

7650

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Ф. УТКИНА

РАДИОФОТОННЫЕ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Часть 1

Методические указания
к лабораторным работам



Рязань 2023

УДК 621.396

Радиофотонные приемопередающие устройства: методические указания к лабораторным работам. Часть 1 / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. Е.В. Васильев. Рязань, 2023. 24 с.

Содержат краткие теоретические сведения, описание и методику выполнения лабораторных работ по дисциплине.

Предназначены студентам, обучающимся по направлению бакалавриата 11.03.01 «Радиотехника», направленность «Радиофотоника» и «Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах».

Табл.8. Ил. 6.

Радиофотоника, радиофотонные системы передачи информации, телекоммуникационные лазерные модули

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета им. В.Ф. Уткина.

Рецензент: кафедра радиотехнических устройств РГРТУ (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Паршин)

Радиофотонные приемопередающие устройства. Часть 1

Составитель В а с и л ь е в Евгений Викторович

Редактор И.В. Черникова

Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 26.06.23. Формат бумаги 60 x 84 1/16.

Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2.0.

Тираж 50 экз. Заказ

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОФОТОННОГО ТРАКТА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Требования по безопасности

Оптический передатчик MOS211A содержит полупроводниковый лазерный диод, работающий на длине волны 1310 нм, которая является невидимой для человеческого глаза. При неправильном использовании возможно повреждение зрения. Пиковая мощность лазерного диода достигает +6 дБм (4 мВт). Устройство соответствует международному стандарту IEC 60825-1:2007 “Safety of laser product”, часть 1, и классифицируется как лазерный продукт класса 1M.

При работе с оптическим передатчиком следует выполнять меры предосторожности:

- не смотрите на конец оптического соединителя с использованием любого типа увеличительных приборов, в том числе увеличительных очков, микроскопов, луп;
- убедитесь дважды, что оптический передатчик отключен от внешнего питания при чистке и проверки оптических разъемов;
- лазер должен быть выключен, если к нему не подключен оптический соединитель (патчкорд);
- оптический соединитель (патчкорд) к передатчику следует подсоединять только при выключенном лазере;
- никогда не оставляйте свободные оптические гнезда передатчика, разветвителя, приемника или разъемы патчкорда без защитного колпачка.

Цель работы: изучение структуры радиофотонного тракта передачи информации, получение навыков по управлению оптическим передатчиком, а также по измерению характеристик радиофотонного тракта передачи информации.

Описание лабораторной установки

В состав лабораторного макета радиофотонной линии передачи сигнала (рисунок 1.1) входят:

1. Генератор ВЧ-СВЧ сигналов до 1,5 ГГц АКПП 3417/2.
2. Оптический передатчик радиосигналов MOS211A на основе охлаждаемого DFB-лазерного модуля на длину волны 1310 нм.
3. Оптический делитель мощности (четырёхканальный разветвитель) для одномодовых волокон SO414 в комплекте с оптическими патчкордами на основе одномодовых волокон PCO-2SC/APC.
4. Оптический приемник OD004 диапазона 1100-1600 нм.

5. Согласованная ВЧ нагрузка с ответвителем для детекторной головки милливольтметра.

6. ВЧ-СВЧ милливольтметр В3-52/1 с цифровой индикацией напряжения.



Рисунок 1.1 – Макет радиофотонной линии передачи информации

Сигнал ВЧ генератора модулирует лазерное излучение, имеющее длину волны 1310 нм (соответствующее второму окну прозрачности кварцевого телекоммуникационного оптического волокна). Модуляция осуществляется в оптическом передатчике MOS211A, структурная схема которого представлена на рисунке 1.2. Оптический передатчик MOS211A является передатчиком аналогового оптического сигнала. Передатчик построен на базе полупроводникового инжекционного лазера с распределенной обратной связью (РОС, англ. - DFB). В передатчике осуществляется непосредственная модуляция лазерного излучения за счет управления током инжекции лазерного диода. В передатчике также осуществляется термостабилизация лазерного диода с использованием термоэлектрического охладителя (ТЭО, англ. - TEC) на основе элемента Пельтье. Основные параметры оптического передатчика MOS211A приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Параметры оптического передатчика MOS211A

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Мощность оптического излучения | 6 dBm |
| Тип лазера | DFB |
| Тип модуляции | внутренняя |
| Длина волны | 1310± 10 нм |
| Частотный диапазон РЧ | 47-862 МГц |
| Неравномерность АЧХ | ± 0.75 дБ |
| Входной уровень РЧ | 75...90 дБмкВ |
| Относительная интенсивность шумов RIN | <- 155дБ/(Гц) ^{1/2} |
| Регулирование усиления | 15 дБ с шагом 0.5 дБ |
| Регулировка наклона АЧХ | 10 дБ с шагом 0.5 дБ |
| Оптический разъем | SC/APC |

