

Министерство образования РФ

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра радиотехники

**РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА СБОРА И ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Факультет радиоэлектроники

Специальность 200700 - радиотехника

Санкт-Петербург

2002

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 577.3.043:537.811(063)

Радиоэлектронные средства сбора и обработки информации в системах защиты окружающей среды :

Методические указания к выполнению лабораторных работ.- СПб.: СЗТУ, 2002 .- 33 с.

Методические указания содержат описания пяти лабораторных работ, порядок их выполнения и задания по расчету и эксперименту.

Методические указания предназначены для студентов-заочников, обучающихся по спец. 200700 “Радиотехника”.

Рассмотрено на заседании кафедры радиотехники 10.12.2001 г., протокол N 4
Одобрено методической комиссией ФРЭ 17.12. 2001 г., протокол N 4.

Рецензенты : кафедра радиотехники СЗТУ (заведующий кафедрой Г.И.Худяков, д-р техн. наук , проф.);В.Н.Жемчугов, канд. техн. наук, доцент С-Петербургского государственного университета телекоммуникаций.

Составители : О.Л.Соколов, канд. техн. наук, доц.;
О.С.Голод, канд. техн. наук, доц.;
А.Б. Войцеховский, канд. техн. наук, ст. преп..

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Перед лабораторными занятиями каждый студент должен изучить соответствующий раздел конспектов курса лекций по радиоэлектронной аппаратуре, используемой для сбора и обработки экологической информации.

При выполнении лабораторной работы каждая бригада студентов проводит исследования на конкретной лабораторной установке. Работа считается законченной после предъявления преподавателю результатов исследований.

После проведения исследований студенты обязаны привести в порядок свои рабочие места.

Перед зачетом студент должен оформить отчет по лабораторным работам и сдать его на проверку преподавателю.

Меры безопасности при выполнении лабораторных работ:

1. К работе с лабораторными установками допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности по второй квалификационной группе работ с электроустановками напряжением до 1000 В.

2. Собирать электроустановку для проведения лабораторной работы следует без подключения сетевого блока питания к электросети 220 В, 50 Гц.

3. На собранной электроустановке проверить выключение всех тумблеров и качество всех заземлений.

4. Перед подключением электроустановки к сети 220 В, 50 Гц представить установку на проверку преподавателю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов О.Л., Голод О.С., Войцеховский А.Б. Радиоэлектронные средства сбора и обработки информации в системах защиты окружающей среды: Письменные лекции.- СПб.: СЗТУ, 2001.- 73 с.

2. Патент N 2053549 (РФ). Устройство для моделирования системы радиолокационного зондирования тонких немагнитных слоев. / СЗПИ; Авт. изобрет. Соколов О.Л., Потапов А.И., Кацан И.Ф. Заявл. 24.01.92, N 5025984/09, опубл. 27.01.96. Бюл. N 3.

3. Патент N 2042195 (РФ). Устройство для моделирования многолучевых радиосигналов. / СЗПИ; Авт. изобрет. Соколов О.Л., Голод О.С. Заявл. 12.03.92, N 5032994, опубл. 20.08.95. Бюл. N 23.

4. Авт. свид. N 1483444 (СССР). Устройство для моделирования функций с помощью частных сумм сигналов Уолша. / СЗПИ; Авт. изобрет. Соколов О.Л. Заявл. 09.02.90, N 4817773/24, опубл. 15.06.92. Бюл. N 22.

5. Быков Р.Е., Эйсенгардт Г.А., Титов Ю.М. Телевизионные системы.- Л.: ЛЭТИ, 1979.- 60 с.

6. Астанин Л.Ю., Костылев А.А. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений.- М.: Радио и связь, 1989.

7. Патент N 2096767 (РФ). Радиолокатор-интроскоп. / СЗПИ; Авт. изобрет. Соколов О.Л., Потапов А.И., Кацан И.Ф. Заявл. 01.07.94, N 94024614/09, опубл.20.11.97. Бюл. N 32.

РАБОТА 1

Исследование разрешения радиоимпульсов в системах радиолокационного подповерхностного зондирования

1. Цель работы

Изучение принципов разрешения сигналов в системах радиолокационного зондирования тонких слоев. Экспериментальные исследования формы огибающей двух отраженных радиоимпульсов при отсутствии разрешения по критерию Релея.

2. Основные теоретические положения

Дистанционные методы исследования природной среды и земных ресурсов в задачах экологии, метеорологии, океанологии привели к созданию систем подповерхностной радиолокации.

Для определения толщины или электрических характеристик слоя с помощью радиоимпульсов, отраженных от его границ, необходимо измерить интервал времени Δt , например между максимумами огибающих радиоимпульсов

$$\Delta t = 2h/V, \quad (1)$$

где V - скорость распространения радиоволн в слое, толщиной h . Разрешающей способностью по критерию Релея называется тот максимальный интервал $\Delta t_{\text{мин}}$, при котором суммарный отклик еще имеет вид двугорбой кривой. Для радиоимпульсов прямоугольной формы разрешающая способность по времени (дальности) определяется длительностью импульса на уровне 0,5 от максимальной амплитуды.

Рассмотрим сказанное на примере радиоимпульса с треугольной огибающей, которая характерна для техники наносекундных импульсов.

На рис.1,а показаны огибающие радиоимпульсов, отраженных от границ тонкого слоя при различных толщинах, соответствующих временным сдвигам $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \leq T_0 / 2$, где T_0 - длительность импульсов по основанию.

На рис.1,б построены результирующие огибающие для противофазного сложения радиоимпульсов. Как видно, при этом всегда имеется разделение импульсов, однако интервал между максимумами остается постоянным, равным $T_0/2$, т.е. он не является носителем информации о толщине слоя.

При фазном сложении радиоимпульсов, как показано на рис.1,в, отсутствует всякое раздвоение вершины импульса, а при квадратурном сложении иногда могут появляться слабые признаки раздвоения импульса.

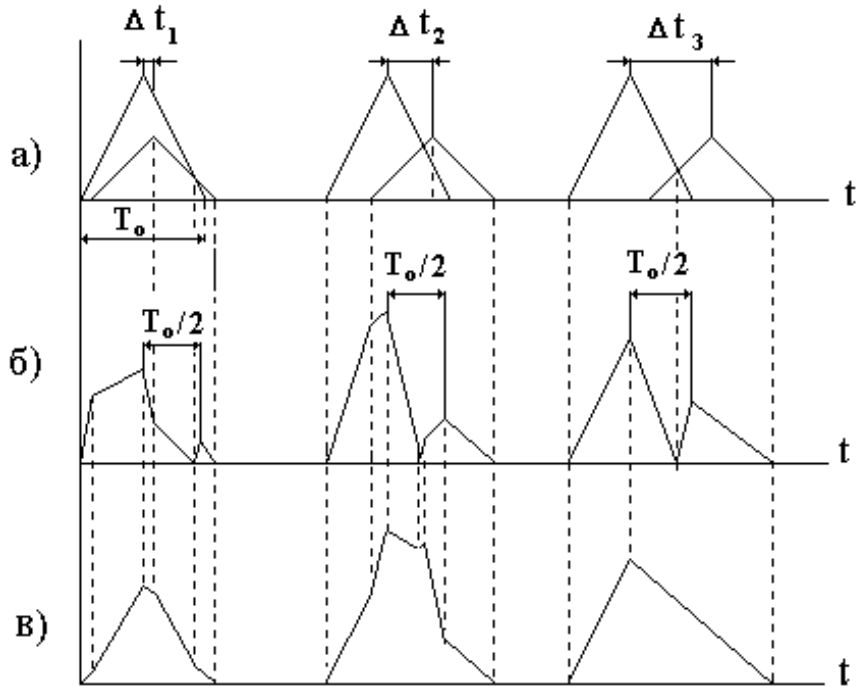


Рис.1. Огибающие отраженных радиоимпульсов при различных толщинах слоя

Таким образом, при отсутствии разрешения по критерию Релея простой радиоимпульсный метод нельзя использовать для надежного измерения толщины слоя.

3. Описание лабораторной установки

Функциональная схема установки приведена на рис.2. С помощью этой установки можно получить два радиоимпульса, форма огибающих которых близка к треугольной. Сдвиг по времени между импульсами можно изменять в пределах от нуля до T_0 , моделируя тем отражение от границ слоя различной толщины.

Устройство работает следующим образом. На диаграмме рис.3,а показано, что импульсы с выхода генератора тактовых импульсов (ГТИ) поступают на входы запуска ждущих мультивибраторов формирователей радиоимпульсов (ФРС) двух каналов. Выходные импульсы ждущих мультивибраторов поступают каждый на фильтры, формирующие треугольную форму импульсов. При этом с помощью регулируемой задержки (Зад) можно получить задержку Δt импульса во втором канале относительно первого на заданную величину в пределах от нуля до T_0 (рис.3,б).

