэлектрического преобразователя от интенсивности входного акустического сигнала.

49) Собрать схему и провести исследования зависимости величины опасного сигнала акустоэлектрического преобразователя от расстояния между источником акустического сигнала и акустоэлектрическим преобразователем.

50) Собрать схему и провести исследования зависимости величины опасного сигнала акустоэлектрического преобразователя от угла прихода звуковой волны.

51) Собрать схему и провести исследования зависимости величины опасного сигнала акустоэлектрического преобразователя от величины электрического сопротивления акустоэлектрического преобразователя.

Задания творческого уровня:

52) Смоделировать и исследовать эффект паразитной генерации на транзисторном усилителе.

53) Смоделировать и исследовать эффект паразитной генерации на операционном усилителе.

54) Смоделировать и исследовать эффект паразитной генерации на логических элементах.

Тема 3. Моделирование и исследование технических каналов утечки информации, возникающих за счет побочных электромагнитных излучений и наводок.

Типовые задачи (всего 8 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

55) Смоделировать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ от СВТ, в программе EWB.

56) Исследовать эквивалентную электрическую схему замещения электромагнитного ТКУИ, возникающего за счёт ПЭМИ от СВТ.

57) Смоделировать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ при передаче цифрового видеосигнала.

58) Исследовать электромагнитный технический канал утечки информации, возникающий за счёт ПЭМИ при передаче цифрового видеосигнала.

Задания творческого уровня:

59) Смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в линию электропитания ТСПИ за счет гальванической паразитной связи.

60) Смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в соединительную линию ВТСС за счет емкостной паразитной связи.

61) Смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки информационного сигнала в цепь заземления ТСПИ за счет индуктивной паразитной связи.

62) Смоделировать и провести исследование электрического канала утечки информации, возникающего путем наводки от высокочастотного ПЭМИ информационного сигнала в посторонних проводниках.

Тема 4. Исследование способов и принципов построения и работы технических средств подслушивания акустической (речевой) информации.

Типовые задачи (всего 8 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

63) Смоделировать в программе «Electronics Workbench» простейшую схему стетоскопа.

64) Исследовать амплитудно-частотную характеристику стетоскопа.

65) Провести анализ выходного сигнала усилителя стетоскопа на наличие нелинейных искажений.

66) Провести анализ влияния фильтра нижних частот на качество работы стетоскопа.

67) Смоделировать в программе «Electronics Workbench» простейшую схему радиозакладного устройства, формирующего амплитудно-модулированные сигналы.

68) Смоделировать в программе «Electronics Workbench» простейшую схему радиозакладного устройства, формирующего частотно-модулированные сигналы.

69) Исследовать принципы работы радиозакладного устройства, формирующего амплитудно-модулированные сигналы.

70) Исследовать принципы работы радиозакладного устройства, формирующего частотно-модулированные сигналы.

Тема 5. Исследование акустического канала утечки информации, создаваемого способом высокочастотного навязывания.

Типовые задачи (всего 8 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

71) Смоделировать в программе EWB процесс паразитной модуляции на нелинейном элементе – диоде.

72) Исследовать процесс паразитной модуляции на нелинейном элементе – диоде.

73) Смоделировать в программе EWB процесс паразитной модуляции на конденсаторном микрофоне.

74) Исследовать процесс паразитной модуляции на конденсаторном микрофоне.

75) Смоделировать в программе EWB модель телефонного аппарата.

Задания творческого уровня:

76) Смоделировать в программе EWB систему высокочастотного навязывания.

77) Создать в программе EWB модель процесса высокочастотного навязывания.

78) Исследовать в программе EWB процесс высокочастотного навязывания.

Тема 6. Исследование принципов построения и работы средств экранирования, фильтрации информационных сигналов и генерации шума для энергетического скрытия ПЭМИН.

Типовые задачи (всего 16 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

79) Смоделировать в программе EWB эквивалентную схему замещения процесса экранирования электромагнитного излучения.

80) Исследовать в программе EWB эквивалентную схему замещения процесса экранирования электромагнитного излучения.

81) Смоделировать и исследовать в программе EWB эквивалентную схему электрического экранирования провода.

82) Смоделировать и исследовать в программе EWB эквивалентную схему магнитного экранирования провода.