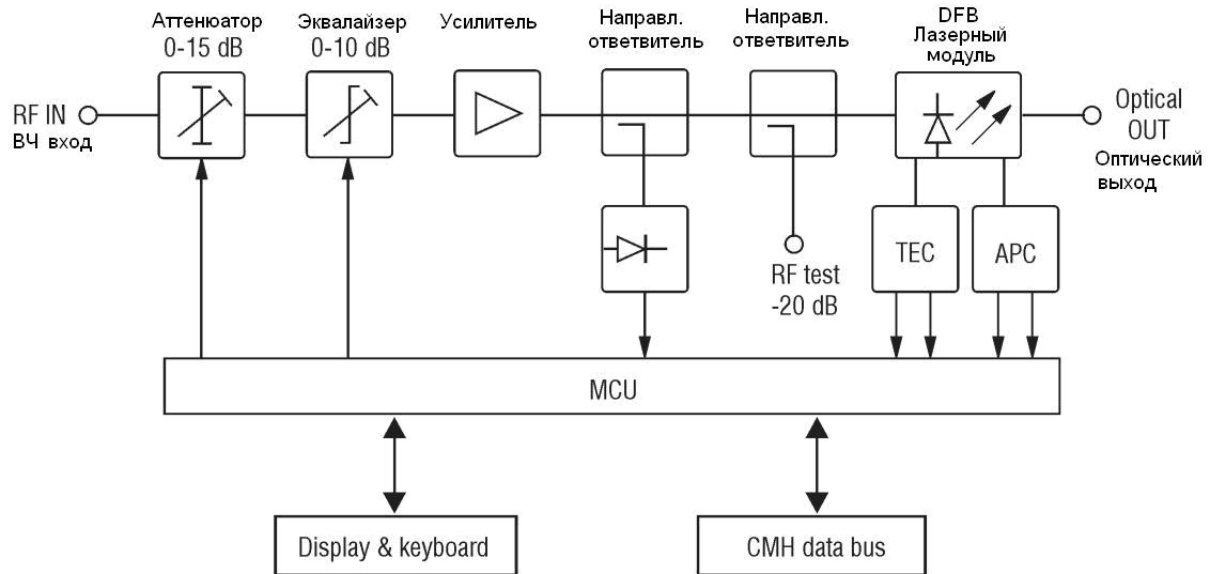


Рисунок 1.2 – Структурная схема оптического передатчика MOS211A

В оптическом передатчике (рисунок 1.2) входной ВЧ сигнал генератора подается на вход аттенюатора, диапазон регулировки которого составляет 0-15 дБ с шагом 0,5 дБ. Эта регулировка может осуществляться в ручном режиме пользователем через соответствующую страницу меню либо автоматически микроконтроллером оптического передатчика (MCU) при работе в режиме автоматической регулировки уровня ВЧ сигнала, подающегося на вход лазерного модуля. Кроме того, пользователь имеет возможность вручную (войдя в соответствующий пункт меню) регулировать наклон АЧХ в пределах до 10 дБ в следующем после аттенюатора блоке – эквалайзере. Пройдя через аттенюатор и эквалайзер, радиосигнал усиливается и подается на вход первого направленного ответвителя, который необходим для того, чтобы часть мощности радиосигнала подать на амплитудный детектор. Этот детектор является для микроконтроллера датчиком амплитуды модулирующего радиосигнала, подаваемого на лазерный диод. Результат измерения амплитуды радиосигнала отображается на дисплее оптического передатчика при входе в соответствующий пункт меню, а также используется микроконтроллером для автоматического поддержания постоянного уровня модулирующего радиосигнала, подаваемого на лазерный модуль (если пользователем активирован через меню режим автоматической регулировки уровня радиосигнала). Второй направленный ответвитель может понадобиться для непосредственного измерения амплитуды радиосигнала, подаваемого на лазерный модуль.

На лицевой панели оптического передатчика MOS211A расположены органы управления и индикации: кнопки управления и

выбора параметров через меню, жидкокристаллический (ЖК) дисплей, индикаторные светодиоды.

При работе с оптическим передатчиком важно обращать внимание на цвет свечения светодиода STATUS: зеленый цвет свечения показывает, что уровень ВЧ возбуждения на лазерном диоде входит в границы допустимых значений, а красный цвет свидетельствует как о перегрузке лазерного диода слишком мощным ВЧ сигналом, так и о недостаточном уровне этого сигнала. Следует помнить, что переключение цвета светодиода STATUS с красного на зеленый происходит не мгновенно, а с задержкой около 5 секунд.

Выполнение лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы следует ознакомиться с правилами техники безопасности, а также убедиться в том, что все оптические разъемы соединены, штекеры патчкордов подключены в соответствующие гнезда на приборах. Только после этого нужно подать электрическое питание на все приборы, входящие в состав лабораторного макета.

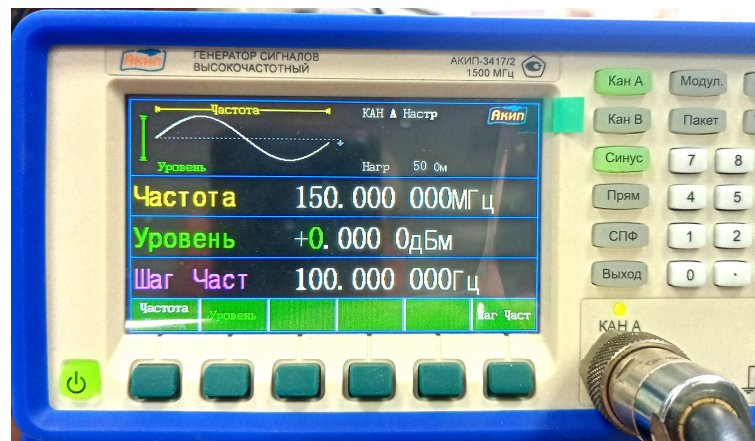


Рисунок 1.3 – Дисплей генератора ВЧ-СВЧ сигналов АКПП-3417/2

1. Предварительная настройка ВЧ-СВЧ генератора АКПП-3417/2

Перед включением в оптическом передатчике лазерного модуля установите на ВЧ-СВЧ генераторе сигналов АКПП-3417/2 (рисунок 1.3) исходные значения мощности и частоты выходного колебания в канале А: уровень сигнала минус 30 дБм, частоту 150 МГц.

Для установки частоты нажать на лицевой панели генератора кнопку «КАН. А», затем самую левую кнопку под дисплеем - «Частота» (после этого прибор перейдет в режим установки частоты, надпись «Частота» на дисплее станет зеленого цвета). Кнопками на цифровой клавиатуре генератора набрать значение 150 и выбрать размерность «МГц» нажатием соответствующей кнопки под дисплеем (внимание – не «МГц»!).

Для установки мощности выходного сигнала нажать вторую слева кнопку под дисплеем – «Уровень», надпись «Уровень» на дисплее должна стать зеленой. Вращением энкодера (расположенного в левом верхнем углу лицевой панели генератора) или кнопками цифровой клавиатуры установить нужное значение уровня.

После установки требуемых значений частоты и уровня сигнала нужно нажать кнопку «Выход», расположенную над коаксиальным СВЧ разъемом «КАН. А». Загоревшийся над разъемом зеленый светодиод покажет наличие ВЧ колебания на этом выходе генератора.