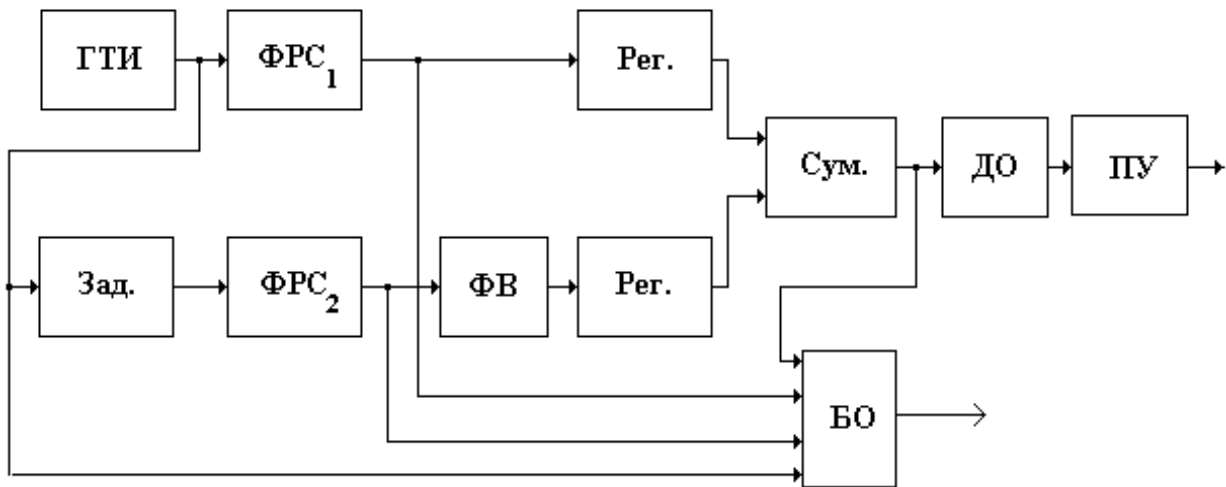


Рис. 2. Функциональная схема лабораторной установки

Импульсы с выходов фильтров каналов поступают на один вход соответствующего модулятора, вторые входы которых соединены с выходом генератора синусоидальных колебаний. Прямоугольные колебания с выходов модуляторов после фильтрации поступают во втором канале на фазовращатель (ФВ), а в первом канале на один из входов сумматора (рис.2; рис.3, в, г).

Колебание с выхода фазовращателя, в котором можно изменять фазу высокочастотного заполнения радиоимпульса в пределах от нуля до π , поступает на другой вход сумматора. В результате на выходе сумматора получаем сумму двух радиоимпульсов. При этом амплитуда радиоимпульсов может изменяться с помощью регуляторов в каждом канале отдельно.

Выходное напряжение сумматора поступает на амплитудный детектор, на выходе которого получаем огибающую суммы двух радиоимпульсов (рис. 3,д).

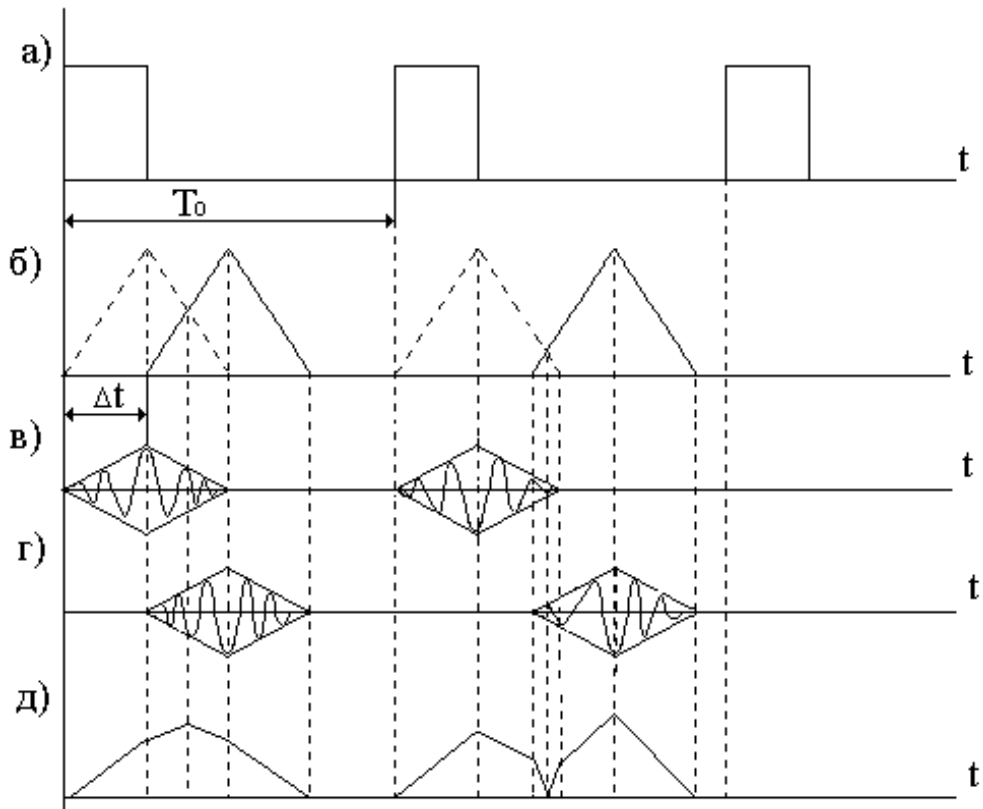


Рис.3. Временные диаграммы импульсных сигналов

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с расположением блоков в лабораторной установке и назначением всех органов управления.

2. Подключить двухканальный осциллограф С1-83 к выходам формирователей радиосигналов ФРС-1 и ФРС-2, убедиться в наличии радиоимпульсов на их выходах.

3. Наблюдать суммарный радиосигнал на выходе сумматора установки, изменяя при этом величину интервала задержки суммируемых радиоимпульсов.

Оценить величину минимальной и максимальной задержки.

4. Установить заданные преподавателем максимальные значения первого и второго радиоимпульсов, производя отсчеты амплитуд по шкале экрана осциллографа.

5. Совместить два радиоимпульса и, изменяя в пределах регулировки фазы второго радиоимпульса с помощью фазовращателя (ФВ) через 30° , на-

блюдают на экране осциллографа изменение формы и амплитуды суммарного сигнала на выходе сумматора и на выходе детектора огибающей ДО.

6. Аналогично п.5 проделать для различных значений задержки второго радиоимпульса относительно первого для заданных преподавателем значений задержки.

7. Наблюдать осциллограммы на выходе порогового устройства установки ПУ и убедиться в наличии одного или двух импульсов при разделении суммарного сигнала.

8. Наблюдать осциллограммы в узлах блока обработки, предназначенного для автоматизированного уточнения коэффициента формы огибающей суммарного эхосигнала при их неразрешении по критерию Релея в зависимости от сдвига фаз радиоимпульсов, отраженных от границ слоев.

5. Содержание отчета

1. Название работы и ее цель.
2. Функциональная схема лабораторной установки.
3. Двухканальные осциллограммы на выходах формирователей радиосигналов, осциллограммы изменения формы на выходе детектора огибающей при различных значениях разности фаз двух радиоимпульсов.
4. Выводы по работе.

Литература : [1], с. 26...38; [2]; [3].

РАБОТА 2

Исследование сигналов, используемых в радиосистемах сбора и передачи информации с разделением каналов по форме

1. Цель работы

Экспериментальное исследование формирования квазиортогональных широкополосных сигналов, состоящих из частотно-временных фазоманипулированных элементарных сигналов, а также исследование свойств ортогональных сигналов типа функций Уолша.

2. Основные теоретические положения

В системах сбора и передачи информации используются каналные сигналы, полностью или частично перекрывающиеся между собой как по времени, так и по спектру. Такие сигналы формируются различными способами. Они могут иметь как непрерывные, так и дискретные во времени параметры. Дискретные сигналы, называемые широкополосными, состоят из большого числа элементарных дискретных сигналов.

Рассмотрим способ построения дискретных широкополосных сигналов на частотно-временной диаграмме, так называемой частотно-временной матрице (ЧВМ). В общем случае ЧВМ имеет q дискретов Δf и по частоте и t дискретов τ по времени. Общее число элементов ЧВМ $N = Nqt$.

При формировании широкополосных каналных сигналов используются различные разбиения ЧВМ и различные комбинации элементов, получаемых при этих разбиениях ЧВМ. Если пронумеровать в произвольном порядке все элементы ЧВМ числами $1, 2, \dots, N$, то любой формируемый широкополосный сигнал можно записать в виде

$$S_j(t) = \sum_{i=1}^N a_i^{(j)} \varphi_i(t), \quad (2)$$

где $\varphi_i(t)$ - элементарные сигналы, составляющие ЧВМ;

$a_i^{(j)}$ - весовой коэффициент, с которым выбирается i -й элементарный сигнал ЧВМ при формировании j -го широкополосного сигнала.

На рис.4 приведены примеры формирования каналных сигналов при заданном разбиении частотно- временной плоскости и различных комбинациях элементарных сигналов, составляющих данное разбиение. Обычно $\varphi(t)$ - это отрезки либо синусоидальных, либо прямоугольных колебаний.

Если отличительными признаками элементарных сигналов являются их частотные, временные положения в ЧВМ, а также начальная фаза элементарных сигналов, которая, к примеру, может иметь два значения 0 или h , то:

$a_i^{(j)}$ равно 1 , если i - элементарный сигнал включен в i - сложный сигнал с фазой 0 ; равно 0 , если i - элементарный сигнал не включен в i - сложный сигнал; равно 1 , если i - элементарный сигнал включен в i - сложный сигнал с фазой π .