83) Смоделировать и исследовать в программе EWB эквивалентную схему полного электромагнитного экранирования провода.

84) Рассчитать и смоделировать в программе EWB эквивалентные схемы замещения фильтров нижних частот с Т-образными и П-образными структурами.

85) Провести исследование амплитудно-частотных характеристик фильтров нижних частот с Т-образными и П-образными структурами, определить их полосы пропускания.

86) Рассчитать и смоделировать в программе EWB эквивалентные схемы замещения фильтров высоких частот с Т-образными и П-образными структурами.

87) Провести исследование амплитудно-частотных характеристик фильтров высоких частот с Т-образными и П-образными структурами, определить их полосы пропускания.

88) Рассчитать и смоделировать в программе EWB эквивалентные схемы замещения полосовых пропускающих фильтров с Т-образными и П-образными структурами.

89) Провести исследование амплитудно-частотных характеристик полосовых пропускающих фильтров с Т-образными и П-образными структурами, определить их полосы пропускания.

90) Рассчитать и смоделировать в программе EWB эквивалентные схемы замещения полосовых заграждающих фильтров с Т-образными и П-образными структурами.

91) Провести исследование амплитудно-частотных характеристик полосовых заграждающих фильтров с Т-образными и П-образными структурами, определить их полосы пропускания.

92) Собрать лабораторную установку для энергетического подавления электромагнитных излучений с помощью генератора шума ГШ-1000М.

93) Провести исследование способа зашумления радиозакладок при помощи генератора шума «ГШ – 1000М».

94) Смоделировать в программе EWB эквивалентную схему замещения генератора шума и провести исследование принципов его работы.

Тема 7. Исследование звукопоглощающих и звукоизоляционных характеристик материалов, применяемых для звукоизоляции выделенных помещений.

Типовые задачи (всего 4 задания):

Задания реконструктивного уровня:

95) Собрать лабораторную установку для исследования звукопоглощающих свойств материалов.

96) Провести исследования звукопоглощающих свойств материалов

97) Собрать лабораторную установку для исследования звукоизоляционных свойств инженерных конструкций.

98) Провести исследования звукоизоляционных свойств инженерных конструкций.

Тема 8. Исследование способов и средств защиты речевой информации в телефонных линиях.

Типовые задачи (всего 16 заданий):

Задания реконструктивного уровня:

- 99) Смоделировать в программе EWB амплитудный диодный ограничитель для защиты телефонного аппарата.
- 100) Провести исследование принципа работы амплитудного диодного ограничителя для защиты телефонного аппарата.
- 101) Смоделировать в программе EWB схему защиты звонковой цепи телефонного аппарата.
- 102) Провести исследование схемы защиты звонковой цепи телефонного аппарата.
- 103) Смоделировать в программе EWB схему защиты цепи микрофона телефонного аппарата.
- 104) Провести исследование схемы защиты цепи микрофона в телефонном аппарате.
- 105) Смоделировать в программе EWB схему фильтрации опасных сигналов для защиты телефонной линии.
- 106) Провести исследование схемы фильтрации опасных сигналов для защиты телефонной линии.
- 107) Смоделировать в программе EWB комбинированную схему защиты телефонного аппарата.
- 108) Провести исследование комбинированной схемы защиты телефонного аппарата.

Задания творческого уровня:

- 109) Смоделировать в программе EWB эквивалентную схему замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении резистивной нагрузки.
- 110) Провести исследование эквивалентной схемы замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении резистивной нагрузки.
- 111) Смоделировать в программе EWB эквивалентную схему замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении последовательной емкостной или параллельной индуктивной нагрузки.
- 112) Провести исследование эквивалентной схемы замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении последовательной емкостной или параллельной индуктивной нагрузки.
- 113) Смоделировать в программе EWB эквивалентную схему замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении параллельной емкостной или последовательной индуктивной нагрузки.
- 114) Провести исследование эквивалентной схемы замещения кабельного радара в режиме измерения неоднородностей, создаваемых при подключении параллельной емкостной или последовательной индуктивной нагрузки.

Тема 9. Исследование принципов построения и работы аналоговых скремблеров речевого сигнала.