2. Исходная настройка режима работы оптического передатчика MOS-211A

Для разблокировки панели управления оптического передатчика нажать последовательно кнопки **enter** и **esc**. Несколько секунд передатчик осуществляет поиск оборудования, которое могло бы быть подключено к нему по шине Terra Bus (в нашем макете такого оборудования нет). Результаты сканирования шины отображаются на ЖК дисплее символами «+», «-», «!», «?». Наличие символа «+» на пятой позиции первой строки говорит о том, что наш передатчик прошел самодиагностику и исправен.

По окончании поиска устройств в сети передатчик предложит нажать кнопку \leftarrow , то есть **enter**, для входа в меню. Нажмите **enter**. После этого появится возможность листать пункты меню кнопками \blacktriangle и \blacktriangledown . Если нужно будет войти в какой-то конкретный пункт меню, то сделать это можно нажатием кнопки **enter**, а выйти – кнопкой **esc**. Выход из меню в целом также осуществляется кнопкой **esc**.

Приведем краткое **описание пунктов меню оптического передатчика**.

- **Laser On/Off** – включение или выключение лазерного диода.
- **RF level dBuV** – измерение уровня модулирующего ВЧ сигнала (в децибелах относительно одного микровольта), подаваемого на лазерный диод. Это измерение осуществляется только в момент входа оператора в общее меню, оно не меняется в реальном времени, если изменять уровень ВЧ сигнала. Поэтому, чтобы измерить еще раз уровень ВЧ сигнала на входе лазера, нужно выйти из меню и затем снова в него войти. Перевод из величины dBuV (дБмкВ) в микровольты осуществляется с применением следующей формулы:

$$U_{\text{мкВ}} = 10^{U_{\text{дБмкВ}} / 20} .$$

- **Gain ctrl Manual/Auto** – выбор ручного или автоматического управления уровнем модулирующего ВЧ сигнала на входе лазерного диода. Ручное управление (**Manual**) осуществляется в следующем пункте меню (**Attn**) регулировкой аттенюатора.

Сущность автоматического регулирования заключается в том, что передатчик старается поддерживать на ВЧ входе лазерного диода тот уровень сигнала, который присутствовал на нем в момент активизации режима **Auto**. Следует отметить, что красное свечение светодиода STATUS на лицевой панели передатчика в режиме автоматического поддержания амплитуды ВЧ сигнала на лазерном диоде говорит о том, что схема автоматической регулировки не справляется со своей задачей из-за слишком малого или слишком большого уровня входного ВЧ сигнала.

- **Attn 3.0 dB** – ручная установка конкретного значения ослабления ВЧ сигнала, которое осуществляется аттенюатором, расположенным сразу после входного ВЧ разъема передатчика (рисунок 1.2). Значение ослабления в этом пункте можно менять кнопками ▲ и ▼. Этот пункт меню не отображается на ЖК дисплее, если пользователем установлен автоматический режим поддержания амплитуды ВЧ колебания на лазерном модуле (см. предыдущий пункт меню), так как управление аттенюатором при этом берет на себя схема автоматического регулирования передатчика.
- **Eq 0.0 dB** - ручная регулировка АЧХ тракта ВЧ, которая выполняется в схеме эквалайзера, подключенного к выходу аттенюатора (рисунок 1.2). Наклон АЧХ в этом пункте можно менять кнопками ▲ и ▼.
- **Diag 0 00000000** – этот пункт меню отображает результаты самодиагностики оптического передатчика.

Войдите в первый пункт меню Laser On/Off, который управляет состоянием лазера «Включено/Выключено». На ЖК дисплее появится мигающий курсор ■, который сигнализирует о возможности управления состоянием лазера. Переключать состояние лазера On/Off можно нажатием кнопок ▲ и ▼, а затем подтвердить свой выбор кнопкой **enter** (↵). Если лазер находился в выключенном состоянии, включите его.

Войдите в меню **Gain ctrl** и установите режим ручного управления (**Manual**) уровнем модулирующего ВЧ сигнала на входе лазерного диода.

На странице меню **Attn** установите максимальное ослабление сигнала аттенюатором, т.е. **15 дБ**.

На странице меню **Eq** установите отсутствие изменения АЧХ тракта ВЧ сигнала в эквалайзере, т.е. **0 дБ**, после чего выйдите из меню.

3. Измерение амплитудной характеристики радиопотонного тракта передачи сигнала

Снимите зависимость выходного напряжения радиосигнала (в милливольтмах, отсчитывается по показаниям милливольтметра ВЗ-52/1) от мощности сигнала, подаваемого с генератора ВЧ-СВЧ на вход оптического передатчика (в дБм). Проверьте, чтобы была установлена частота сигнала

150 МГц, а аттенюатор в оптическом передатчике установлен на 15 дБ. Мощность сигнала изменяйте от -23 дБм до +7 дБм с шагом 3 дБ. Для того чтобы светодиод STATUS успевал реагировать на изменение уровня входного сигнала, переключайте этот уровень не чаще чем 1 раз в 5 секунд. Светодиод STATUS должен светиться красным только в самом начале и в самом конце указанного интервала мощности входного ВЧ сигнала. Если это не выполняется, позвоните преподавателя для устранения ошибки в настройках оборудования.

Постройте график зависимости **напряжения** сигнала на выходе оптического приемника от **напряжения** на ВЧ входе оптического передатчика. Напряжение (в вольтах) подаваемого на вход приемника ВЧ сигнала можно пересчитать из его мощности (отображаемой на генераторе в дБм) по приведенной ниже формуле, в которой учитывается, что входное сопротивление оптического передатчика по его ВЧ входу равно 75 Ом:

$$U_B = \sqrt{R_{ex} P_{Bm}} = \sqrt{75 \cdot 10^{(P_{дБм} - 30) / 10}} .$$

Графики можно строить после окончания всех измерений, проводимых в рамках лабораторной работы.

На странице меню **Attn** установите ослабление сигнала аттенюатором **5 дБ**. Повторите измерения, при этом мощность ВЧ сигнала на генераторе изменяйте от -31 дБм до -3 дБм с шагом 3 дБ. Светодиод STATUS должен светиться красным только в самом начале и в самом конце указанного интервала мощности входного ВЧ сигнала. Если это не выполняется, позвоните преподавателя для устранения ошибки в настройках оборудования. Постройте график амплитудной характеристики для проведенного измерения в одной системе координат с предыдущим графиком амплитудной характеристики.

4. Измерение амплитудной характеристики радиофотонного тракта в режиме автоматической регулировки уровня ВЧ сигнала в оптическом передатчике

Для осуществления этого измерения аттенюатор в оптическом передатчике должен быть установлен на 5 дБ, регулировка уровня – ручная (как это было сделано в последнем измерении предыдущего пункта).

Установите с помощью генератора на входе оптического передатчика какой-либо уровень сигнала из диапазона -21...-16 дБм, после чего с помощью меню оптического передатчика переключитесь в режим автоматической регулировки уровня (**Gain ctrl Auto**). После этого оптический передатчик будет автоматически (с помощью аттенюатора) поддерживать на входе лазерного модуля уровень сигнала, близкий к заданному. Светодиод STATUS должен светиться зеленым цветом. Если это не выполняется, позвоните преподавателя для устранения ошибки в настройках оборудования.

Снимите амплитудную характеристику радиотонного тракта в этом режиме, для чего увеличивайте через 3 дБм мощность сигнала генератора до тех пор, пока светодиод STATUS не изменит цвет с зеленого на красный. Как и в предыдущем пункте, чтобы светодиод STATUS успевал реагировать на изменение уровня входного сигнала, переключайте этот уровень не чаще чем 1 раз в 5 секунд.

После того, как светодиод STATUS станет красным, начните уменьшать через 3 дБм мощность сигнала генератора до тех пор, пока светодиод STATUS опять не изменит цвет с зеленого на красный. Пересчитайте мощность генератора из дБм в милливольты и постройте амплитудную характеристику аналогично предыдущему пункту, можно в той же системе координат, что и предыдущие графики.

По окончании измерений **верните режим ручной регулировки** уровня входного сигнала на лазерном модуле оптического передатчика (меню **Gain ctl Manual**).

5. Исследование амплитудно-частотной характеристики радиотонного тракта

Для выполнения измерений в этом пункте на оптическом передатчике должен быть установлен режим ручной регулировки уровня входного сигнала на лазерном модуле оптического передатчика (меню **Gain ctl Manual**). Атенюатор в оптическом передатчике может быть установлен на 5 дБ, в таком случае уровень мощности ВЧ сигнала установите -23...-20 дБм. Исходное значение частоты генератора установите равной 300 МГц. Проверьте, что светодиод STATUS светится зеленым.

Установите в меню **Eq** оптического передатчика значение наклона АЧХ **0 дБ** (или убедитесь, что такое значение уже установлено).

Изменяя частоту генератора от 300 МГц до 1500 МГц через 200 МГц, снимите «верхнюю» часть АЧХ по показаниям ВЧ-СВЧ милливольтметра. Затем аналогичным образом снимите «нижнюю» половину АЧХ, изменяя частоту генератора от 300 МГц до 50 МГц через 50 МГц, а затем через 10 МГц до 10 МГц.

Установите в меню **Eq** оптического передатчика значение наклона АЧХ **10 дБ**. Повторите измерение АЧХ, а затем постройте полученные в этом и предыдущем измерениях АЧХ в одной общей системе координат.

6. Перед окончанием лабораторной работы

Верните настройки оптического передатчика: на странице меню **Attn** установите **15 дБ**, на странице меню **Eq** установите **0 дБ**, после чего выйдите из меню и выключите оборудование лабораторного макета.

Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОФОТОННОГО ТРАКТА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Требования по безопасности

В лабораторном макете используется оптический передатчик MO418, который содержит полупроводниковый лазерный диод, работающий на длине волны 1310 с мощностью +6 дБм. Основные требования по безопасности при этом совпадают с приведенными в описании лабораторной работы № 1.

Цель работы: изучение структуры и приобретение навыков по настройке оборудования радиотонного тракта передачи телевизионного сигнала.

Описание лабораторной установки

В состав лабораторного макета радиотонной линии передачи телевизионного сигнала (рисунок 2.1) входят:

1. Источник аналогового видеосигнала (ТВ камера, видеоманитон и т.п.).
2. Оптический передатчик радиосигналов MO418 на основе неохлаждаемого DFB-лазерного модуля с длиной волны 1310 нм.
3. Оптический делитель мощности (четырёхканальный разветвитель) для одномодовых волокон SO414 в комплекте с оптическими патчкордами на основе одномодовых волокон PCO-2SC/APC.
4. Оптический приемник OD004 диапазона 1100-1600 нм.
5. ТВ приемник аналогового сигнала.
6. Компьютер с USB-приставкой для приема аналогового ТВ сигнала.



Рисунок 2.1 – Лабораторная установка

В качестве источника ВЧ сигнала в данной лабораторной работе применяется **телевизионный модулятор МТ47**. Это устройство предназначено для формирования телевизионного сигнала нескольких систем аналогового телевидения, список которых приведен в таблице 2.1. Какая именно система активна в настоящий момент, показывают символы на двухразрядном светодиодном дисплее модулятора.

Таблица 2.1 – Выбор системы телевидения в модуляторе МТ47

| Система телевидения | Символы на дисплее | Несущая звука | Стандарт видео |
|---------------------|--------------------|---------------|----------------|
| B/G | bS | 5.5 MHz | PAL |
| D/K | d6 | 6.5 MHz | PAL, SECAM |
| Australia | AS | 5.5 MHz | PAL |
| I | .6 | 6.0 MHz | PAL |
| L | L6 | 6.5 MHz | SECAM |
| M | J4 | 4.5 MHz | NTSC |
| N | U4 | 4.5 MHz | NTSC |

На соответствующие входы модулятора подаются аудиосигналы правого и левого стереоканалов и видеосигнал, источником которых может быть видеомаягнитофон, цифровая видеокамера и т.п. устройство. Модулятор формирует аналоговый телевизионный сигнал одного из стандартов PAL, SECAM, NTSC (в соответствии с таблицей 2.1) на несущей частоте выбранного телевизионного канала метрового или дециметрового диапазона волн. Несущие частоты телевизионных каналов зависят от выбранной системы телевидения. В таблице 2.2 приведены несущие частоты телевизионных каналов стандарта D/K, который и будет преимущественно использоваться в лабораторной работе. В таблице 2.3 приводится информация о каналах телевизионного стандарта B/G. Жирным шрифтом в этих таблицах отмечены каналы, у которых при разных стандартах совпадают несущие частоты изображения.

Таблица 2.2 – Телевизионные каналы стандарта D/K

| Диапазон | Обозначение канала | Символы на индикаторе | Несущая изображения, МГц | Несущая звука, МГц |
|----------|--------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| VI/II | C1 | 01 | 49,75 | 56,25 |
| | C2 | 02 | 59,25 | 65,75 |
| | C3 | 03 | 77,25 | 83,75 |
| VIII | C6 | 06 | 175,25 | 181,75 |
| | C7 | 07 | 183,25 | 189,75 |
| | C8 | 08 | 191,25 | 197,75 |

| | | | | |
|-------------|-------------|-----------|---------------|---------------|
| | C9 | 09 | 199,25 | 205,75 |
| | C10 | 10 | 207,25 | 213,75 |
| | C11 | 11 | 215,25 | 221,75 |
| | C12 | 12 | 223,25 | 229,75 |
| SR2/ SR3 | SR11 | 71 | 231,25 | 237,75 |
| | SR12 | 72 | 239,25 | 245,75 |
| | SR13 | 73 | 247,25 | 253,75 |
| | SR14 | 74 | 255,25 | 261,75 |
| | SR15 | 75 | 263,25 | 269,75 |
| | SR16 | 76 | 271,25 | 277,75 |
| | SR17 | 77 | 279,25 | 285,75 |
| | SR18 | 78 | 287,25 | 293,75 |
| | SR19 | 79 | 295,25 | 301,75 |

Таблица 2.3 - Каналы телевизионного стандарта В/G

| Диапазон | Обозначение канала | Символы на индикаторе | Несущая изображения, МГц | Несущая звука, МГц |
|----------|--------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| В/II | E1 | 01 | 45.25 | 50,75 |
| | E2 | 02 | 48,25 | 53,75 |
| | E3 | 03 | 55,25 | 60,75 |
| | E4 | 04 | 62.25 | 67.75 |
| VIII | E5 | 05 | 175.25 | 180,75 |
| | E6 | 06 | 182.25 | 187,75 |
| | E7 | 07 | 189.25 | 194,75 |
| | E8 | 08 | 196.25 | 201,75 |
| | E9 | 09 | 203.25 | 208,75 |
| | E10 | 10 | 210.25 | 215,75 |
| | E11 | 11 | 217.25 | 222,75 |
| | E12 | 12 | 224.25 | 229.75 |
| S2 | S11 | 71 | 231.25 | 236.75 |
| | S12 | 72 | 238.25 | 243.75 |
| | S13 | 73 | 245.25 | 250.75 |
| | S14 | 74 | 252.25 | 257.75 |
| | S15 | 75 | 259.25 | 264.75 |
| | S16 | 76 | 266.25 | 271.75 |
| | S17 | 77 | 273.25 | 278.75 |
| | S18 | 78 | 280.25 | 285.75 |
| | S19 | 79 | 287.25 | 292.75 |
| | S20 | 80 | 294.25 | 299.75 |

Рассмотрим **порядок управления модулятором через его меню**. Модулятор имеет два режима работы: нормальный режим и режим установок.

Нормальный режим модулятора включается после подачи на модулятор питания. Выходной канал выбирается в нормальном режиме работы нажатием кнопок "-" или "+" (см. таблицу 2.2).

Режим установок включается одновременным нажатием кнопок "-" и "+" в течение 1 секунды, а выключается повторным одновременным нажатием кнопок "-" и "+" в течение 1 секунды.

Выбор нужного параметра (т.е. пункта в меню) осуществляется нажатием кнопки "-", а изменение значения этого параметра (выбор нужного режима) осуществляется нажатием кнопки "+".

Можно изменять следующие параметры в режиме установок нажатием кнопки "-", причем переключение происходит по кольцу.

1. Выбор ТВ системы:

а) после включения *режима установок* индикатор показывает в данный момент выбранную ТВ систему (см. таблицу 2.2);

б) требуемая ТВ система выбирается нажатием кнопки "+" (см. таблицу 2.1);

в) после изменения ТВ системы модулятор выставляет первый канал выбранной ТВ системы, другие установки остаются без изменения.

2. Генератор тестового сигнала:

а) нажимать кнопку "-", пока на дисплее не появятся символы **nO** или **tS**;

б) включение и выключение генератора осуществляется нажатием кнопки "+": "**nO**" – тест-генератор выключен, "**tS**" – тест-генератор включен.

3. Плавное изменение частоты выходного сигнала:

а) нажимать кнопку "-", пока не появится одна из цифр **0, 1, 2** и т.д. без знака или со знаком минус;

б) нажатием кнопки "+" изменяется частота выходного сигнала с шагом 0,25 МГц, причем сдвиг частоты будет равен значению, отображаемому на дисплее, умноженному на 0,25 МГц, например, **-2** соответствует понижению несущей частоты на 0,5 МГц.

4. Соотношение видео- и аудионесущих:

а) нажимать кнопку "-", пока на дисплее не появится число 12 или 16;

б) переключение между 12 дБ и 16 дБ осуществляется нажатием кнопки "+".

5. Отключение выходного сигнала:

а) нажимать кнопку "-", пока на дисплее не появится символ **on** или **oF**;

б) выключение и включение осуществляется нажатием кнопки "+": "**on**" - включен, "**oF**" - выключен.

Если модулятор некоторое время не беспокоить, он переходит в режим ожидания, при этом на дисплее отображаются символы "- -". Вывести его из режима ожидания можно нажатием любой кнопки.

С выхода телевизионного модулятора полностью сформированный радиосигнал подается на ВЧ вход **оптического передатчика МО428**. Структурная схема оптического передатчика приведена на рисунке 2.2. Оптический передатчик этого типа построен на основе неохлаждаемого телекоммуникационного лазерного модуля. В целом структурная схема передатчика и его функции схожи с приведенными в лабораторной работе № 1 для оптического передатчика MOS211A. В оптическом передатчике MOS428 функционирует аналогичная MOS211A схема автоматического поддержания уровня высокочастотного сигнала на входе модуляции лазерного диода, состоящая из регулируемого аттенюатора и усилителя с управляемым коэффициентом усиления.

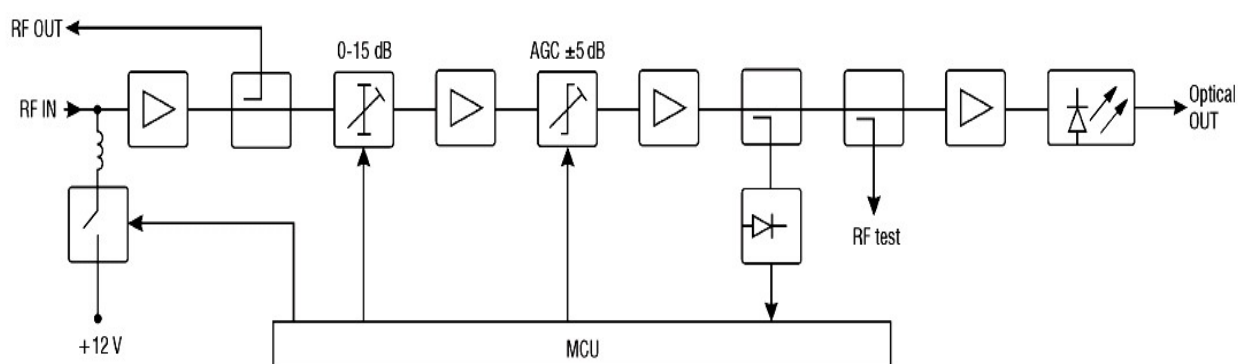


Рисунок 2.2 – Структурная схема оптического передатчика МО428

Основные характеристики оптического передатчика приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Характеристики оптического передатчика МО428

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Мощность оптического излучения | 6 дБм |
| Частотный диапазон РЧ | 47-2400 МГц |
| Входной уровень РЧ | 70-85 дБмкВ |
| Входной импеданс РЧ | 75 Ω |
| Регулирование усиления | 0...-15 дБ с шагом 1 дБ |
| АРУ диапазон | ± 5 дБ |

Приведем краткую инструкцию по **настройке режимов оптического передатчика МО428**. Настройка производится с помощью кнопок «SELECT» (выбор), а также ▲ и ▼.

Выберите параметр настройки, нажимая кнопку "SELECT".

Нажимая кнопки ▲ и ▼, введите нужное значение параметра.

[A1] Аттenuатор РЧ: коэффициент передачи аттenuатора можно регулировать в диапазоне 0...-15 дБ с шагом 1 дБ, нажимая кнопки ▼ (уменьшить значение) и ▲ (увеличить значение), причем нажимать эти кнопки нужно с интервалом не менее 3 секунд.

[AL] АРУ: ▼ OF - АРУ отключена; ▲ ON - АРУ включена.

АРУ используется для автоматической регулировки уровня РЧ и поддержания постоянной нагрузки лазера.

Рабочий уровень АРУ задается при нажатии пользователем кнопки ▲. При включенной АРУ нестабильность уровня РЧ автоматически компенсируется встроенным аттenuатором. Если аттenuатор не может компенсировать нестабильность уровня РЧ, выдается сообщение об ошибке "E3" (АРУ неэффективна).

[UE] Для подключения напряжения постоянного тока к входному разъему РЧ: ▼ OF: 0 В; ▲ ON: 12 В (подключать 12 В к входному разъему не нужно!).

[rF] Нажать ▲. Выводит на дисплей среднюю мощность входного сигнала РЧ. Это значение зависит от величины входных сигналов и количества каналов.

[L1] Нажать ▲. Выводит на дисплей ток 1-го лазера.

[L2] Нажать ▲. Выводит на дисплей ток 2-го лазера.

[U1] Нажать ▲. Выводит на дисплей значение внешнего напряжения постоянного тока на входном разъеме РЧ.

[U2] Нажать ▲. Выводит на дисплей напряжение питания 12 В.

[U3] Нажать ▲. Выводит на дисплей внутреннее напряжение питания 5 В.

[tE] Нажать ▲. Выводит на дисплей значение температуры внутри передатчика.

Диагностические предупреждения и сообщения об ошибках:

* если нет предупреждений и сообщений об ошибках, на дисплее отображается E- и горит зеленый цвет светодиодного индикатора состояния;

* при наличии предупреждения или сообщения об ошибке светодиодный индикатор "Состояние" (Status) изменяет цвет на красный, на дисплее появляется сообщение об ошибке в соответствии с таблицей 2.5.

Таблица 2.5 – Сообщения об ошибках и неисправности
оптического передатчика MO428

| | |
|----|---|
| E1 | Напряжение 5 В (внутреннее) вне допустимого диапазона |
| E2 | Напряжение питания 12 V вне допустимого диапазона |
| E3 | APY неэффективна |
| E4 | Низкий уровень сигнала на входе PЧ |
| E5 | Высокий уровень сигнала на входе PЧ |
| E6 | Низкое внешнее напряжение |
| E7 | Перегрев |
| E8 | Старение лазера LD1 |
| E9 | Старение лазера LD2 |

Структурная схема используемого в лабораторной установке **оптического приемника OD004** приведена на рисунке 2.3, а его основные параметры - в таблице 2.6.

Мощность попадающего на вход приемника оптического сигнала измеряется и может быть выведена на индикатор. Эта мощность должна быть в интервале -20...0 дБм. На выходе фотоприемника последовательно установлены усилитель и аттенюатор, управляемые от микроконтроллера (MCU). Микроконтроллер может включать усилитель (+16 дБ) или выключать его (0 дБ), а также изменять ослабление, вносимое аттенюатором от 0 до 15 дБ с шагом 1 дБ.

Таким образом, полный диапазон регулировки коэффициента передачи в радиочастотном тракте приемника достигает 31 дБ (с шагом 1 дБ). Это используется в приемнике для реализации автоматической регулировки усиления (APY), то есть для поддержания заданного уровня ВЧ сигнала на выходе приемника при изменении уровня входного оптического сигнала.

Схема APY может работать (поддерживать постоянный уровень выходного ВЧ сигнала приемника) в двух диапазонах уровней входного оптического сигнала, см. таблицу 2.6: -8...0 дБм или -15...-6 дБм. Переключение этих диапазонов осуществляется пользователем через меню оптического приемника.

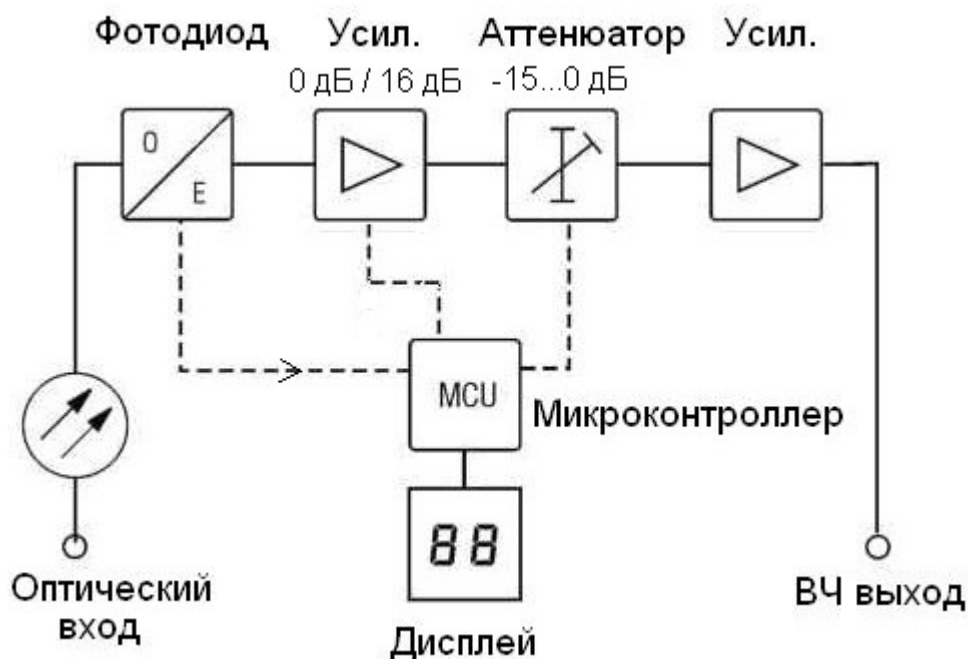


Рисунок 2.3 – Структурная схема оптического приемника OD004

Таблица 2.6 – Параметры оптического приемника OD004

| | | |
|-----------------|--|--------------------------------------|
| Оптический вход | Длина волны | 1100-1600 нм |
| | Оптический уровень на входе (диапазон АРУ), переключаемый | -15... -6 / -8... 0 дБм |
| | Спектральная плотность шумового тока | $< 7.0 \text{ пА}/(\text{Гц})^{1/2}$ |
| ВЧ выход | Частотный диапазон | 47-2400 МГц |
| | Импеданс | 75 Ом |
| | Неравномерность АЧХ | $\pm 1.5 \text{ дБ}$ |
| | Регулировка усиления (ручное управление) | 31 дБ с шагом 1 дБ |
| | Выходной уровень для оптического уровня -8...0 дБм (диапазона АРУ) | 78 дБмкВ |
| | Выходной уровень для оптического уровня -15...-6 дБм (диапазона АРУ) | 80 дБмкВ |

Приведем краткое описание работы с меню оптического приемника.

При настройке параметры устанавливаются кнопками, находящимися на панели приемника. Значения параметров отображаются на индикаторе. Кнопки управления: «**Mode**» - выбрать параметр; «**Value**» -

изменить значение или посмотреть величину параметра. Можно изменять и наблюдать следующие параметры приемника:

- **OL** - отображает уровень оптического сигнала на входе в дБм. Диапазон измерения -20...0.0 дБм. Если оптический входной уровень меньше -20 дБм, LED дисплей показывает "**Lo**". Если оптический входной уровень больше 0.0 дБм, LED дисплей показывает "**Hi**";
- **At** – ручная установка затухания, вносимого аттенюатором (с учетом переключаемого усилителя, см. рисунок 2.3), возможные значения в дБ: 0, 1, 2, ..., 31. Эта функция доступна, когда выключена автоматическая регулировка усиления, т.е. в пункте меню **AC** включен режим "**OF**".
- **AC** - автоматическая регулировка усиления (APУ), возможны четыре режима:
 - 1) если выбрано "**OF**", APУ выключена;
 - 2) если выбрано "**o1**", выходной уровень будет постоянным при изменении оптического выходного уровня в диапазоне -8...0 дБм;
 - 3) если выбрано "**o2**", выходной уровень будет постоянным при изменении оптического выходного уровня в диапазоне -15...-6 дБм;
 - 4) в режиме "**US**" поддерживается заданный пользователем уровень выходного ВЧ сигнала.

Для того чтобы воспользоваться режимом "**US**", нужно в ручном режиме регулировки (**AC** - "**OF**") аттенюатором установить желаемый выходной уровень, после чего включить режим "**US**". В результате уровень на выходе будет постоянным при изменении оптического входного уровня.

Микроконтроллер оптического приемника, переходя в режим ожидания, выдает на его индикатор символы "**- -**" либо диагностическую информацию, расшифровка которой приводится в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Диагностическая информация на индикаторе оптического приемника

| Диагностическая информация | Комментарии |
|----------------------------|---|
| E1 | APУ вне рабочего диапазона |
| E2 | Нет входного сигнала (или слишком низкий уровень) |
| E3 | APУ вне рабочего диапазона и нет входного сигнала |
| E4 | Излишне высокий выходной уровень |
| E5 | Высокий выходной уровень и APУ вне рабочего диапазона |

В качестве устройства отображения информации в лабораторной работе используются одновременно телевизор и миниатюрный тюнер телевизионного сигнала, имеющий USB-выход и работающий в паре с персональным компьютером. Следует помнить, что телевизор рассчитан на прием программ **только в стандарте D/K**, тогда как цифровой USB тюнер ТВ сигнала может обеспечить, при соответствующей настройке, прием сигналов любого существующего стандарта аналогового телевидения.

На персональном компьютере для отображения принимаемой телевизионной картинки установлена программа AVerTV6. Интерфейс этой программы интуитивно понятен (рисунок 2.4).


Для выбора просмотра нужного канала следует в меню «Настройка» (вызывается кнопкой ) программы AVerTV раскрыть пункт «AVerMedia A833 USB», в нем выделить пункт «Аналоговое ТВ». В появившемся окне нажать кнопку «Дополнительные настройки», это позволит задать частоту канала и формат видео.



Рисунок 2.4 – Настройка программы AVerTV для приема телевизионных сигналов заданного канала и стандарта

Выполнение лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы следует ознакомиться с правилами техники безопасности, а также убедиться в том, что все оптические разъемы соединены, штекеры патчкордов подключены в соответствующие гнезда на приборах. Только после этого нужно подать электрическое питание на все приборы, входящие в состав лабораторной установки.

Получить у преподавателя конкретное задание для выполнения работы с указанием телевизионного стандарта и номера канала, на который должен быть настроена аппаратура радиодетекторного тракта. Каждому члену бригады такое задание может быть выдано индивидуально. Возможные варианты заданий приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Возможные варианты заданий

| Стандарт ТВ | D/K | D/K | D/K | B/G | B/G |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Номер канала | 6 | 8 | 3 | 5 | 71 |

В ходе работы лучше устанавливать только стандарт PAL-D/K, не SECAM-D/K, так как в последнем случае возможны искажения цвета на экране телевизора.

1. Предварительная настройка радиочастотного тракта

Соединить кабелем разъем RF OUT модулятора МТ47 с входным разъемом сплиттера (делителя ТВ сигнала, к выходам которого подключены телевизор и цифровой USB тюнер). В результате оптический (радиодетекторный) тракт работать не будет, а будет задействован только радиочастотный тракт.

Включить питание модулятора, телевизора, а также компьютера, в USB порт которого включен ТВ-тюнер.

Войти в меню ТВ модулятора МТ47. Установить на модуляторе МТ47 заданную ТВ систему (согласно таблице 2.1), а затем включить режим тест-сигнала. Выйти из меню модулятора и кнопками «+» и «-» установить номер заданного ТВ канала, так как при выходе из меню ТВ-модулятора он может автоматически установить канал № 1. Каким образом осуществляется управление ТВ-модулятором, подробно изложено в разделе «Описание лабораторной установки».

Настроить телевизор на нужный канал, убедиться в наличии тестового сигнала на его экране, рисунок 2.5. Настроить компьютерный ТВ тюнер, также убедиться в наличии тестового сигнала на мониторе компьютера.

Выключить режим тест-сигнала на ТВ-модуляторе. Включить питание видеокамеры (или видеомагнитофона, или иного источника аудио- и видеосигнала, подключенного тройным кабелем к входам Audio L, Audio R, Video ТВ модулятора МТ47).



Рисунок 2.5 – Вид тест-сигнала на мониторе компьютера

2. Настройка оптического (радиофотонного) тракта передачи ТВ-сигнала

Задействовать тракт радиофотонной передачи телевизионного сигнала. Для этого подключить кабель от выхода RF OUT модулятора МТ47 к верхнему входу ВЧ сигнала оптического передатчика М0428, обозначенному символом ◀. Выход RF OUT оптического приемника подключить к входу сплиттера, через который радиосигнал подается на входы телевизора и компьютерного ТВ тюнера. Включить питание ТВ модулятора МТ47, оптического передатчика М0428 и оптического приемника ОД004.

Настроить оптический передатчик М0428.

Если светодиод состояния оптического передатчика «ST.» горит зеленым цветом, уровень сигнала на входе лазерного кристалла оптического передатчика имеет нормальный уровень. Если цвет красный, потребуется отрегулировать этот уровень встроенным аттенуатором.

Для этого нажатием кнопки «Select» войти в меню [AI] оптического передатчика, кнопками ▲ и ▼ отрегулировать ослабление так, чтобы светодиод «ST.» загорелся зеленым цветом. Нажимать кнопки ▲ и ▼ следует не быстро, с интервалом не менее 3 секунд, чтобы схема регулировки амплитуды оптического передатчика успевала отреагировать на каждое нажатие.

Войти в меню [AL], отвечающее за автоматическую регулировку уровня радиосигнала, подаваемого на кристалл лазерного диода, включить схему регулировки (On) или убедиться, что она уже включена.

Войти в меню [UE], чтобы убедиться, что напряжение питания +12 В не подается на входной высокочастотный разъем (OF).

С помощью следующих пунктов меню оптического передатчика снять и записать в отчет показания датчиков внутренней схемы контроля:

[rF] - средняя мощность входного сигнала РЧ;

[L1] - ток 1-го лазера;

[L2] - ток 2-го лазера;

[U1] – постоянное напряжение на входном разъеме РЧ;

[U2] - внешнее напряжение питания 12 В;

[U3] - внутреннее напряжение питания 5 В;

[tE] - значение температуры внутри передатчика.

Настроить оптический приемник OD004.

В меню [OL] измерить (нажав кнопку Value) и записать в отчет уровень мощности входного оптического сигнала. Убедиться, что он находится в пределах нормы, то есть отображается числом, а не буквенными обозначениями «Lo» (недостаточно) или «Hi» (перегрузка).

В меню [AC] выключить автоматическую регулировку уровня выходного радиосигнала (OF).

Если источником входного видеосигнала радиофотонного тракта является видеокамера, настроить зум (увеличение) камеры так, чтобы можно было на экране телевизора (монитора) читать текст, размещенный на плакатах в противоположном углу лаборатории.

Войти в меню управления величиной выходного радиосигнала оптического приемника [At] (если автоматическая регулировка уровня радиосигнала в меню [AC] ранее не была выключена, меню [At] на дисплее не отображается). В меню [AT] изменять ослабление РЧ сигнала от 0 до 31 дБ, наблюдая за качеством изображения на экранах монитора и телевизора; сделать вывод о зашумленности или засвеченности этих изображений для различных значений ослабления в аттенуаторе.

Подобрать и установить оптимальное значение ослабления радиосигнала с помощью меню [At].

Включить автоматическую регулировку уровня в режиме «01».

Предъявить результаты выполнения работы преподавателю.