Дискрет по частоте в ЧВМ обычно выбирают так, чтобы элементарные сигналы, расположенные на соседних частотных дискретах m и $m+1$, были ортогональны, т.е.

$$\rho_m = \frac{\int_0^{\tau} \varphi_m(t) \varphi_{m+1}(t) dt}{\int_0^{\tau} \varphi^2(t) dt} = 0 \quad (3)$$

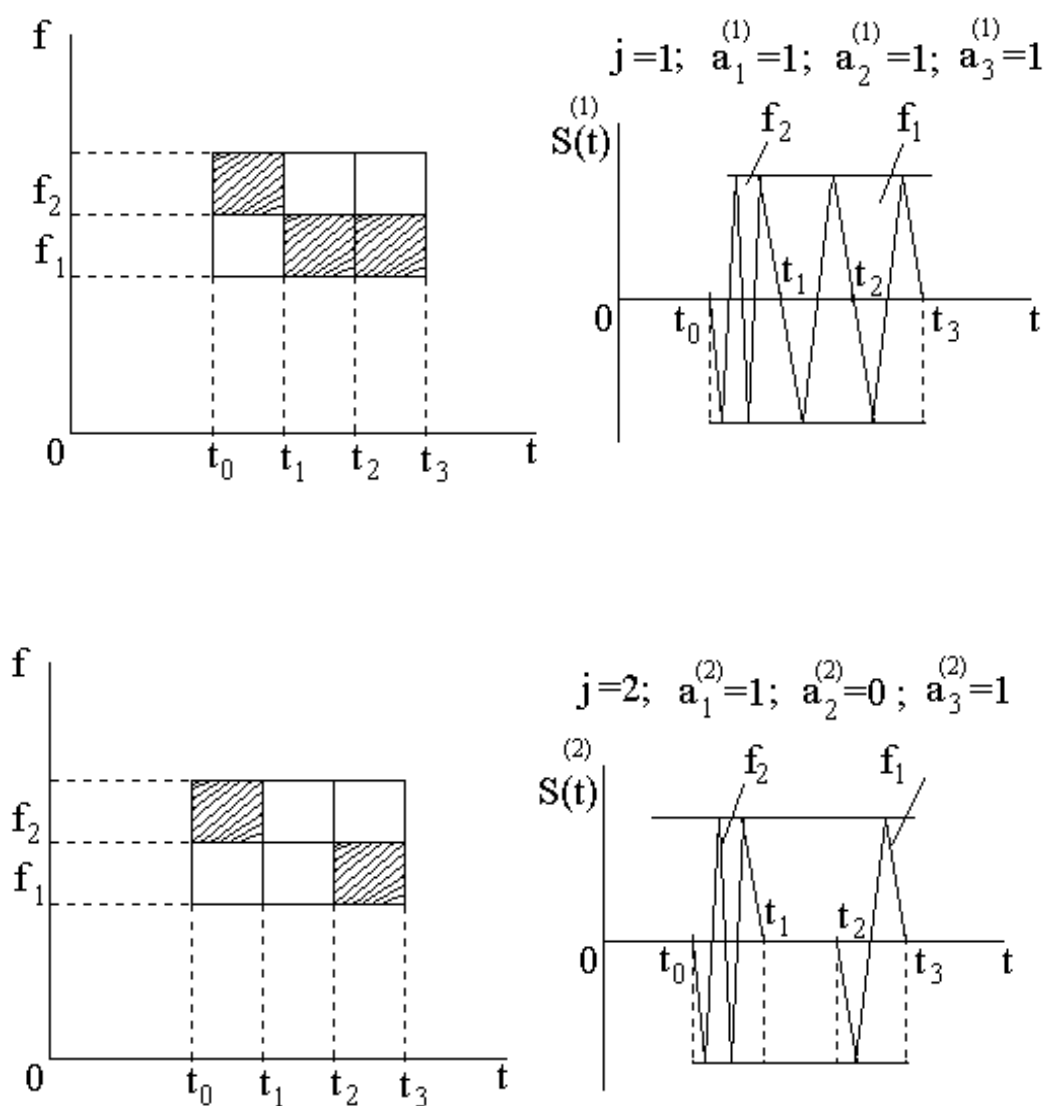


Рис. 4. Примеры построения канальных сигналов с использованием ЧВМ

Практически не используют строгую ортогональность элементарных сигналов, расположенных на соседних частотах. Ограничиваются условием $|\rho_m| \ll 1$.

3. Описание лабораторной установки

Схема лабораторного макета приведена на рис.5. Лабораторный макет состоит из двух устройств: 1) устройства формирования частотно-временных фазоманипулированных сигналов (ЧВФС); 2) устройства формирования и исследования ортогональных функций Уолша.

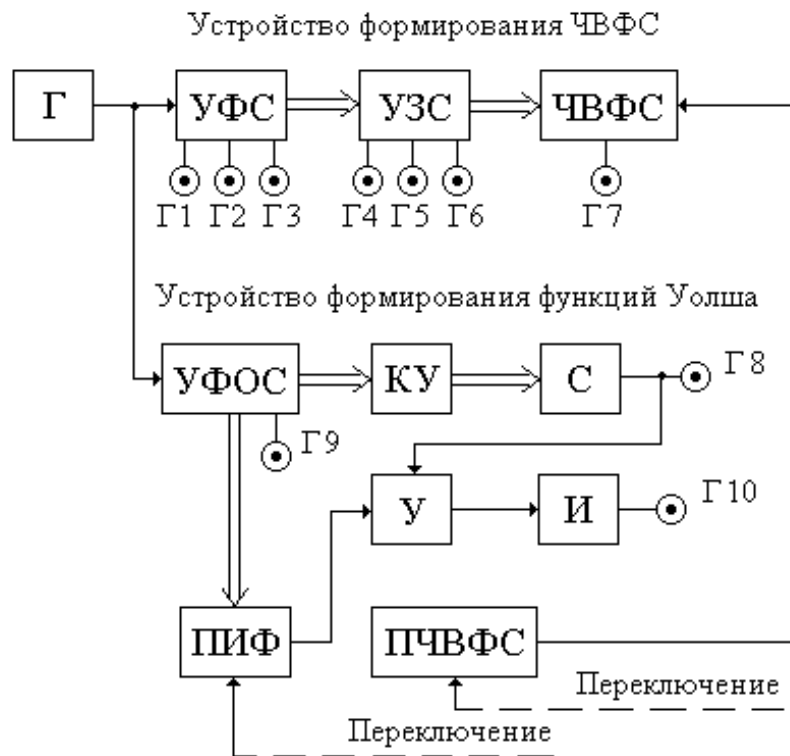


Рис. 5. Функциональная схема лабораторного макета

Устройство формирования ЧВФС включает задающий генератор (Г), собранный на интегральных микросхемах серии 133. Генератор формирует сигнал тактовой частоты порядка 23 кГц, который поступает на устройство формирования трех стробов (УФС), собранное на триггерах с коэффициентом деления 2 и схемах совпадения. Следующие друг за другом во времени 3 строба, наблюдаемые на гнездах Г1, Г2, Г3, поступают в устройство заполнения стробов - схемы "И", где эти стробы заполняются кратными частотами с

начальной фазой 0 либо π . Заполненные стробы через переключатель ЧВФС поступают на сумматор на 3 входа. В зависимости от положения переключателя на входе его образуются сложные сигналы с различными комбинациями по частоте и фазе элементарных сигналов. Всего образуется 11 сложных сигналов, приведенных на рис.6. Осциллограммы сложных сигналов можно наблюдать на гнезде Г7.

Устройство формирования и исследования функций Уолша включает тот же задающий генератор Г и схемы совпадения. На входе устройства образуется ряд ортогональных непрерывных функций (рис.7), поступающих в коммутирующее устройство. Коммутирующее устройство включает в себя 5 тумблеров (Т1,...Т5) (рис.5), в зависимости от положения которых (6 рабочих кодов) можно подавать на вход линейного накопителя, выполняющего операцию согласно выражению (2.2), пять из шести сформированных ортогональных сигналов Уолша. Одна из возможных сумм ортогональных сигналов, наблюдаемая на гнезде Г8, через операционный усилитель, выполненный на микросхеме, поступает на схему умножителя (на один из входов), где она может быть умножена в зависимости от положения переключателя "Исследуемая функция" на любой из сформированных сигналов. Схема умножения собрана на ключах и операционном усилителе. На экране осциллографа "функцию-множитель" можно наблюдать на гнезде Г9.

Полученное произведение поступает на интегратор, на входе которого измеряется постоянная составляющая выходного сигнала, причем если "функция-множитель" не входит в i -сумму, то на выходе устройства, согласно выражению (2), потенциал равен нулю, а если входит, то имеет постоянный уровень напряжения.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Исследование метода формирования частотно-временных фазоманипулированных сигналов

1. Подключить осциллограф последовательно к гнездам Г1, Г2 и Г3 и наблюдать три сформированных строба, сдвинутых один относительно другого во времени на величину их длительности, при этом осциллограф включить на внешнюю синхронизацию и подать импульс синхронизации с гнезда "синхр."

2. Включить метки времени и измерить длительность стробов.

3. Зарисовать временные диаграммы на выходе гнезд Г1, Г2, Г3.

4. Подключить последовательно осциллограф к гнездам Г4, Г5, Г6 и наблюдать заполнение 2-го строба соответственно частотами f_1 (частота ге-

нератора), f_2 (частота переключения триггера Тр1) и f_3 (частота переключения триггера Тр2).

5. Подключить осциллограф к гнезду Г7 и наблюдать сложные частотно-временные фазоманипулируемые сигналы, переключая последовательно переключатель "УВФ-сигналы" с первого до одиннадцатого положения.

6. Зарисовать осциллограммы сложных сигналов (см. рис.6).

4.2. Исследование формирования ортогональных функций Уолша

1. Подключить осциллограф к гнезду Г9 и наблюдать сформированный ансамбль ортогональных функций (см. рис.7) Уолша, последовательно переключая переключатель "Исследуемая функция" из первого до шестого положения.

2. Зарисовать ортогональные функции Уолша (рис.7).

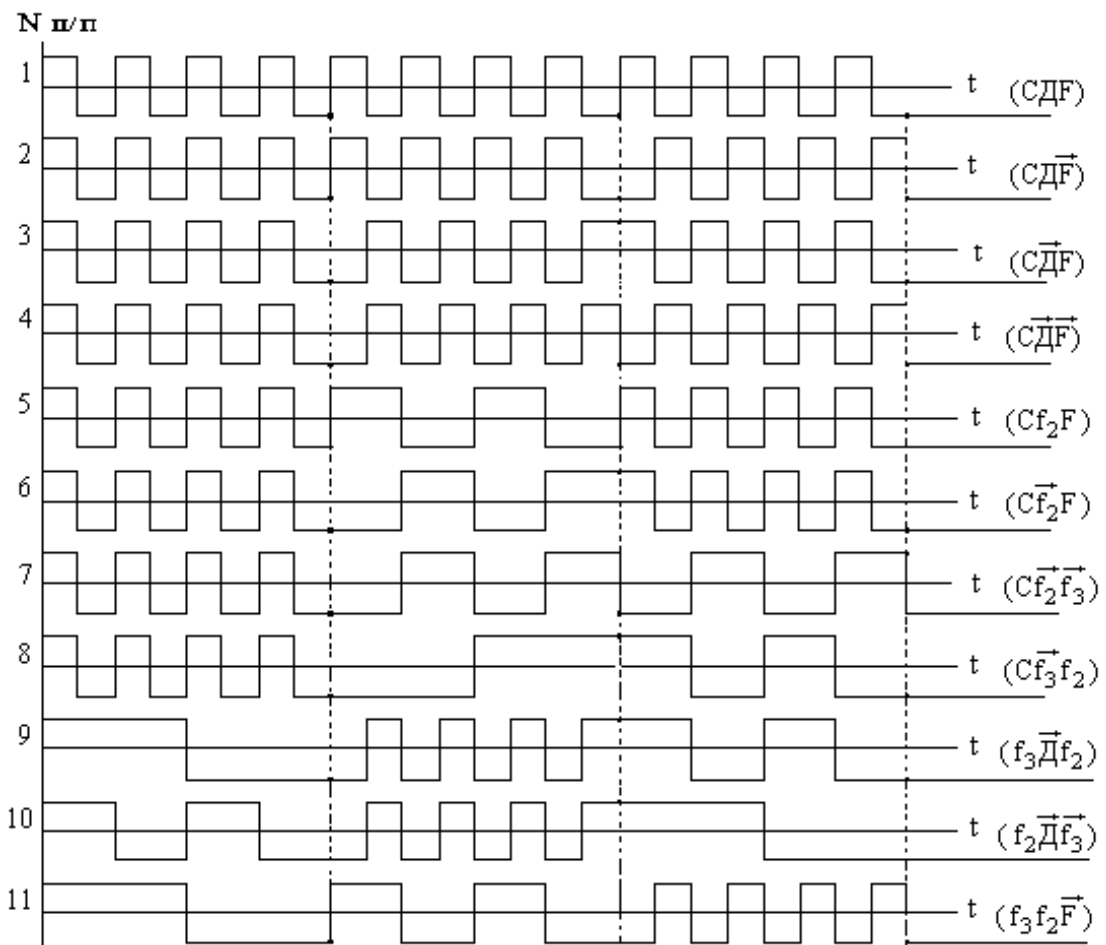


Рис. 6. Осциллограммы сложных сигналов

4.3. Исследование свойств ортогональных сигналов Уолша

1. Осциллограф подключить к гнезду Г8, а к гнезду Г10 подключить ламповый вольтметр ВК7-9, предел измерения которого равен 3 В.

2. Последовательно набирая на коммутирующем устройстве 6 рабочих кодов, наблюдать на гнезде Г8 получающую сумму ортогональных сигналов Уолша.

3. С помощью переключателя "Исследуемая функция" и вольтметра, подключенного к гнезду Г10, определить для каждого набранного кода отсутствующий ортогональный сигнал в суммарном сигнале. Для этого при набранном коде на коммутирующем устройстве последовательно переключать переключатель "Исследуемая функция", фиксируя в каждом положении переключателя постоянное напряжение на выходе интегратора (гнездо Г10). Отсутствие постоянного потенциала (или не превышение им 0,5 В) на гнезде Г10 в i -положении переключателя свидетельствует об отсутствии i -го ортогонального сигнала в суммарном сигнале, наблюдаемом на гнезде Г8.

4. В результате исследования следует заполнить таблицу по форме 1.

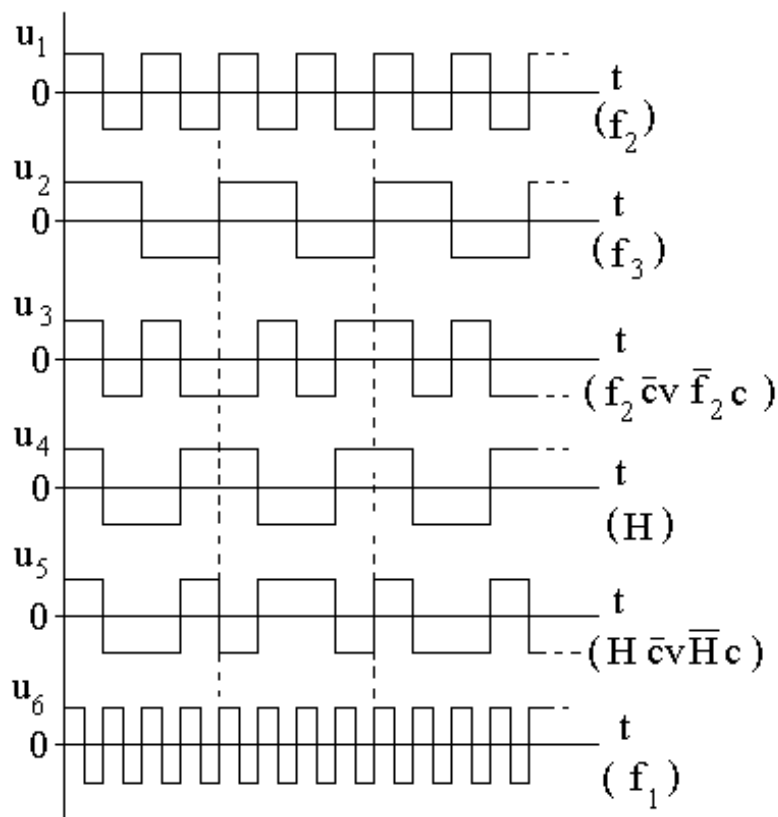


Рис.7. Ортогональные функции Уолша

Форма 1

Номер п/п	Положение тумблеров					Сигнал, входящий сумму	не в
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅		
1	1	0	1	0	1		
2	0	0	1	0	1		
3	1	0	1	1	1		
4	1	0	0	1	1		
5	1	0	1	1	0		
6	1	1	1	1	1		

5. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Функциональная схема исследованного лабораторного макета.
3. Осциллограммы, результаты измерений, таблица.
4. Выводы.

Литература : [4].

РАБОТА 3

Исследование телевизионного измерителя площади загрязнений на подстилающей поверхности

1. Цель работы

Изучение принципа действия телевизионного измерителя площади объектов наблюдения. Экспериментальное измерение площади графических объектов.

2. Основные теоретические положения

Телевизионный видеосигнал и создаваемое им на экране телевизионное изображение являются очень информативными процессами. Обработка телевизионного видеосигнала позволяет выделить из него большое количество самой разнообразной информации о наблюдаемом объекте, и в том числе информации о геометрических параметрах объекта (например, размерах загрязнений на подстилающей поверхности).

Телевизионные системы, обнаруживающие и оценивающие параметры загрязненных поверхностей, в настоящее время широко применяются в самолетных и спутниковых комплексах защиты окружающей среды регионального и континентального уровней.

В прикладных исследованиях получили большое распространение сканирующие методы измерений, основанные на последовательном поэлементном анализе изображений и измерениях геометрических параметров (размеров, координат, площадей, периметров и др.) отдельных его фрагментов. Именно такой метод используется в телевизионных измерителях количественных величин.

Телевизионные измерительные устройства сравнительно легко реализуются на базе серийных промышленных телевизионных установок (ПТУ), дополненных блоками, обеспечивающими количественный анализ геометрии изображений объектов различной физической природы.

Любое ахроматическое (черно-белое) изображение можно рассматривать как вещественную функцию двух переменных x и y - координат в плоскости сканирования. Такая функция $F(x,y)$ называется градационной функцией, т.к. отражает зависимость некоторой градационной характеристики (например, яркости) от координат элемента изображения x, y .

Сечение объемного тела плоскостями, параллельными плоскости xOy , позволяет измерять градационно-пространственные характеристики (ГПХ) изображения.

Телевизионные методы количественного анализа изображений основаны на их сканировании, в процессе которого происходит преобразование двумерной функции $F(x,y)$ в одномерный видеосигнал $U(t)$.

В случае линейности сканирования и линейности характеристики преобразователя "свет-сигнал" видеосигнал $U(t)$ будет содержать неискаженную информацию о градационно-пространственной структуре изображения и, следовательно, может быть использован для измерений ГПХ.

Для реализации процесса измерения необходимо преобразовать сложный многоградационный сигнал $U(t)$ в серию двухградационных видеосигналов $U_{\tau}(t)$, отражающих геометрию сечений тела изображения на разных уровнях оптической плотности $\tau_{оп}$. Формирование двухградационных видеосигналов осуществляют путем, как правило, амплитудного сопоставления видеосигнала датчика $U(t)$ с постоянными опорными напряжениями $U_{0\tau}$ - уровнями дискриминации.

Определение площади двухградационных изображений производится в соответствии с выражением

$$S_{\tau} \cong k_s \frac{S_p}{zT_x} \sum_{i=1}^N t_{\tau_i}(l_i), \quad (4)$$

где k_s - постоянный коэффициент, определяемый скоростью развертки и величиной увеличения оптического звена измерительной системы ; $t_{\tau_i}(l_i)$ - временные интервалы, сформированные при пересечении сканирующим элементом соответствующих элементов изображения ; S_p - площадь раstra на мишени преобразователя "свет-сигнал"; z - число строк разложения; T_x - период горизонтальной развертки (рис. 8 ,а).

Приведенное выражение позволяет оценить результат измерения площади фрагмента изображения (объекта) лишь при условии линейного сканирования, т.е. при линейности горизонтального и вертикального отклонения коммутирующего луча на мишени преобразователя "свет-сигнал". В реальных преобразователях нелинейность сканирования является причиной погрешностей измерений. На рис.9 показано, что при проецировании на плоскость сканирования (диаграмма 9,а отображает сканирование только по одной оси x) одинаковых отрезков l_1 и l_2 и линейности характеристики преобразования "пространственная координата - отклоняющий ток" $i = kx$, где k - постоянный коэффициент, будут сформированы равные временные интервалы t_1 и t_2 при линейном отклонении луча (рис.9,б) и неравные временные интервалы t_3 и t_4 - при нелинейном отклонении луча (рис.9,в).

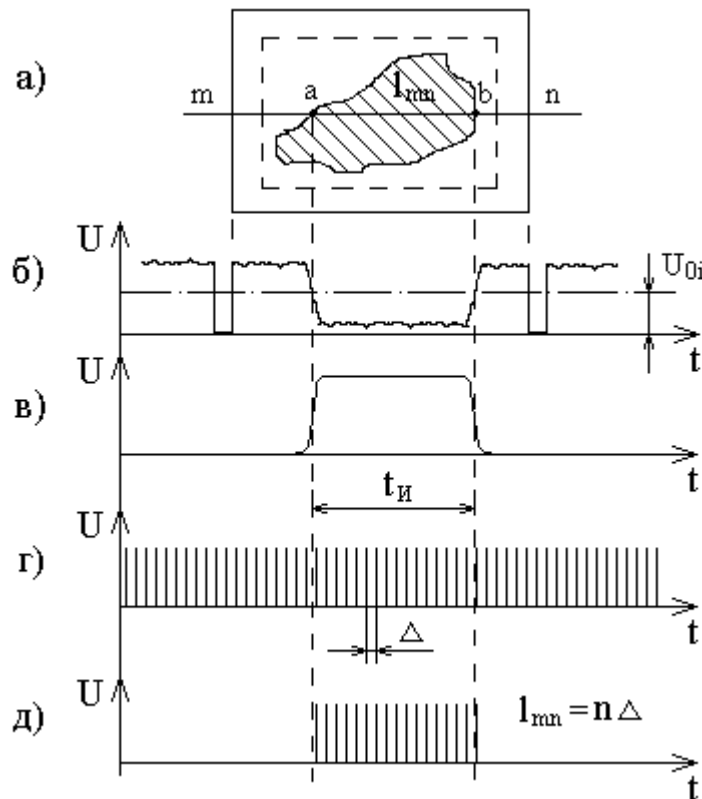


Рис. 8. Принцип измерения объектов по телевизионному изображению

Нужно отметить, что результат измерения геометрических характеристик изображения практически не зависит от нелинейности сканирования в том случае, когда дискретизация измеряемых отрезков осуществляется в телевизионной системе не электронным способом (как это показано на рис.9), а оптическим, т.е. когда оптическая измерительная сетка совмещается непосредственно с объектом (плоским) или с его проекцией на мишени преобразователя “свет-сигнал”. Подробнее об этом изложено в разделе 3.

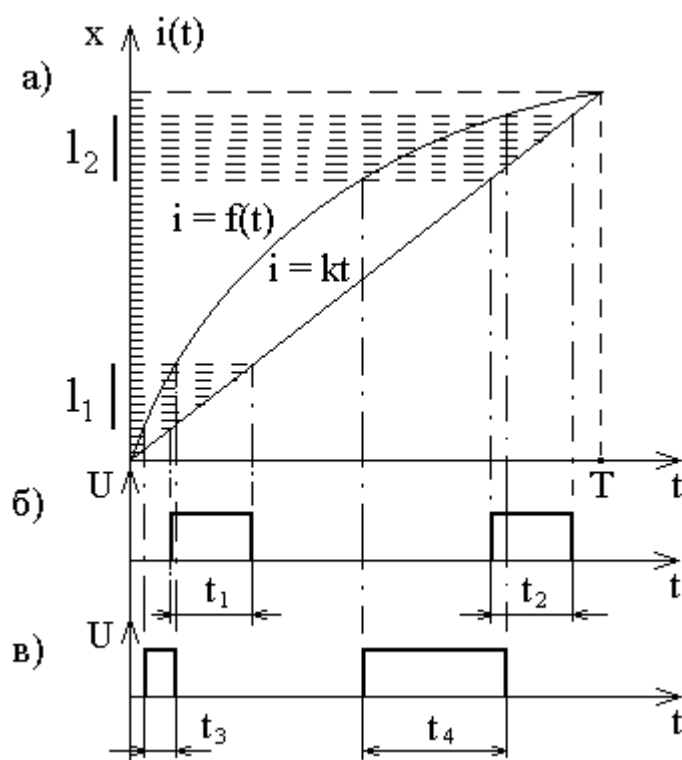


Рис. 9. Образование ошибки измерения при нелинейном сканировании

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на установке, которая состоит из замкнутой телевизионной системы прикладного назначения и дополнительного электронного устройства, в котором осуществляется обработка видеосигнала, соответствующего измеряемому объекту, измерение площади объекта и формирование на экране информации о величине этой площади.

Функциональная схема лабораторной установки представлена на рис. 10. Отметим особенности этой установки. В качестве объекта измерений здесь используются цветные контрастные рисунки пятен правильной и неправильной геометрической формы, изображенные на светлом фоне. Выполнение исследований телевизионного площадемера предусмотрено в двух режимах : режим 1 используется при оптической дискретизации изображения объекта и “ручном” вычислении его площади; режим 2 используется при электронной дискретизации изображения объекта и полуавтоматическом вычислении площади. Для оптической дискретизации изображения объекта применяются измерительные сетки с различным шагом, выполненные на прозрачной основе. Переключение работы установки из режима 1 в режим 2 и обратно осуществляется с помощью коммутатора.

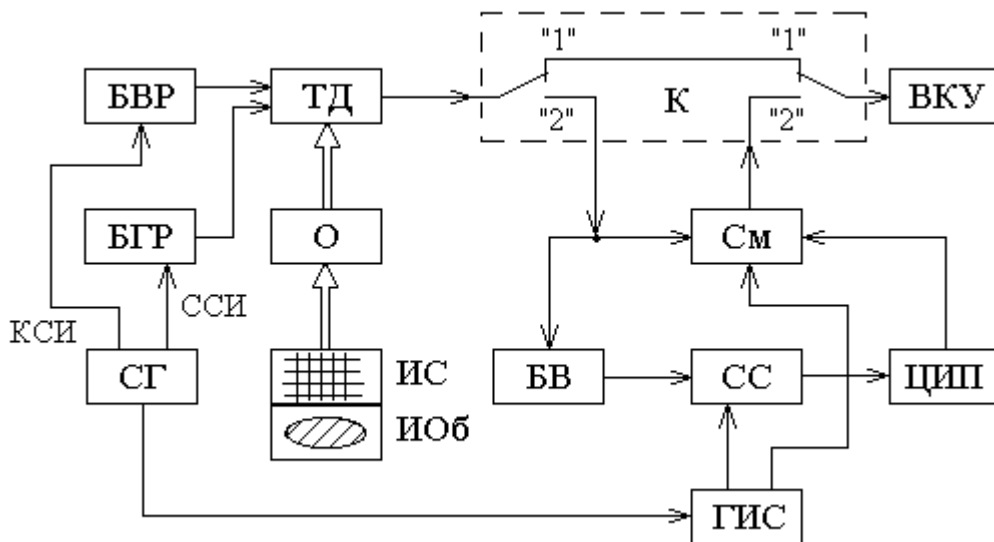


Рис.10. Функциональная схема лабораторной установки

Рассмотрим принцип действия лабораторной установки. Сначала – в режиме “1”.

Рисунок с изображением объекта измерений (ИОб) ставится на специальный держатель, причем таким образом, чтобы оптическая ось телевизионного датчика (ТД) была перпендикулярна плоскости рисунка и “проходила” через его центр. На рисунок накладывается измерительная сетка (ИС), выполненная на прозрачной основе, и закрепляется на держателе.

Блоки синхрогенератора (СГ), горизонтальной развертки (БГР) и вертикальной развертки (БВР), обеспечивающие работу ТД, находятся вне его корпуса (в столе). В самом ТД располагаются: преобразователь “свет-сигнал” (видикон), предварительный усилитель телевизионного сигнала и формирователи сигналов синхронизации изображения .

После подачи сетевого напряжения на лабораторную установку на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ) появится изображение объекта и измерительной сетки. Необходимо отфокусировать объектив (О), а также, изменяя положение осветителя, добиться четкого, достаточно контрастного изображения на экране, без бликов, обусловленных глянцевой поверхностью основы измерительной сетки.

Процесс измерения площади объекта в режиме “1” заключается в том, чтобы : подсчитать количество узлов измерительной сетки, попавшее в пределы контура объекта; затем умножить это число на площадь одного элемента (ячейки) измерительной сетки (т.е. умножить на площадь участка раstra между четырьмя узлами сетки, образующими квадрат (или прямоугольник). Расчетное выражение имеет вид :

$$S_B \cong S_{\text{я}} \sum_{i=1}^M n_i , \quad (5)$$

где S_B – вычисленная площадь объекта, $S_{\text{я}}$ – площадь элемента (ячейки) измерительной сетки, M – количество строк измерительной сетки, перекрывающих (по высоте раstra) изображение объекта; n_i – количество узлов измерительной сетки в ее i -той строке, перекрывающих изображение объекта.

Рассмотрим принцип действия лабораторной установки в режиме “2” (рис.10).

Отличия в схеме установки для этого режима заключаются в следующем: 1) с изображения объекта (Иоб) снимается изображение измерительной сетки (ИС); 2) коммутатор (К) устанавливается в положение “2”.

При этом на блоки БВ, ГИС, СС, См и ЦИП подается напряжение питания и они начинают работать. ГИС, синхронизируемый кадровыми и строчными синхроимпульсами, поступающими от СГ, формирует на экране ВКУ измерительную сетку с квадратными ячейками, которая “накладывается” на изображение измеряемого объекта (видеосигнал с выхода ТД в этом случае поступает на вход ВКУ через смеситель (См)). Сигнал измерительной сетки (рис.8, г) также поступает и на один из входов схемы совпадения (СС). Через блок выделения, который выделяет в каждой строке раstra (см. рис.8, а – строку $m - n$) участок, соответствующий границам контура изображения объекта (рис.8, а,в – участок $a - b$), на второй вход схемы совпадения поступает видеосигнал в форме прямоугольного импульса переменной длительности $t_{\text{и}}$ (рис.8, в). На выход схемы совпадения, а следовательно, на вход цифрового измерителя площади (ЦИП) проходит количество импульсов от измерительной сетки, пропорциональное длине выделенного участка на изображении объекта (рис.8, д).

В ЦИП подсчитывается общее число импульсов, прошедшее в течение одного кадра развертки через схему совпадения, но только в тех строках раstra, которые пересекают изображение объекта и совпадают с горизонтальными линиями измерительной сетки. Затем это число умножается на ве-

личину площади ячейки измерительной сетки (которая определена с учетом коэффициента увеличения оптической системы установки). Результат преобразуется в цифровой видеосигнал, который через смеситель поступает на ВКУ, вследствие чего в определенном месте экрана отображается величина измеренной площади объекта.

4. Порядок выполнения работы

4.1. В режиме “1”

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и порядком выполнения работы.

2. Выбрать в соответствии с последней цифрой шифра “бригадира” из предложенного набора по таблице 1 два рисунка фигур правильной геометрической формы, два изображения измерительной сетки и два изображения объектов измерения.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Объекты правильной формы	1 и 6	2 и 7	3 и 8	4 и 9	5 и 0	1 и 0	2 и 9	3 и 7	4 и 8	5 и 6
Объекты измерений	5 и 10	4 и 9	3 и 8	2 и 7	1 и 6	5 и 7	4 и 8	3 и 9	2 и 6	1 и 10
Измерительные сетки	1 и 4	2 и 5	3 и 1	1 и 5	2 и 3	3 и 5	1 и 3	2 и 4	3 и 2	1 и 4

3. Определить с помощью линейки ширину B и высоту H одного из объектов измерений. Зная расстояние L от держателя объекта до фокальной плоскости объектива ($L = 85$ см) и размеры раstra на мишени преобразователя “свет-сигнал” (ширина $b = 12$ мм, высота $h = 9$ мм), определить по формуле $F = (bL)/B$ или $F = (hL)/H$ необходимое фокусное расстояние объектива F .

4. Выбрать из предложенных и установить в ТД объектив с фокусным расстоянием, близким к рассчитанному в п.3.

5. Определить с помощью линейки и калькулятора площадь S_B одной из фигур правильной геометрической формы, близкой по размерам к объекту, выбранному в п.3.

6. Установить на держателе рисунок этой фигуры.

7. Установить поверх рисунка пленку с одной из измерительных сеток, выбранных по таблице 1.

8. Подать на установку напряжение питания.

9. Отфокусировать изображение на экране ВКУ, отрегулировать положение осветителя и объекта (так, чтобы изображение объекта располага-

лось в центральной части экрана и на нем не было бликов), а также яркость и контрастность изображения.

10. Зная истинные размеры объекта правильной формы (см. п.5), определить с помощью линейки площадь $S_{я}$, отображаемую на экране одной ячейкой измерительной сетки.

11. Подсчитать (по изображению на экране) общее количество узлов измерительной сетки, находящееся внутри контура изображения фигуры.

12. Вычислить площадь фигуры по формуле

$$S_{и} \cong S_{я} \sum_{i=1}^M n_i. \quad (6)$$

13. Сопоставив площади $S_{в}$ и $S_{и}$, определить относительную ошибку измерения площади фигуры правильной геометрической формы с помощью телевизионной системы по формуле

$$\varepsilon = \frac{S_{в} - S_{и}}{S_{в}} 100\%. \quad (7)$$

14. Установить на держатель рисунок объекта, выбранный в п.3. Установить поверх рисунка ту же измерительную сетку.

15. Повторить пп. 9, 11 и 12, используя в качестве $S_{я}$ величину, определенную в п.10. За ошибку измерения при этом принять величину ε , определенную в п. 13.

16. Записать все данные, выбранные и полученные в результате расчетов при выполнении пп. 2 ÷ 15, в отчет.

17. Повторить со вторыми образцами фигуры правильной формы, объекта и измерительной сетки пп. 3 ÷ 16.

4.2. В режиме “2”.

1. Перевести коммутатор (К) в положение “2”.
2. Установить на держатель рисунок фигуры правильной геометрической формы, использованный в п.5 подраздела 4.1.
3. Включить изображение измерительной сетки; установить размер ее ячеек примерно равным тому, который был у оптической сетки (подраздел 4.1., п.7).
4. Произвести измерение площади фигуры – $S_{и}^1$.
5. Уменьшить размер ячеек измерительной сетки в 2 – 3 раза.
6. Произвести еще раз измерение площади фигуры и записать результат как $S_{и}^{11}$.
7. Сопоставить величины $S_{и}$ (см. подраздел 4.1., п.12), $S_{и}^1$, $S_{и}^{11}$ с величиной $S_{в}$; сделать выводы и записать их в отчет.
8. Установить на держатель рисунок объекта, использованный в п.3 подраздела 4.1.

9. Установить размер ячеек измерительной сетки таким же, как и в п.3 подраздела 4.2.

10. Произвести измерение площади объекта и записать результат как $S_{и}^{1Y}$.

11. Установить размер ячеек измерительной сетки таким же, как и в п.5 подраздела 4.2.

12. Произвести измерение площади объекта и записать результат как $S_{и}^Y$.

13. Сопоставить величины $S_{и}^{1Y}$ и $S_{и}^Y$ с результатом измерений в п.15 подраздела 4.1.; сделать выводы и записать их в отчет.

14. Повторить со вторыми образцами фигуры правильной формы и измерительной сетки пп. 2 – 13 подраздела 4.2.

5. Содержание отчета

1. Название лабораторной работы. Функциональная схема лабораторной установки.

2. Результаты расчетов и измерений площади фигур в режимах “1” и “2” в виде таблиц.

3. Выводы по результатам выполнения работы.

Литература : [1], с. 16...26; [5], с.4...9.

РАБОТА 4

Исследование локатора инфракрасного диапазона

1. Цель работы

Изучение принципа действия локатора инфракрасного диапазона волн в активном и пассивном режимах. Экспериментальное определение влияния прозрачности среды на работу локатора в активном режиме и оценка влияния расстояния до источника излучения в пассивном режиме.

3. Основные теоретические положения

Локаторы инфракрасного диапазона используются в задачах экологии для определения степени загрязнения воздушной и водной сред непрозрачными твердыми, газообразными и жидкими отходами и другими источниками загрязнения среды. Эти методы основаны на измерении или прозрачности, или отражающей способности среды, или интенсивности излучения среды.

Рассмотрим идею построения прозрачномера. Пусть через исследуемую среду проходит луч света яркости $B(l)$. На рис.11 изображен элементарный объем, через который проходит луч в направлении l . На участке dl яркость луча $B(l)$ вследствие рассеяния и поглощения уменьшается на величину $(K+\sigma)B(l)dl$. Если рассматриваемый объем освещается пучком лучей яркости $B(l^1)$, идущих в телесном угле $d\omega^1$ и составляющих с первым лучом угол γ^1 , то этот пучок, рассеиваясь на элементарном объеме, даст в направлении l долю потока, яркость которого равна $(\sigma/4\pi)x(\gamma^1)B(l^1)d\omega^1 dl$.

В общем случае, когда объем освещен со всех сторон, приращение яркости определяется величиной

$$\frac{\sigma dl}{4\pi} \int_{4\pi} x(\gamma^1) B(l^1) d\omega^1.$$

Таким образом, изменение яркости луча на элементе dl будет

$$dB(l) = -(K + \sigma)B(l)dl + \frac{\sigma dl}{4\pi} \int_{4\pi} x(\gamma^1) B(l^1) d\omega^1$$

или иначе

$$\frac{dB(l)}{d\tau} = -B(l) + \frac{\Lambda}{4\pi} \int_{4\pi} x(\gamma^1) B(l^1) d\omega^1, \quad (8)$$

где $d\tau = \varepsilon dl$, $\varepsilon = (K + \sigma)$, $\Lambda = \sigma / (K + \sigma)$;

K – показатель поглощения, σ – показатель рассеяния, ε – показатель ослабления, Λ – альбеда однократного рассеяния (вероятность выживания фотона), $x(\gamma)$ – индикатрисса рассеяния.

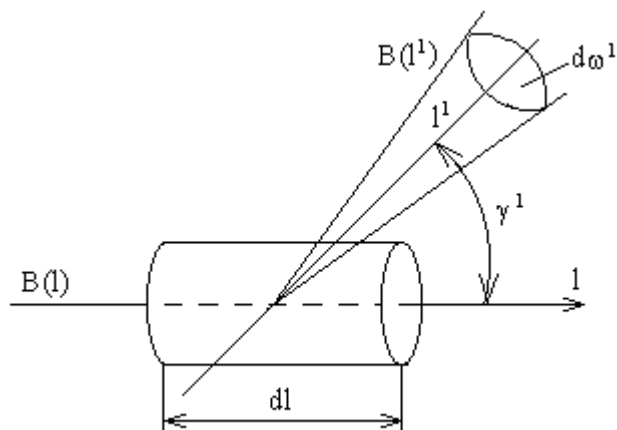


Рис.11. Прохождение лучей света через элементарный объем

3. Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка должна обеспечивать возможность измерений тепловизором в режимах : активный (работают и излучатель и приемник) и пассивный (работает только приемник).

Функциональная схема установки приведена на рис. 12.

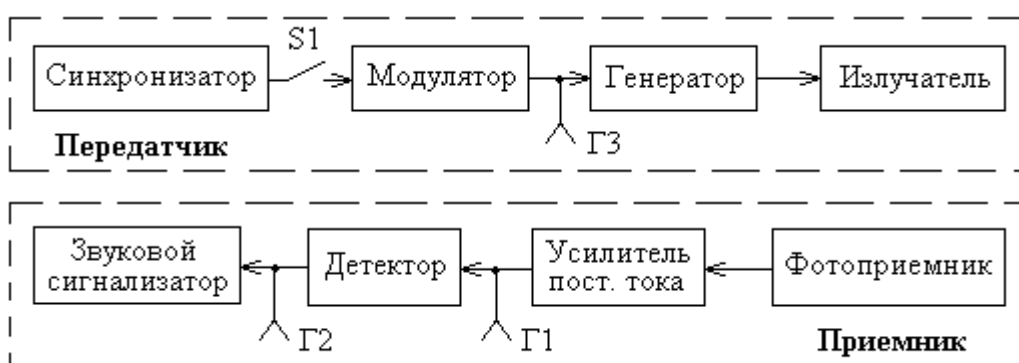


Рис.12. Функциональная схема лабораторной установки

Установка содержит : передающий тракт в составе : синхронизатор, модулятор, генератор, излучатель; а также приемный тракт, содержащий фотоприемник, усилитель постоянного тока, детектор, устройство звуковой сигнализации. Для подключения миллиамперметра в приемном тракте выведены выход усилителя постоянного тока (гнездо Г1) и выход детектора (гнездо Г2). Для контроля работы передатчика используется гнездо Г3, подключенное к выходу модулятора. Тумблер S1 служит для включения-выключения передатчика.

В активном режиме работа установки осуществляется следующим образом. Синхронизатор вырабатывает последовательность импульсов определенной частоты; эти импульсы через переключатель S1 поступают в модулятор. Модулятор вырабатывает импульсы требуемой мощности и длительности, которые поступают на генератор, обеспечивающий излучатель импульсами тока. В качестве излучателя используется набор инфракрасных светодиодов. Импульсы инфракрасного излучения отражаются от исследуемого объекта и поступают на фотоприемники, стоящие на входе приемного тракта. Эти импульсы усиливаются в усилителе и через разделительную цепь подаются на детектор, формирующий из них постоянное напряжение, пропорциональное амплитуде импульсов. Измерение этого напряжения позволяет оценивать отражающие свойства исследуемых объектов.

В пассивном режиме работает только приемный тракт. Собственное излучение объекта исследования воспринимается инфракрасным фотоприемником, усиливается в усилителе. Напряжение на входе усилителя, пропорциональное интенсивности излучения, измеряется на гнезде Г2 вольтметром.

4. Порядок выполнения работы

1. Включить экспериментальную установку и контрольно-измерительные приборы.
2. Тумблер “Режим” поставить в положение “Активный”.
3. На расстоянии 1м установить белую поверхность, измерить ток прибором, включенном в гнездо Г2.
4. Уменьшая расстояние от антенны до белой поверхности дискретно через 20 см, произвести ряд измерений силы тока, составить таблицу зависимости $I = f(R)$, где I – сила тока, R – расстояние.
5. Для прозрачной плоскости выполнить измерения, аналогичные измерениям п.4, составить таблицу результатов измерений.
6. Закрыть половину прозрачной плоскости белым листом, выполнить измерения, аналогичные п.4, составить таблицу результатов измерений.
7. Переключить тумблер “Режим” в положение “Пассивный”. На расстоянии 1м поставить источник излучения.

8. К гнезду Г1 подключить вольтметр и измерить напряжение на выходе приемника.

9. Уменьшая расстояние от источника излучения до фотоприемника дискретно через 20 см произвести ряд измерений напряжения U и составить таблицу зависимости $U = F(R)$, где R – расстояние от фотоприемника до антенны.

10. П. 9 повторить для различных источников излучения.

5. Содержание отчета

1. Функциональная схема макета.
2. По пп. 4, 5, 6 выполнить нормировку результатов к максимальному значению силы тока по всей серии измерений ; составить таблицы $I = f(R)$.
3. По пп. 8, 9, 10 выполнить нормировку результатов к максимальному по этой серии экспериментов напряжению ; составить таблицы $U = F(R)$.
4. По п.2 построить графики в координатах $x = R$, $y = I / I_{\max}$.
5. По п.4 построить графики в координатах $x = R$, $y = U / U_{\max}$.

Литература : [1], с. 38...56.

РАБОТА 5

Исследование импульсного генератора сверхширокополосного (СШП) радиолокатора

1. Цель работы

Изучение принципов построения импульсного генератора СШП сигналов и исследование влияния антенны на форму излучаемого сигнала.

2. Основные теоретические положения

СШП радиолокационные системы (РЛС) дистанционного зондирования занимают важное место среди радиотехнических средств сбора и обработки информации в системах защиты окружающей среды. Использование СШП сигналов, ширина спектра Δf которых соизмерима с их средней частотой f_0 , т.е. $\Delta f / f_0 \sim 1$, приводит к необходимости пересмотра принципов излучения, приема и обработки сигналов, методов анализа рассеяния сигналов поверхностями и слоями, а также методов анализа и синтеза РЛС.

Существенно изменяются принципы построения аппаратуры РЛС ввиду изъятия из схемы основных элементов и узлов узкополосной техники : мостов и циркуляторов, клистронных усилителей, согласующих блоков и др.

Для формирования импульсов наносекундной и субнаносекундной длительности используются методы ударного возбуждения антенн или широкополосных электронных приборов. При приеме производится стробоскопическое масштабно-временное преобразование СШП сигналов .

Отличительной особенностью СШП РЛС является включение в систему ЭВМ, используемой для коррекции характеристик аппаратуры, обработки получаемой информации с требуемой точностью, распознавания и классификации радиолокационных объектов и построения их изображений.

Создание методов анализа и синтеза СШП РЛС базируется на результатах, полученных в прикладной нестационарной электродинамике .

Импульсные СШП РЛС подповерхностного зондирования получили широкое распространение ввиду ряда достоинств. Функциональная схема такой системы приведена на рис.13 , где ФЗИ – блок формирования зондирующих импульсов ; ИАФБ – излучающий антенно-фидерный блок; ГИ – генератор импульсов; С – синхронизатор; ПРБ – приемно-регистрирующий блок; ПАФБ – приемный антенно-фидерный блок; СПО – стробоскопический преобразователь с осциллографом; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

Достоинствами импульсных СШП РЛС являются : простота интерпретации результатов зондирования, возможность исключения источников мешающих отражений при временном стробировании сигналов и др.

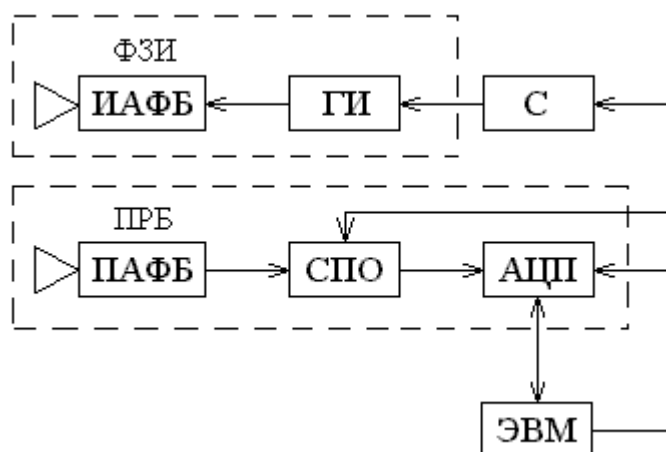


Рис.13. Функциональная схема СШП РЛС

Недостатками являются: трудность формирования импульсных сигналов большой амплитуды (энергии), необходимость использования стробоскопического преобразования при приеме.

СШП радиолокаторы, использующие видеоимпульсы в качестве зондирующего сигнала, впервые были предложены в 60-х годах. Достоинством

видеоимпульсных СШП РЛС является простота формирования импульсов при ударном возбуждении пассивных излучающих структур. При этом единственным частотно-избирательным звеном при формировании излучаемого сигнала является антенна, полоса пропускания которой существенно шире полосы современных активных усилительных блоков.

При подаче на вход антенны ступенчатого сигнала с фронтом, который значительно короче переходных процессов в антенне, излучаемый сигнал близок по форме к переходной характеристике антенны. Этот сигнал широкополосен ($\Delta f / f_0 \sim 1$), его длительность может быть менее 200 пс.

При разработке формирователей с ударным возбуждением основной трудностью является создание мощных широкополосных видеоимпульсов малой длительности или ступенчатых напряжений с крутыми фронтами и высокой временной стабильностью.

Основными элементами таких формирователей являются электронные ключи, к которым предъявляются противоречивые требования по мощности и быстродействию.

Широко применяют генераторы на лавинных транзисторах, к достоинствам которых относятся простота, возможность исполнения в микрополосковом виде, обеспечивающем сопряжение с микрополосковыми антеннами, высокая временная стабильность, мощность в сотни, тысячи ватт. Длительность импульса определяется типом транзистора и емкостью накопительного конденсатора и составляет доли – единицы наносекунд, а ширина энергетического спектра их может достигать гигагерц.

При многоступенчатом включении лавинных транзисторов амплитуда импульсов может достигать 400 вольт на сопротивлении 50 ом. В качестве ключевых элементов используются также тиратроны, диоды с накоплением заряда, туннельные диоды и др.

Энергетику видеоимпульсов СШП РЛС можно существенно увеличить при использовании антенных решеток, в которых сочетаются возможности когерентного пространственного суммирования парциальных сигналов отдельных излучающих элементов с достоинствами формирователей с ударным возбуждением.

В антенных решетках с ударным возбуждением можно сформировать СШП сигналы с импульсной мощностью в сотни киловатт – несколько мегаватт в полосе частот 0,1 . . . 2 ГГц. Эти решетки можно использовать также для работы в приеме-передающем режиме.

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка содержит : задающий генератор, широкополосные усилители, транзисторы с затвором Шоттки в ключевом режиме, из-

лучающую и приемную антенны, осциллографы С1-65, С1-75 и блок питания.

Структурная схема импульсного генератора приведена на рис.14 , а его принципиальная электрическая схема на рис.15 .

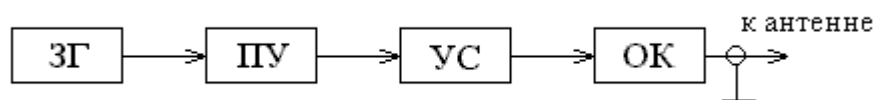


Рис. 14. Структурная схема импульсного генератора

На схеме рис.14 обозначено : ЗГ – задающий генератор; ПУ – предварительный усилитель; УС – усилитель; ОК – окончательный каскад.

Задающий генератор с кварцевой стабилизацией частоты собран на логических элементах ЭСЛ серии К6500. Базовый логический элемент интегральной микросхемы состоит из полевых транзисторов на основе арсенид галлия с затвором Шоттки, имеет небольшое потребление тока, большую частоту переключения и длительность фронта и среза импульсов порядка десятых долей наносекунд.

Предварительный усилитель, собранный на транзисторе VT1 типа КТ326, служит для согласования ЭСЛ логики с последующим каскадом усилителя, собранного на транзисторах VT2, VT3 типа КТ907. Он обеспечивает основное усиление амплитуды сигналов импульсного генератора.

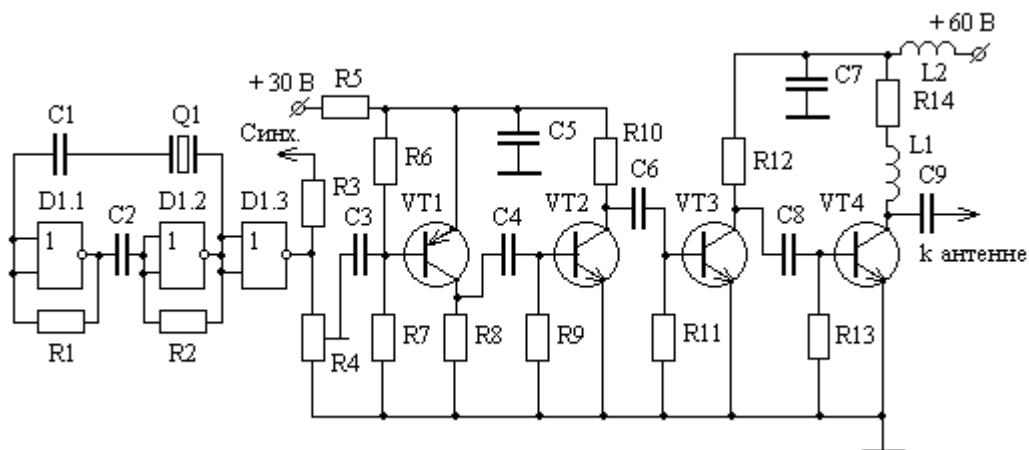
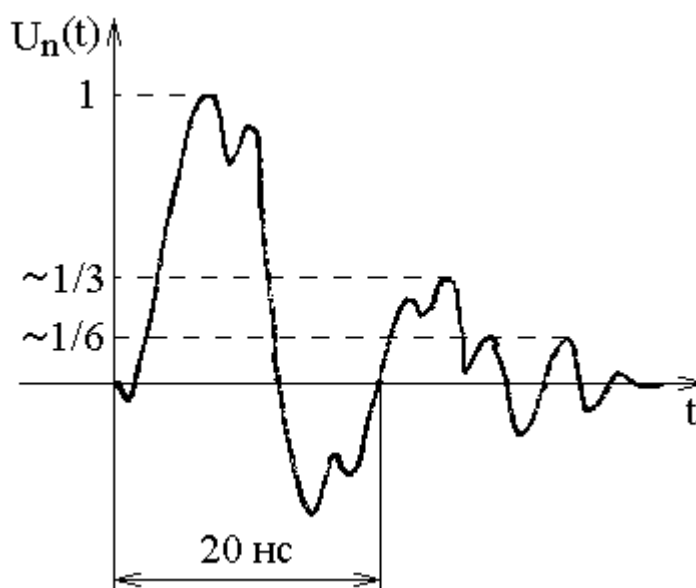


Рис. 15. Принципиальная электрическая схема импульсного генератора

Оконечный каскад собран на транзисторе VT4 типа КТ942, который установлен на радиатор. Он обеспечивает усиление амплитуды импульса до 60 В; его нагрузкой являются индуктивность L1 и активное сопротивление R14 50 Ом. Частота следования импульсов – примерно 3 МГц, длительность фронта импульсов $t_{\phi} = 1...2$ нс, длительность импульса $t_{и} \approx 6$ нс. Типовая

форма выходного импульса генератора без подключенной излучающей ан-



тенны показана на рис.16.

Рис. 16. Форма выходного импульса генератора без подключенной излучающей антенны

При подключении к выходу импульсного генератора излучающей антенны форма импульса искажается и появляется так называемый “звон” антенны. Типовая форма импульса при подключенной антенне показана на

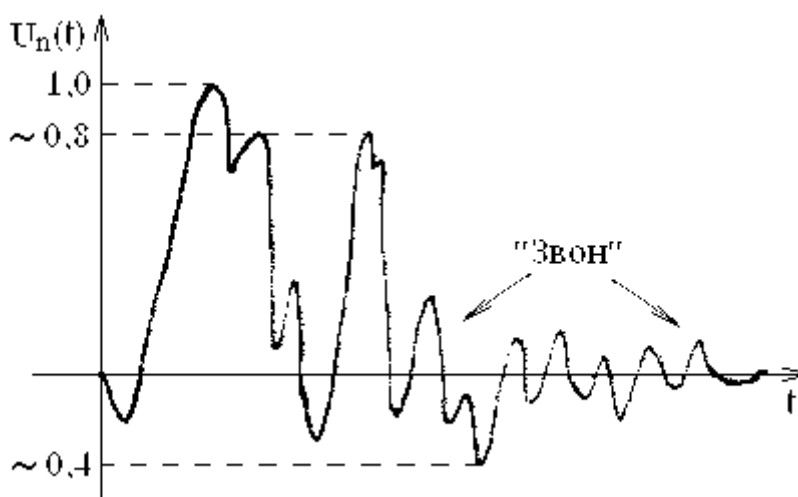


Рис. 17 Форма импульса генератора при подключенной излучающей антенне

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и измерительными приборами.
2. Включить напряжения питания в следующей последовательности: источник – 5 В , + 5 В, + 30 В, + 60 В .
3. Подключить осциллограф С1-75 к выходу импульсного генератора и зарисовать осциллограмму выходного сигнала, установив шкалу развертки “ 20 нс “.
4. Увеличить на осциллографе С1-75 масштаб развертки в 10 раз и оценить длительность переднего фронта выходного импульса генератора.
5. Подключив осциллограф С1-65 через делитель 1 : 10 к выходу генератора, оценить амплитуду выходных импульсов и частоту их следования.
6. Подключить излучающую антенну к выходу генератора ; произвести измерения по пп. 3,...5.
7. Подключить осциллограф С1-75 к приемной антенне и зарисовать осциллограммы принимаемого сигнала при различной ориентации приемной антенны относительно излучающей (углы поворота задаются преподавателем).
8. Оценить длительность фронтов принимаемых импульсов, подключив осциллограф С1-75 к приемной антенне.

5. Содержание отчета

1. Название лабораторной работы и ее цель.
2. Структурная схема импульсного генератора СШП сигналов.
3. Осциллограммы выходного импульса генератора при отключенной и подключенной излучающей антенне и результаты измерений параметров импульса.
4. Выводы по результатам исследований выходных СШП сигналов импульсного генератора.

Литература : [1], с. 28...38 ; [6] ; [7].