Типовые задачи (всего 4 задания):

Задания реконструктивного уровня:

- 115) Провести в программе «WAV Scrambler» исследование принципов работы скремблера в режиме временной инверсии.
- 116) Провести в программе «WAV Scrambler» исследование принципов работы скремблера в режиме частотной инверсии.
- 117) Провести в программе «WAV Scrambler» исследование принципов работы скремблера в режиме временного скремблирования.
- 118) Провести в программе «WAV Scrambler» исследование принципов работы

скремблера в режиме частотного скремблирования.

Тема 10. Исследование принципов построения и работы средств выявления электронных устройств перехвата информации: детекторов поля, сканирующих приемников и нелинейных локаторов.

Типовые задачи (всего 12 заданий):

Задания творческого уровня:

119) Смоделировать в программе EWB принципиальную схему индикатора (детектора) электромагнитного поля.

120) Провести в программе EWB исследование принципиальной схемы индикатора (детектора) электромагнитного поля в режиме индикации.

121) Провести в программе EWB исследование принципиальной схемы индикатора (детектора) электромагнитного поля в режиме акустической завязки.

122) Разработать алгоритм поиска (локализации) устройств негласного перехвата информации с помощью детектора поля.

123) Смоделировать в программе EWB упрощенную функциональную схему сканирующего приемника.

124) Провести в программе EWB исследование принципов работы сканирующего приемника.

125) Разработать алгоритм обнаружения устройств негласного перехвата информации с помощью сканирующего приемника.

126) Смоделировать в программе EWB принципиальную схему замещения нелинейного локатора для обнаружения р-п-перехода.

127) Провести в программе EWB исследование принципов работы нелинейного локатора в режиме обнаружения р-п-перехода.

128) Смоделировать в программе EWB принципиальную схему замещения нелинейного локатора для обнаружения МОМ-диода (коррозийной нелинейности).

129) Провести в программе EWB исследование принципов работы нелинейного локатора в режиме обнаружения МОМ-диода (коррозийной нелинейности).

130) Разработать алгоритм поиска (локализации) устройств негласного перехвата информации с помощью нелинейного локатора.

5. Сок рекомендуемой литературы

5.1.1. Основная литература

– Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Зайцева А.П. и Шелупанова А.А.. Изд. 4-е испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009.

– Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010.

– Методы и средства инженерно-технической защиты информации: учебное пособие [Электронный ресурс]/ В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов, А.В. Кувыклин, Т.Р. Гайнулин. – 2-е изд., стер. – М.: Флинта, 2011. – URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93275>

5.1.2. Дополнительная литература

- Разработка системы технической защиты информации: учебное пособие [Электронный ресурс]/ В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов, А.В. Кувыклин, Т.Р. Гайнулин. – 2-е изд., стер. – М.: Флинта, 2011. – URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93349>
- Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие. – М.: «Гелиос АРВ», 2005. – 960 с.
- Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки по информации техническим каналам: Учеб. пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
- Конахович Г.Ф., Климчук В.П., Паук С.М., Потапов В.Г. Защита информации в телекоммуникационных системах. – К.: «МК-Пресс», 2005.
- Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008.

5.1.3. Методическая литература

- Электронный курс лекций:
- Электронные методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Электронные методические рекомендации к практическим занятиям.
- Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров. Русская версия. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
- Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с.
- Серебряков А.С. Электротехника и электроника. Лабораторный практикум на Electronics Workbench и Multisim. – М.: Высшая школа, 2009. – 336 с.
- Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. Electronics Workbench и Micro-Cap. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2003. – 312 с.

5.1.4. Интернет-ресурсы

- сайт Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. – www.fstec.ru;
- сайт Федеральной служба безопасности Российской Федерации. – www.fsb.ru.

5.1.5. Программное обеспечение

- специализированное программное обеспечение для проверки защищенности помещений от утечки информации по акустическому и виброакустическому каналам;
- программа тестового контроля «Iren»;
- математический программный редактор «Mathcad Professional 14»;
- программный редактор «Electronics Workbench 5.12».
- Обучающие программы (симуляторы): электронная программная модель «Спецтехника»; электронная программная модель скремблера «Scrambler»; электронная программная модель прибора «ПСЧ-5»; электронная программная модель «Нелинейный локатор NR-m»; электронная расчетная программа «Методика оценки защищенности конфиденциальной информации, обрабатываемой техническими средствами и системами».

5.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины