

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Кафедра Основ радиотехники

**Методические указания к лабораторным работам
по курсу
«Введение в медицинскую электронику»**

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 ОПИСАНИЕ СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATHCAD	3
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА	5
Лабораторная работа № 3 ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ RC-ЦЕПИ	9
Лабораторная работа № 4 ПОСЕЩЕНИЕ ЕЖЕГОДНОЙ ВЫСТАВКИ «ЗДРАВООХРАНЕНИЕ» В ЭКПОЦЕНТРЕ	12
Приложение 1	13
Приложение 2	20
Приложение 3	25
Приложение 4	31
Приложение 5	39

Лабораторная работа № 1

ОПИСАНИЕ СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATHCAD

Цель работы: изучение параметров стандартных сигналов, ознакомление с возможностями математического пакета MathCad для описания стандартных сигналов и построения их осциллограмм.

Объекты исследования: стандартные сигналы различной формы: гармонический, меандр, амплитудно-модулированный.

Домашнее задание

1. Изучите описание стандартных сигналов, представленное в Приложении 1 (разделы 1-4).
2. Изучите возможности математического пакета MathCad для описания стандартных сигналов и построения их осциллограмм по справочному материалу, представленному в Приложении 2.

Лабораторное задание

1. Запустите MathCad и сохраните созданный автоматически документ на «Рабочем столе» компьютера под именем «Results 1_N.xmcd», где N – номер компьютера (бригады).

2. Задайте все поля страницы созданного документа по 2 см (**Файл/Параметры страницы**).

3. Задайте шрифт текста, переменных и констант Times New Roman, размер 14. Для этого воспользуйтесь пунктами меню:

- **Формат/Стиль-Normal-Изменить/Шрифт,**
- **Формат/Уравнение-Variables-Изменить,**
- **Формат/Уравнение-Constants-Изменить.**

4. Добавьте в правый нижний угол документа колонтитул с номером страницы, шрифт Times New Roman, размер 12 (**Вид/Колонтитулы**). Внима-

ние! Номера страниц будут видны только в режиме предварительного просмотра документа.

5. В сформированном файле отчета создайте программу описания и визуализации стандартных сигналов согласно листингу Приложения 3.

6. Покажите отчет преподавателю.

Контрольные вопросы

1. Что такое Mathcad? Каковы его основные достоинства?
2. Как в Mathcad вводятся и редактируются выражения?
3. Как в Mathcad можно изменить формат вывода чисел?
4. Как в Mathcad создать график?
5. Какие возможности форматирования графиков есть в Mathcad?
6. Запишите формулу гармонического сигнала. Назовите его параметры.
7. Изобразите осциллограмму гармонического сигнала. Укажите на графике амплитуду и период сигнала.
8. Изобразите меандр. Укажите на графике амплитуду и период сигнала.
9. Запишите формулу амплитудно-модулированного сигнала. Назовите его параметры.
10. Запишите формулу амплитудно-модулированного сигнала. Укажите на графике параметры сигнала: амплитуду огибающей и высокочастотного заполнения, а также период огибающей и высокочастотного заполнения.
11. Что такое эффективное значение напряжения? Как оно связано с амплитудой сигнала?
12. Как выглядит спектр гармонического сигнала?
13. Что собой представляет спектр однотонового АМ-сигнала?
14. Как зависят частоты боковых составляющих спектра однотонового АМ-сигнала от значения частоты высокочастотного заполнения? От частоты модулирующего колебания?
15. Как зависят амплитуды боковых составляющих спектра однотонового АМ-сигнала от коэффициента модуляции?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: ознакомление и приобретение первоначальных навыков работы с цифровым осциллографом. Закрепление навыков работы с математическим пакетом MathCad.

Объекты исследования: стандартные сигналы различной формы: гармонический, меандр, амплитудно-модулированный.

Домашнее задание

Изучите инструкцию для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C, представленную в Приложении 4.

Лабораторное задание

1. Исследование гармонического сигнала

Включите осциллограф и сформируйте на выходе его генераторного блока гармонический сигнал с амплитудой 2 В, частотой 20 кГц и нулевой начальной фазой. Для этого следуйте указаниям п. 3.1 на стр. 5 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

Получите на экране осциллографа устойчивое изображение гармонического сигнала. Рекомендуется включить режим усреднения осциллограмм (кнопка **ACQUIRE**, режим Average 16).

Выведите на экран осциллографа результаты автоматического измерения параметров сигнала: удвоенной амплитуды (Pk-Pk), действующего значения (CyclicRMS), периода (Period), и частоты (Frequency). Для этого следуйте указаниям п. 2.2 на стр. 3 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

Определите параметры гармонического сигнала: амплитуду U_m , действующее значение u_d , период повторения T_0 , частоту f_0 . Результаты измерений занесите в строку № 1 таблицы 1.

Повторите измерения величин U_m и T_0 в режиме курсорных измерений. Для этого следуйте указаниям п. 2.3 на стр. 4 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C». Рассчитайте u_d и f_0 . Результаты измерений занесите в строку № 2 таблицы 1.

Сравните результаты автоматических и курсорных измерений между собой и с заданными параметрами гармонического сигнала.

Таблица 1

№	Режим измерения	M	U_m	u_d	T_0	f_0	T_Ω	F
1	Автоматич.	0					–	–
2	Курсорный	0					–	–
3	Автоматич.	–					–	–
4	Курсорный	–					–	–
5	Автоматич.	–	–				–	–
6	Курсорный							
7	Автоматич.	–	–				–	–
8	Курсорный							

Сохраните осциллограмму гармонического сигнала на внешнюю флеш-память в формате «.csv». Для этого следуйте указаниям п. 2.4 на стр. 5 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

2. Исследование меандра

Сформируйте на выходе генераторного блока цифрового осциллографа последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой 2 В, частотой 10 кГц и постоянной составляющей 1 В. Для этого следуйте указаниям п. 3.3 на стр. 6 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

Измерьте параметры сигнала с помощью осциллографа в автоматическом и курсорном режимах. Результаты измерений занесите в строки № 3 и 4 Таблицы 1.

Сравните результаты автоматических и курсорных измерений между собой и с заданными параметрами меандра.

Сохраните осциллограмму меандра на внешнюю флеш-память в формате «.csv».

3. Исследование амплитудно-модулированного сигнала

Получите на выходе генераторного блока осциллографа АМ-сигнал с амплитудой 1 В, частотой модуляции $F = 1000$ Гц, несущей частотой $f_0 = 20$ кГц и коэффициентом модуляции $M = 0,9$. Для этого следуйте указаниям п. 3.6 на стр. 7 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

Получите на экране осциллографа устойчивое изображение. Для этого можно воспользоваться кнопкой **RUN/STOP**.

Измерьте параметры сигнала с помощью осциллографа в автоматическом и курсорном режимах. Результаты измерений занесите в строки № 5 и 6 Таблицы 1.

Сравните результаты автоматических и курсорных измерений параметров между собой и с заданными параметрами АМ-сигнала.

Сохраните осциллограмму АМ-сигнала на внешнюю флеш-память.

Измените коэффициент модуляции на $M = 0,5$. Измерьте параметры АМ-сигнала с помощью осциллографа в автоматическом и курсорном режимах. Занесите результаты измерений в строки № 7 и 8 Таблицы 1.

Сравните результаты автоматических и курсорных измерений параметров между собой и с заданными параметрами АМ-сигнала.

Сохраните осциллограмму АМ-сигнала на внешнюю флеш-память.

4. Анализ сигналов в математическом пакете MathCad

Подключите флеш-память к компьютеру и переместите сохраненные в формате «.csv» осциллограммы на «Рабочий стол». Создайте на рабочем столе документ математического пакета MathCad с именем «Results_2_N.xmcd», где N – номер бригады (стенда). В качестве прототипа используйте документ MathCad, созданный при выполнении лабораторной работы № 1.

Загрузите осциллограммы в MathCad, следуя указаниям п. 4 на стр. 8 «Инструкции для работы с цифровым осциллографом Hantek DSO4072C».

Пользуясь данными таблицы 1, подберите параметры теоретических графиков таким образом, чтобы они максимально точно совпадали с измеренными осциллограммами. Для этого совместите попарно изображения теоретических и измеренных сигналов (четыре рисунка по два графика на каждом).

Проанализируйте полученные результаты, сделайте выводы по работе, оформите один отчет на бригаду в электронном виде.

5. Покажите отчет преподавателю.

6. Выключите осциллограф.

Контрольные вопросы

1. Что такое цена деления масштабной сетки осциллографа? Можно ли ее изменить?

2. Какова наименьшая цена деления масштабной сетки по горизонтальной оси?

3. Что такое синхронизация в осциллографе, и для чего она необходима?

4. Как производится измерение амплитуды гармонического напряжения в автоматическом режиме?

5. Как производится измерение амплитуды гармонического напряжения в режиме курсорных измерений?

6. Как с помощью осциллографа измерить частоту гармонического напряжения в автоматическом режиме?

7. Как с помощью осциллографа измерить частоту гармонического напряжения в режиме курсорных измерений?

8. Как измерить коэффициент модуляции АМ-сигнала с помощью осциллографа?

9. Каким образом сохранить осциллограмму на внешнюю флеш-память и загрузить для обработки в математический пакет MathCad?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ RC-ЦЕПИ

Цель работы: изучение свойств элементарных пассивных двухполюсников и фильтрующих свойств последовательной RC-цепи; закрепление практических навыков работы с цифровым осциллографом и математическим пакетом MathCad.

Объект исследования: последовательная RC-цепь.

Домашнее задание

1. Изучите описание элементарных двухполюсников и понятия фильтров нижних и верхних частот, представленные в Приложении 1 (разделы 5-6).
2. Изучите описание лабораторного стенда «Лоцман», представленное в Приложении 5.

Лабораторное задание

1. Подготовьте аппаратуру к работе. Для этого подключите к лабораторному стенду «Лоцман» генераторный выход цифрового осциллографа (к гнездам G_1), и второй канал осциллографа (к гнездам P_1). На первый канал осциллографа подайте сигнал с генераторного выхода осциллографа. Питание стенда включать не следует.

2. Соберите RC-цепь, представленную на рис. 1.

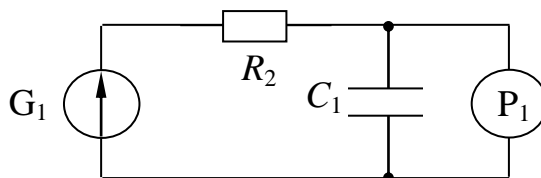


Рис. 1

Рассчитайте частоту среза RC-цепи по формуле: $f_c = 1/(2\pi R_2 C_1)$.

• Подайте на вход цепи последовательность прямоугольных импульсов (**Square**) с амплитудой 1 В, нулевой постоянной составляющей и частотой следования импульсов f_c .

Наблюдайте на экране осциллографа входной и выходной сигналы. Сохраните осциллограммы на внешнюю флеш-память.

- Увеличьте в пять раз частоту следования импульсов входного сигнала ($5f_c$). Наблюдайте изменение амплитуды и формы выходного сигнала (должна стремиться к интегралу от входного сигнала). Сохраните осциллограммы входного и выходного сигналов на внешнюю флеш-память.

- Задайте частоту следования импульсов входного сигнала равной $f_c/5$. Наблюдайте изменение амплитуды и формы выходного сигнала (должна стремиться повторить входной сигнал). Сохраните осциллограммы входного и выходного сигналов на внешнюю флеш-память.

Загрузите сохраненные сигналы в математический пакет MathCad. Постройте попарно сохраненные осциллограммы входного и выходного сигналов для всех трех случаев (должно быть три графика по два сигнала).

Проанализируйте полученные результаты. Сделайте вывод о том, каким типом фильтра является исследуемая цепь (колебания какого диапазона частот пропускает), и на каких частотах проявляются интегрирующие свойства RC-цепи (по сравнению с частотой среза).

3. Поменяйте местами резистор и конденсатор.

- Подайте на вход цепи последовательность прямоугольных импульсов (**Square**) с амплитудой 1 В, нулевой постоянной составляющей и частотой следования импульсов f_c .

Наблюдайте на экране осциллографа входной и выходной сигналы. Сохраните осциллограммы на внешнюю флеш-память.

- Уменьшите в пять раз частоту следования импульсов входного сигнала ($f_c/5$). Наблюдайте изменение амплитуды и формы выходного сигнала (должна стремиться к производной от входного сигнала). Сохраните осциллограммы входного и выходного сигналов на внешнюю флеш-память.

- Задайте частоту следования импульсов входного сигнала равной $5f_c$. Наблюдайте изменение амплитуды и формы выходного сигнала (должна стремиться повторить входной сигнал). Сохраните осциллограммы входного и выходного сигналов на внешнюю флеш-память.

Загрузите сохраненные сигналы в математический пакет MathCad. Постройте попарно сохраненные осциллограммы входного и выходного сигналов для всех трех случаев (должно быть три графика по два сигнала).

Проанализируйте полученные сигналы. Сделайте вывод о том, каким типом фильтра является исследуемая цепь (колебания какого диапазона частот пропускает), и на каких частотах проявляются дифференцирующие свойства RC -цепи (по сравнению с частотой среза).

4. Оформите один отчет на бригаду в электронном виде и покажите преподавателю.

5. Разберите схему. Выключите осциллограф.

Контрольные вопросы

1. Запишите компонентные уравнения для резистора, конденсатора и катушки индуктивности.

2. В каких единицах измеряется сопротивление, емкость и индуктивность? Каковы порядки величин этих параметров?

3. Дайте определение фильтра нижних частот. Изобразите схему ФНЧ.

4. Дайте определение фильтра верхних частот. Изобразите схему ФВЧ.

5. Что такое частота среза фильтра? Как ее можно определить экспериментально?

6. Как зависит частота среза частотных характеристик последовательной RC -цепи от сопротивления резистора? От емкости конденсатора?

7. На каких частотах, по сравнению с частотой среза, проявляются дифференцирующие свойства ФВЧ?

8. На каких частотах, по сравнению с частотой среза, проявляются интегрирующие свойства ФНЧ?

Лабораторная работа № 4

ПОСЕЩЕНИЕ ЕЖЕГОДНОЙ ВЫСТАВКИ «ЗДРАВООХРАНЕНИЕ» В ЭКПОЦЕНТРЕ

Цель работы: расширение кругозора в области медицинской техники, знакомство с потенциальными работодателями.

Объекты исследования: медицинские приборы различного назначения и организации их производящие, продающие и обслуживающие.

Домашнее задание

1. Зарегистрироваться на сайте выставки по адресу <https://www.zdravo-expo.ru/> и получить электронный билет.
2. Изучить список участников и территориальное расположение экспозиций, выбрать наиболее интересные организации. При выборе в первую очередь ориентироваться на тематику реферата (статьи).

Лабораторное задание

1. Посетить выставку.
2. Собрать актуальный материал о медицинских приборах и фирмах их производящих и распространяющих по теме реферата (статьи).
3. Оформить отчет о посещении выставки в электронном виде.
4. Добавить в презентацию реферата (статьи) актуальную информацию с выставки.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) цель работы;
- 3) перечень медицинских приборов, с которыми удалось познакомиться на выставке, их назначение и основные характеристики;
- 4) сравнительный анализ приборов п. 3.

ИССЛЕДУЕМЫЕ СИГНАЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ

1. Гармонический сигнал

Гармоническое напряжение (рис. 1) имеет вид

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi). \quad (1)$$

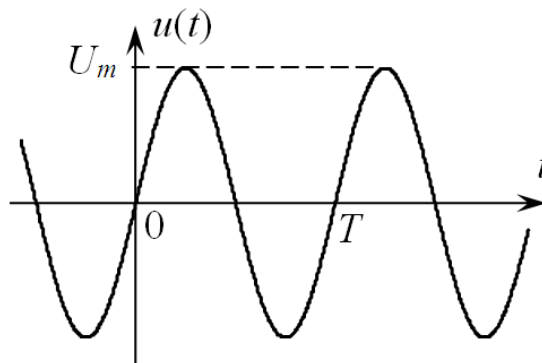


Рис. 1. Гармонический сигнал

Параметры гармонического сигнала:

1) U_m [В] – **амплитуда** (максимальное отклонение сигнала от нулевого уровня);

2) ω [рад/с] – **угловая частота**, связана с **частотой** сигнала f [Гц = 1/с] соотношением

$$\omega = 2\pi f; \quad (2)$$

3) T [с] – **период** (время, за которое колебание совершает полный цикл)

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}; \quad (3)$$

4) φ [рад] – **начальная фаза** (определяет сдвиг косинуса по оси времени, например, на рис. 1 $\varphi = -\pi/2$);

5) u_d [В] – **действующее значение** (значение постоянного напряжения, при котором за время T на резисторе выделяется такое же количество теплоты, что и для переменного), определяется формулой

$$u_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 U_m. \quad (4)$$

2. Калибровочный сигнал

Калибровочный сигнал представляет собой периодическую последовательность прямоугольных импульсов – *меандр* (рис. 2). Длительность импульса и длительность паузы между импульсами в одном периоде меандра равны (другими словами – скважность равна двум).

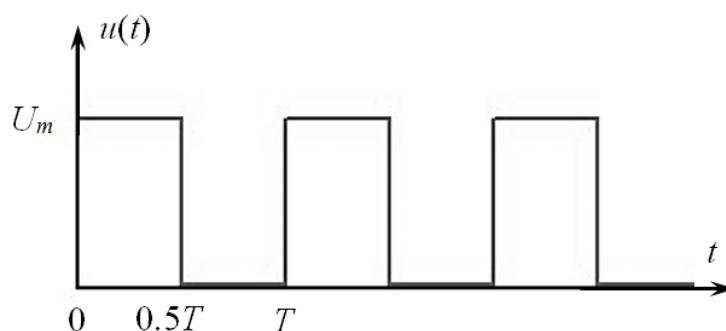


Рис. 2. Калибровочный сигнал – меандр

Параметры калибровочного сигнала:

- 1) U_m [В] – *амплитуда* (максимальное отклонение сигнала от нулевого уровня);
- 2) f [Гц = 1/с] – *частота* следования импульсов;
- 3) T [с] – *период* (время, за которое колебание совершает полный цикл)

$$T = \frac{1}{f}, \quad (5)$$

- 4) ΔT [с] – *сдвиг сигнала по оси времени* (на рис. 2 $\Delta T = 0$, т.е. сигнал не смещен);

5) u_d [В] – *действующее значение* (значение постоянного напряжения, при котором за время T на резисторе выделяется такое же количество теплоты, что и для переменного), определяется формулой

$$u_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707U_m. \quad (6)$$

2. Амплитудно-модулированный сигнал

Амплитудно-модулированным (АМ) сигналом называется гармонический сигнал, амплитуда которого изменяется пропорционально передаваемому информационному сигналу $s(t)$:

$$u(t) = U_m [1 + M s(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi).$$

Рассмотрим АМ-сигнал с однотоновой модуляцией (рис. 3):

$$u(t) = U_m [1 + M \cos(\Omega t + \Phi)] \cos(\omega_0 t + \varphi). \quad (7)$$

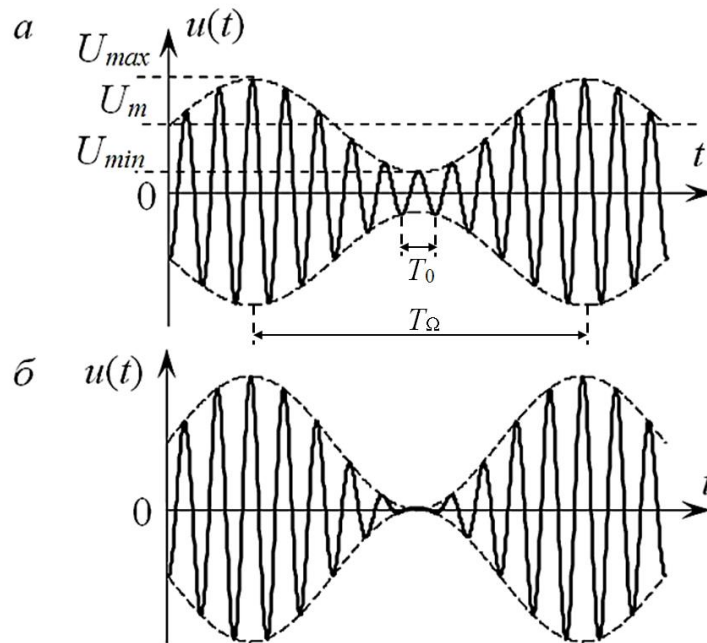


Рис. 3. Сигналы с амплитудной модуляцией: *a* – при коэффициенте модуляции $M < 1$; *б* – при коэффициенте модуляции $M = 1$

Параметры АМ-сигнала:

1) U_{\max} – **максимальное значение амплитуды** АМ-сигнала, определяется формулой (7) при $\cos(\Omega t + \Phi) = 1$:

$$U_{\max} = U_m (1 + M); \quad (8)$$

2) U_{\min} – **минимальное значение амплитуды** АМ-сигнала, определяется формулой (7) при $\cos(\Omega t + \Phi) = -1$:

$$U_{\min} = U_m (1 - M); \quad (9)$$

3) M – **коэффициент модуляции**, характеризует глубину модуляции, т. е. насколько сильно изменяется амплитуда, экспериментально может быть определен по формуле, следующей из формул (8) и (9),

$$M = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}. \quad (10)$$

Минимальное значение коэффициента модуляции $M = 0$, при этом формула (7) становится идентичной формуле (1). Максимальное значение коэффициента модуляции $M = 1$, тогда амплитуда изменяется от 0 до $2U_m$ (рис. 3, б).

4) U_m – *среднее значение амплитуды* АМ-сигнала (амплитуда немодулированного сигнала, при $M = 0$);

5) ω_0 – *угловая частота* несущего сигнала (высокочастотного заполнения АМ-сигнала), связана с *частотой* несущего сигнала f_0 соотношением (2);

6) T_0 – *период* несущего сигнала (рис. 3, б):

$$T_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad (11)$$

7) φ – *начальная фаза* несущего сигнала;

8) Ω – *угловая частота* модулирующего сигнала (оггибающей АМ-сигнала), связана с *частотой* модулирующего сигнала F соотношением (2), т.е. $\Omega = 2\pi F$;

9) T_Ω – *период* модулирующего сигнала (рис. 3, а):

$$T_\Omega = \frac{1}{F} = \frac{2\pi}{\Omega}, \quad (12)$$

10) Φ – *начальная фаза* модулирующего сигнала;

11) u_d – *действующее значение* АМ-сигнала, определяется формулой

$$u_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}. \quad (13)$$

4. Спектральное представление сигналов

Спектром называется представление сигнала в виде суперпозиции (суммы) гармонических составляющих с различной частотой.

Спектр гармонического сигнала (1) представлен единственной гармоникой (составляющей) и имеет спектральную диаграмму, изображенную на рис. 4. По оси абсцисс на данной диаграмме откладывается частота (или циклическая частота) сигнала, а по оси ординат величина амплитуды гармоники.

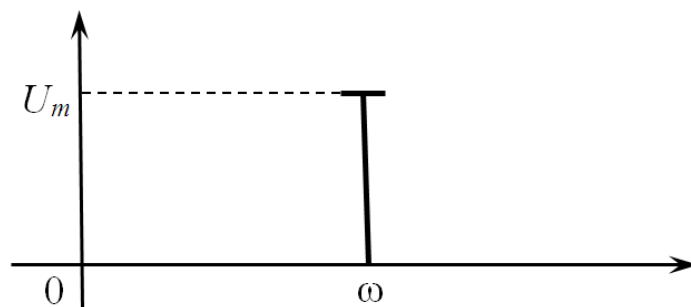


Рис. 4. Спектральная диаграмма гармонического сигнала

Спектр однотонового АМ-сигнала (7) представлен тремя гармониками:

$$u(t) = U_m [1 + M \cos(\Omega t + \Phi)] \cos(\omega_0 t + \varphi) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi) + \frac{U_m M}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t + \varphi + \Phi] + \frac{U_m M}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t + \varphi - \Phi]. \quad (14)$$

Первая из них, с частотой ω_0 , называется несущей составляющей или просто – «несущей»; вторая – верхней боковой и третья – нижней боковой составляющей. Соответственно, частота ω_0 называется **несущей частотой**, $\omega_0 + \Omega$ – **верхней боковой**, $\omega_0 - \Omega$ – **нижней боковой частотой**. Спектральная диаграмма однотонового АМ сигнала изображена на рис. 5.

Характерно, что верхняя и нижняя боковые составляющие расположены симметрично относительно несущей и имеют одинаковую высоту.

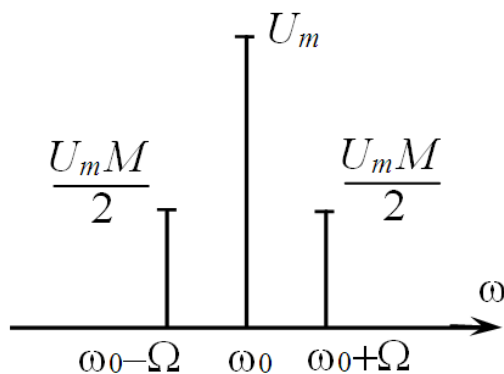


Рис. 5. Спектральная диаграмма АМ-сигнала

5. Элементарные двухполюсники

Элементарные пассивные двухполюсники – простейшие элементы цепи, не содержащие источников энергии. Соединяя элементарные двухполюсники между собой, можно создавать составные элементы любого уровня сложности. К элементарным пассивным двухполюсникам относятся резистивный, емкостной и индуктивный элементы.

Компонентные уравнения цепи связывают ток и напряжение на элементарных двухполюсниках.

Для **резистивных двухполюсников** данные уравнения записываются на основании *закона Ома*. Согласно этому закону, сила тока $i_R(t)$, протекающего по участку цепи, прямо пропорциональна приложенному к данному участку напряжению $u_R(t)$ и обратно пропорциональна *сопротивлению* R участка:

$$i_R(t) = \frac{u_R(t)}{R}.$$

Сопротивление резистора измеряют в омах, килоомах ($1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$) и мегаомах ($1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$).

Для **двухполюсников емкостного типа** связь тока и напряжения является следствием закона Гаусса и определяется выражением

$$i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt},$$

где C – *емкость* двухполюсника. Для измерения емкостей, как правило, используют микрофарады ($1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$), нанофарады ($1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$) или пикофарады ($1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$).

Для **индуктивного двухполюсника** данная связь определяется законом электромагнитной индукции, в соответствии с которым напряжение на индуктивном элементе

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt},$$

где L – значение *индуктивности* элемента. Индуктивность обычно измеряют в миллигенри ($1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$) или в микрогенри ($1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}$).

5. Фильтры нижних и верхних частот

Фильтрами нижних частот (ФНЧ) называют цепи, которые мало ослабляют низкочастотные колебания и сильно подавляют колебания с высокими частотами.

Примером ФНЧ является последовательное соединение резистивного и емкостного элементов, когда выходное напряжение снимается с конденсатора.

Фильтрами верхних частот (ФВЧ) называют цепи, которые сильно подавляют низкочастотные колебания и мало ослабляют колебания с высокими частотами.

Примером ФВЧ является последовательное соединение резистивного и емкостного элементов, когда выходное напряжение снимается с резистора.

Частота среза фильтра – частота, на которой выходной сигнал по амплитуде в $\sqrt{2}$ меньше, чем входной.

ОСНОВЫ РАБОТЫ С МАТЕМАТИЧЕСКИМ ПАКЕТОМ MATHCAD

Программный пакет Mathcad – это среда для выполнения разнообразных математических и технических расчетов. Mathcad пользуется популярностью благодаря простоте интерфейса и обширным возможностям проведения вычислений и оформления полученных результатов. Главные достоинства Mathcad:

- прост в использовании и легок в освоении;
- позволяет записывать на экране компьютера формулы в привычном виде;
- мощный математический аппарат;
- позволяет многие задачи решать в символьном виде;
- возможность программирования (использование операторов цикла и условных операторов);
- имеет широкие возможности графического отображения полученных результатов (двух- и трехмерные графики и гistogramмы, карты линий уровня, графики векторных полей и т.д.);
- обширная собственная справочная система;
- возможность на одном рабочем листе объединить текст, графику и математические выкладки, что обеспечивает аккуратную запись хода работ;
- возможность использования единиц измерения для размерных величин.

Запуск программы осуществляется двойным щелчком мыши на пиктограмме Mathcad.

Меню

Верхняя строка раскрывшегося окна – стандартная строка windows-приложений, в которой приведено имя приложения Mathcad Professional и имя файла, в котором сохраняются результаты работы. Вторая строка экрана – строка *меню*. Для вызова необходимого пункта меню достаточно поместить на него указатель мыши и нажать ее левую кнопку («щелкнуть» по нему мышью). Ниже меню располагается *панель стандартных инструментов* и *панель фор-*

матирования. Если указатель остановлен на любой кнопке панелей, возле него появляется текст, описывающий действие кнопки.

Еще ниже располагается **панель математических кнопок (инструментов)**, открывающих палитру символов:

кнопка **"калькулятор"**, открывающая палитру общих арифметических операторов;

кнопка **графиков**, открывающая палитру различных видов двух- и трехмерных графиков;

кнопка **матричных и векторных операций**;

кнопка **операторов определения переменных** (присвоение, глобальное определение, равенство (вычисление) и т. д.)

кнопка **операций математического анализа** (производных, интегралов, пределов, рядов и произведений);

кнопка **равенств и отношений** (логических операторов);

кнопка **программирования**, открывающая палитру операторов программирования;

кнопка **греческих букв**;

кнопка **символьных вычислений**.

Каждая из этих панелей может быть перемещена в произвольное место окна или скрыта с помощью соответствующей команды пункта *Toolbars* из меню *View*.

Ввод информации

При помещении указателя мыши в любое место окна рабочего документа и нажатии ее левой кнопки, возле указателя появляется небольшой крестик. Вводимая информация помещается в том месте окна, где расположен крестик. Выражение на экране можно редактировать обычными методами. Многие операторы и греческие буквы могут быть напечатаны с помощью раскрывающихся палитр арифметических, матричных операций, знаков равенств, греческих букв и т.д.

Mathcad читает рабочий документ сверху вниз и слева направо. Для проведения вычислений Mathcad использует информацию, расположенную **левее и выше** вычисляемого выражения. Вычисления проводятся в соответствии с содержанием записи в рабочем документе или по команде *Calculate* из меню *Math*

для Mathcad 2000 (либо аналогичные пункты в других версиях Mathcad), или автоматически по завершении записи при включенной кнопке *Automatik Calculate* из меню *Math*.

«Горячие» клавиши

При записи выражений наиболее часто используются следующие операторы:

- оператор присваивания [:=]
- нижний индекс, определяющий элемент матрицы [i,j]
- нижний индекс, не несущий математическую информацию, воспринимаемый Mathcad как часть имени переменной [i]
- возведение в степень [^] ([Shift]+[6])
- задание диапазона значений: (начальное значение) [a,b] (следующее значение диапазона) [a:b] (конечное значение диапазона). Можно убрать [a,b] (следующее значение диапазона), если шаг изменения величины равен 1
- извлечение корня [sqrt]
- ввод текста ["]

Все кнопки даны для латинской кодировки.

Нажимая клавишу "пробел", можно **выделить** необходимую часть выражения или все выражение в целом. Вводимые операции будут **применяться к выделенной части**.

Для **ввода текстовой информации** следует нажать ["], чтобы известить Mathcad о начале ввода текста; при этом появляется поле ввода текста, окруженное рамкой. Чтобы выйти из текстовой области, достаточно «щелкнуть» мышью в любой точке экрана вне текстовой области.

Mathcad может изменять **формат вывода чисел** (число выводимых десятичных знаков, менять экспоненциальный вид представления числа на обычную запись с десятичной точкой и т.д.). Эти изменения можно осуществить в пунктах *Equation* и *Result* из меню *Format* и в пунктах *Options* из меню *Math*. Если вычисления проводятся в символьном виде, то для получения результата в экспоненциальном формате необходимо после определения используемого символьного оператора вызвать оператор *float* из палитры символьных вычис-

лений *Symbolic*. В появившемся после оператора *float* свободном поле задается число значащих цифр в экспоненциальном представлении.

Работа с файлами

Работа с файлами в Mathcad проводится так же, как и в других Windows-приложениях (программах под Windows). **Сохранение** документов в Mathcad осуществляется в пунктах *Save* или *Save As* в меню *File*. **Открыть** существующий документ можно в пункте *Open* в меню *File*. Для того чтобы **напечатать** файл, следует выбрать пункт *Print* в меню *File*. Все эти действия можно проводить также «щелчком» по соответствующей кнопке панели инструментов

Справочная система

Mathcad имеет хорошую справочную систему. Клавиша [F1] или пункт *Mathcad Help* в меню *Help* открывают окно справки. Пункт *Resource Center* в меню *Help* или соответствующая кнопка панели инструментов открывают доступ к описанию часто используемых процедур с примерами («шпаргалки» – *QuickSheets*) и к электронным книгам Mathcad. Электронная книга Mathcad – это совокупность сотен рабочих документов Mathcad, которые содержат тексты, изображения, формулы и данные. Возможно копирование текста, рисунков, формул из примеров «шпаргалок» и электронных книг в рабочий документ и использование их в качестве шаблонов для конкретной работы. Электронные книги имеют систему поиска требуемой информации.

Если возникает **ошибка**, то Mathcad выделяет ошибку красным цветом и при активизированной области формулы или графика выдает краткую информацию об ошибке. При нажатии клавиши [F1] открывается окно помощи с более полной информацией об ошибке и причинах ее возникновения.

Построение графиков

Mathcad обладает широкими возможностями построения графиков. Он может строить двумерные графики в декартовых и полярных координатах, картины линий уровня, изображать поверхности и выводить ряд других трехмерных графиков.

Чтобы **создать график** в Mathcad, необходимо «щелкнуть» мышью на том месте, где должен располагаться график, раскрыть палитру графиков с помо-

щью соответствующей кнопки (или войти в пункт *Graph* из меню *Insert*) и выбрать требуемый вид графика. **Размер** и местоположение окна графика можно менять после выделения его мышью. Могут быть изменены также граничные значения аргумента и функции, откладываемые по осям выводимого графика. Для этого необходимо «щелкнуть» мышью по полю графика (для его выделения), а потом по изменяемому значению.

Mathcad предоставляет большие возможности **форматирования графиков**. Окно форматирования появляется при двойном щелчке мыши по полю графика (при двойном щелчке по оси появляется окно форматирования соответствующей оси), либо при входе в пункт *Graph* из меню *Format*.

Национальный исследовательский университет "МЭИ"
Институт Радиотехники и электроники им. В.А Котельникова
Кафедра Основ радиотехники

Лабораторная работа № 1
**ОПИСАНИЕ СИГНАЛОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ
MathCad**

Группа: ЭР-ХХ-19

Бригада №

Студенты:

Цель работы: знакомство с возможностями описания и анализа сигналов в математическом пакете MathCad

1. Гармонический сигнал и его параметры

Параметры гармонического сигнала:

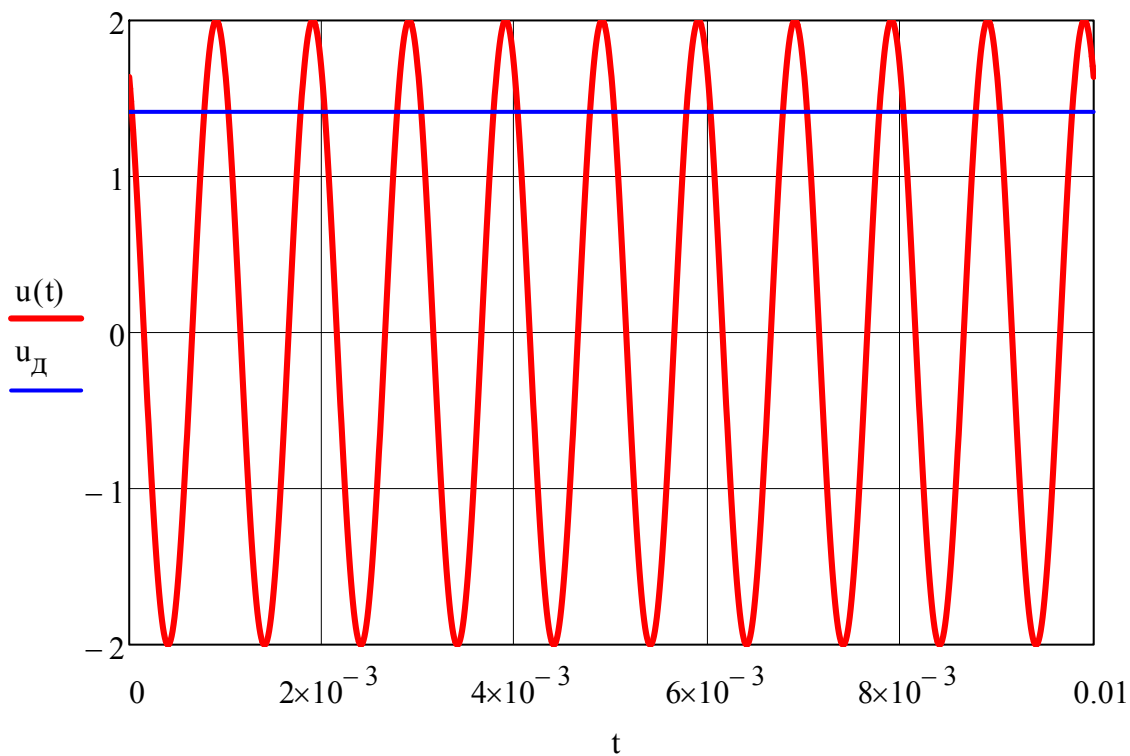
- амплитуда, [В]: $U_m := 2$
- частота, [Гц]: $f := 1 \cdot 10^3$
- угловая частота, [рад/с]: $\omega := 2 \cdot \pi \cdot f = 6.283 \times 10^3$
- период, [с]: $T := \frac{1}{f} = 1 \times 10^{-3}$
- начальная фаза, [рад]: $\varphi := 35 \cdot \frac{\pi}{180}$

Функция, описывающая гармонический сигнал:

$$u(t) := U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

Расчет действующего (эффективного) значения напряжения, [В]:

$$u_D := \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (u(t))^2 dt} = 1.414 \qquad \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 1.414$$



2. Меандр

Параметры меандра:

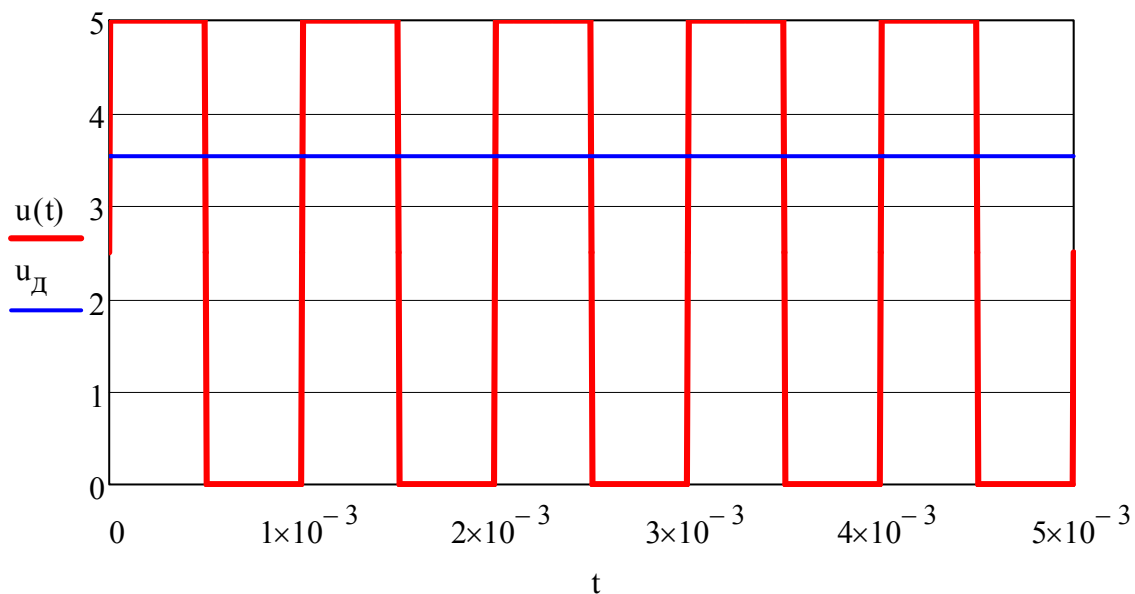
- амплитуда, [В]: $U_m := 5$
- частота, [Гц]: $f := 1 \cdot 10^3$
- период, [с]: $T := \frac{1}{f} = 1 \times 10^{-3}$

Функция, описывающая меандр:

$$u(t) := U_m \cdot \sum_{i=0}^{20} \left(\Phi(t - i \cdot T) - \Phi\left(t - \frac{T}{2} - i \cdot T\right) \right)$$

Расчет действующего (эффективного) значения напряжения, [В]:

$$u_D := \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (u(t))^2 dt} = 3.536 \quad \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 3.536$$



3. Измерение параметров амплитудно-модулированного сигнала

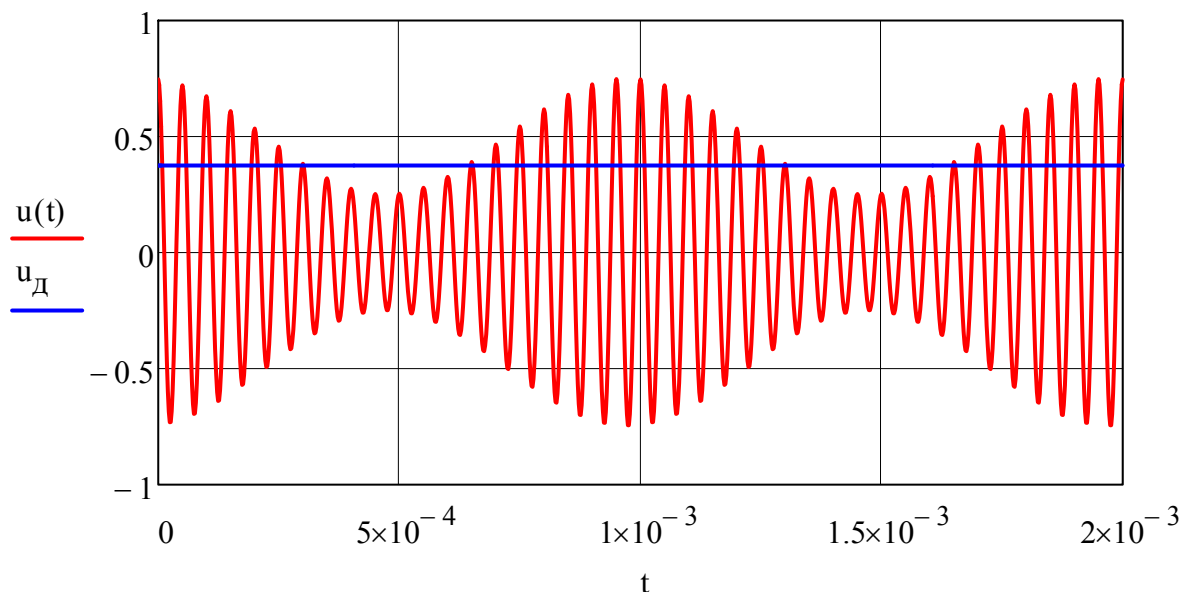
Измеренные параметры исследуемого гармонического сигнала:

- амплитуда, [В]: $U_m := 0.5$
- коэффициент модуляции: $M := 0.5$
- частота несущего колебания, [Гц]: $f := 20 \cdot 10^3$
- период несущего колебания, [с]: $T := \frac{1}{f} = 5 \times 10^{-5}$
- частота заполнения, [Гц]: $F := 1 \cdot 10^3$
- период заполнения, [с]: $T_\Omega := \frac{1}{F} = 1 \times 10^{-3}$
- начальная фаза несущего колебания, [рад]: $\varphi := 0 \cdot \frac{\pi}{180}$
- начальная фаза заполнения, [рад]: $\Phi := 10 \cdot \frac{\pi}{180}$

$$u(t) := U_m \cdot (1 + M \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t + \Phi)) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$$

Расчет действующего (эффективного) значения напряжения, [В]:

$$u_{\text{д}} := \sqrt{\frac{1}{T_\Omega} \cdot \int_0^{T_\Omega} (u(t))^2 dt} = 0.375 \quad \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.354$$



4. Изучение спектра АМ-сигнала

Расчет параметров гармонических составляющих АМ-сигнала:

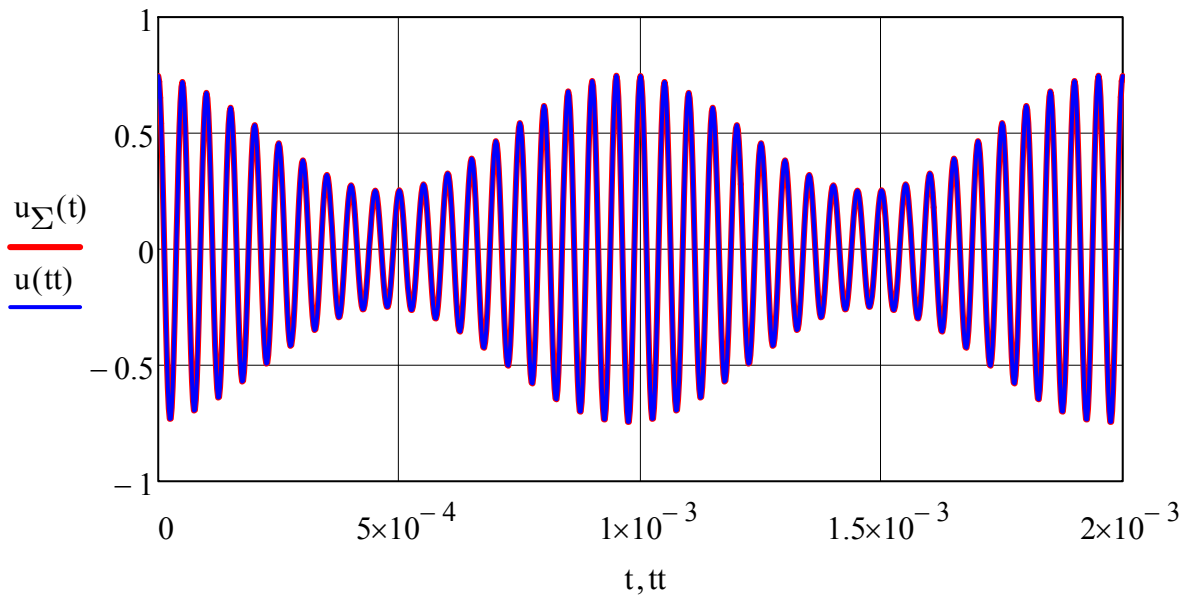
- амплитуда несущего колебания, [В]: $U_0 := U_m = 0.5$
- частота несущего колебания, [Гц]: $f_0 := f = 2 \times 10^4$
- начальная фаза несущего колебания, [град]: $\varphi_0 := \varphi = 0$

- амплитуда нижней боковой составляющей, [В]: $U_{н.б} := \frac{M \cdot U_m}{2} = 0.125$
- частота нижней боковой составляющей, [Гц]: $f_{н.б} := f - F = 1.9 \times 10^4$
- начальная фаза нижней боковой составляющей, [град]: $\varphi_{н.б} := \varphi - \Phi = -10 \cdot \text{deg}$

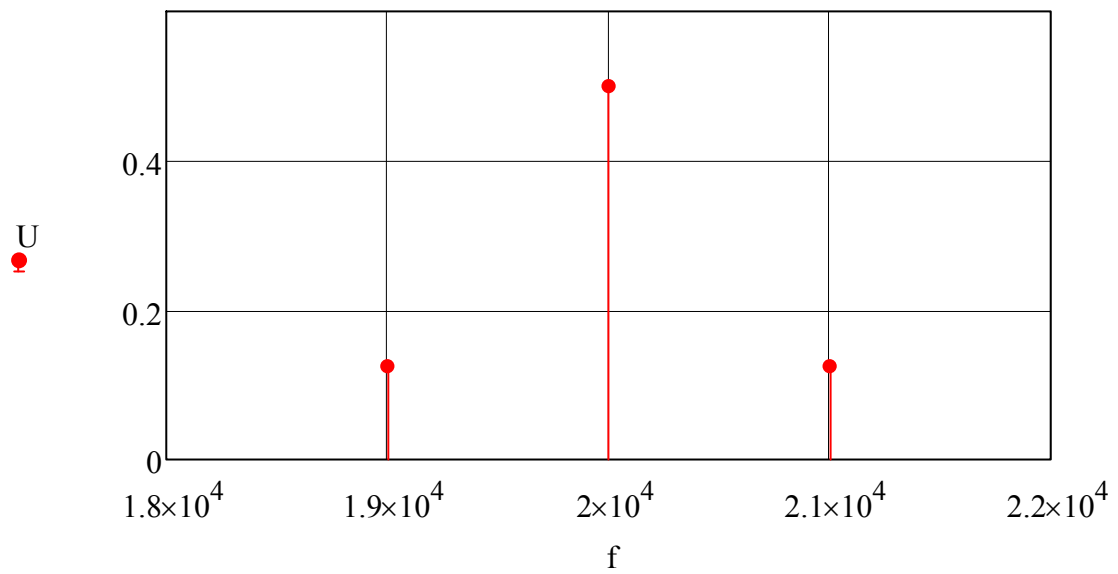
- амплитуда верхней боковой составляющей, [В]: $U_{в.б} := \frac{M \cdot U_m}{2} = 0.125$
- частота верхней боковой составляющей, [Гц]: $f_{в.б} := f + F = 2.1 \times 10^4$
- начальная фаза верхней боковой составляющей, [град]: $\varphi_{в.б} := \varphi + \Phi = 10 \cdot \text{deg}$

Функции, описывающие гармонические составляющие АМ-сигнала:

- несущее колебание: $u_0(t) := U_0 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi)$
- нижняя боковая составляющая: $u_{н.б}(t) := U_{н.б} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_{н.б} \cdot t + \varphi_{н.б})$
- верхняя боковая составляющая: $u_{в.б}(t) := U_{в.б} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_{в.б} \cdot t + \varphi_{в.б})$
- суммарный АМ-сигнал: $u_{\Sigma}(t) := u_0(t) + u_{н.б}(t) + u_{в.б}(t)$



Строим спектр АМ-сигнала: $U := \begin{pmatrix} U_{H.б} \\ U_0 \\ U_{B.б} \end{pmatrix}$ $f_{\omega} := \begin{pmatrix} f_{H.б} \\ f_0 \\ f_{B.б} \end{pmatrix}$



Выводы:

Инструкция для работы с цифровым осциллографом **Hantek DSO4072C**

Содержание

1	Органы управления.....	2
2	Управление осциллографом	3
2.1	Настройка аналоговых каналов.....	3
2.2	Измерение параметров сигнала.....	3
2.3	Работа с курсорами.....	4
2.4	Сохранение данных	4
3	Управление генератором.....	5
3.1	Установка монохроматического сигнала.....	5
3.2	Установка пилообразного сигнала	5
3.3	Установка прямоугольного сигнала	6
3.4	Установка трапециевидного сигнала.....	6
3.5	Установка постоянного сигнала.....	7
3.6	Установка модулированного сигнала.....	7
4	Открытие сохранённых данных в MathCAD	8

1 Органы управления

На рис. 1 изображена лицевая панель осциллографа. Управление функциональными возможностями производится с помощью следующих клавиш и ручек:

1. Кнопка включения.
2. Порт для SD-карты.
3. USB-порт.
4. Калибровочный выход.
5. Функциональные клавиши F1-F6.
6. Выход генератора.
7. Вход синхронизации времени развертки.
8. Аналоговые входы.
9. Отсутствует в настоящей модели.
10. Клавиша меню.
11. Ручка "V0".
12. Панель работы с данными.
13. Панель управления временем развёртки.
14. Панель управления синхросигналами.
15. Панель управления запуском.
16. Панель управления аналоговым входом.
17. Клавиша включения генератора.
18. Клавиша настроек генератора.
19. Вход внешней синхронизации.

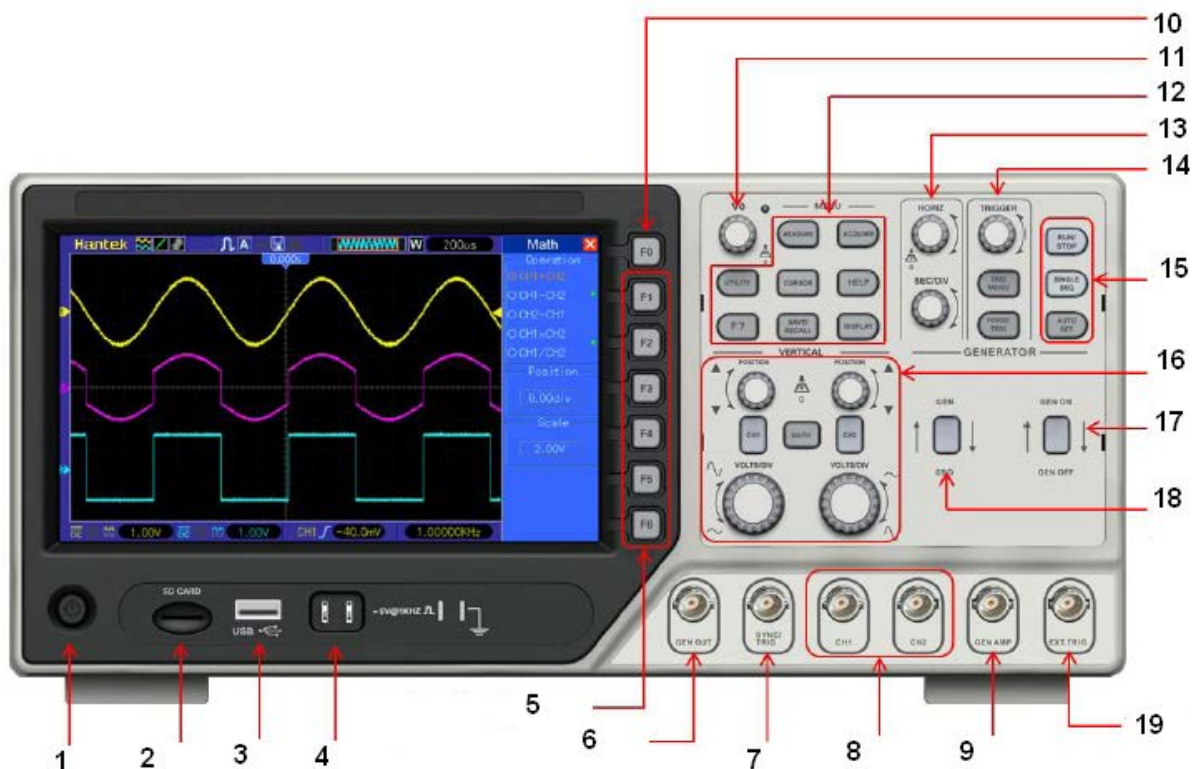


Рис. 1. Лицевая панель осциллографа

2 Управление осциллографом

Цифровой осциллограф включает в себя два аналоговых канала. Включение каждого из каналов производится нажатием клавиш “CH1” и “CH2” соответственно.

Масштабирование оцифрованного сигнала по оси ординат производится поворотом ручки «VOLTS/DIV».

Смещение оцифрованного сигнала по оси ординат производится поворотом ручки “Position”.

Масштабирование оцифрованного сигнала по временной оси производится поворотом ручки “SEC/DIV”.

2.1 Настройка аналоговых каналов

Перед началом измерений необходимо настроить каждый из аналоговых каналов.

- Выберите канал для настройки нажав клавишу “CH1” или “CH2”.
- Установите режим развязки по постоянному току клавишей “F1”.
“DC” – входной каскад не отсекает постоянное значение сигнала.
“AC” – входной каскад отсекает постоянное значение сигнала.
“GND” – входной каскад подключается к нулевому потенциалу.
- Установите коэффициент передачи измерительного щупа “Probe” нажатием клавиши “F4”.

*Если входной щуп не подключен, то необходимо установить значение “1x”.
Если входной щуп подключен, то необходимо установить значение указанное на измерительном щупе.*

- По требованию измените полярность входного сигнала нажатием клавиши “F5”.

2.2 Измерение параметров сигнала

Для каждого из аналоговых каналов доступен набор измерений основных параметров сигналов, таких как амплитуда, частота, период, размах, времени нарастания и время спада фронта и т.д.

- Нажмите клавишу “MEASURE”.
- Если требуемого параметра нет в текущих измерениях, то с помощью поворота ручки “V0” выберите параметр, который можно заменить и нажмите клавишу “F6”.
- С помощью поворота ручки “V0” выберите нужный параметр из списка и нажмите клавишу “F6”

2.3 Работа с курсорами

Для измерения нестандартных параметров сигнала осциллограф поддерживает работу с курсорами. Курсоры – это контрольные точки, с помощью которых можно анализировать простые параметры эпюр сигналов.

- Нажмите клавишу “CURSOR”.
- Установите тип курсора нажатием клавиши “F1”.
“Time” – измерение временных параметров.
“Voltage” – измерение электрических параметров.
“Track” – измерение временных и электрических параметров.
- Выберите канал для измерений нажатием клавиш “F2” и “F3”.
- Переключайтесь между курсорами нажатием клавиши “F4”.

2.4 Сохранение данных

Сохранение данных возможно на внешний носитель типа USB или SD Card.

- Подключите внешний носитель данных в соответствующий вход.
- Нажмите клавишу “SAVE/RECALL”.
- Выберите формат “CSV” нажатием клавиши “F3”.
- Выберите канал для сохранения нажатием клавиши “F1”.
- Выберите нужный тип внешнего носителя клавишей “F5”.
- Для сохранения данных в новый файл нажмите клавишу “F2”.
- Для изменения готового файла нажмите клавишу “F3”.
- Для удаления сохранённого файла нажмите клавишу “F4”.

Выбор файла производится поворотом ручки “V0”.

Если на внешнем носителе находится много файлов, то операционной системе осциллографа потребуется время для поиска свободного места и может появиться ошибка с записью. В этом случае попробуйте повторить последовательность действий со второго пункта через 1-2 минуты.

3 Управление генератором

Цифровой осциллограф содержит встроенный генератор стандартных сигналов. Формируемый сигнал воспроизводится на аналоговом выходе “GEN OUT”. Для настройки генератора необходимо на лицевой панели включить клавишу “GEN/DSO”.

3.1 Установка монохроматического сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “Sine” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите частоту сигнала нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
- Установите амплитуду сигнала нажав клавишу “F4”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

3.2 Установка пилообразного сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “Ramp” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите частоту сигнала нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
- Установите амплитуду сигнала нажав клавишу “F4”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите форму сигнала. Для этого перейдите на страницу настроек №2 нажав клавишу “F8”. Затем включаем настройки формы сигнала “Wave ramp” нажав клавишу “F3” и устанавливаем требуемое значение поворотом ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

3.3 Установка прямоугольного сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “Square” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите частоту сигнала нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
- Установите амплитуду сигнала нажав клавишу “F4”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите форму сигнала. Для этого перейдите на страницу настроек №2 нажав клавишу “F8”. Затем включаем настройки формы сигнала “Wave param” нажав клавишу “F3” и устанавливаем требуемое значение поворотом ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

3.4 Установка трапециевидного сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “Trape” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите частоту сигнала нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
- Установите амплитуду сигнала нажав клавишу “F4”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите форму сигнала. Для этого перейдите на страницу настроек №2 нажав клавишу “F8”. Затем включаем настройки формы сигнала “Wave param” нажав клавишу “F3” и устанавливаем требуемое значение поворотом ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

3.5 Установка постоянного сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “DC” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”. Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

3.6 Установка модулированного сигнала

- Перейдите в настройки генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.
- Выберите тип сигнала “AM/FM” на панели “Wave” с помощью клавиш “F1-F2”.
- Установите частоту сигнала нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
- Установите амплитуду сигнала нажав клавишу “F4”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите постоянное смещение сигнала нажав клавишу “F5”. Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Установите форму сигнала. Для этого перейдите на страницу настроек №2 нажав клавишу “F8”.
Выберите вид модуляции “AM/FM” нажатием клавиши “F1”.
Установите частоту модулирующего сигнала нажав клавишу “F2”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”, установка с помощью нажатия на ручку “V0”, а завершение установки с помощью выбора размерности Hz-MHz клавишами “F1-F3”.
Установите глубину модуляции нажав клавишу “F3”.
Смена значения производится с помощью поворота ручки “V0”.
- Включите генератор нажав клавишу “GEN ON / GEN OFF”.
- Выйдите из настроек генератора нажав клавишу “GEN/DSO”.

4 Открытие сохранённых данных в MathCAD

На рис. 2 изображён листинг программы в среде MathCAD, позволяющий открыть сохранённый файл с названием «WaveData350.csv» и отобразить его в декартовой системе координат.

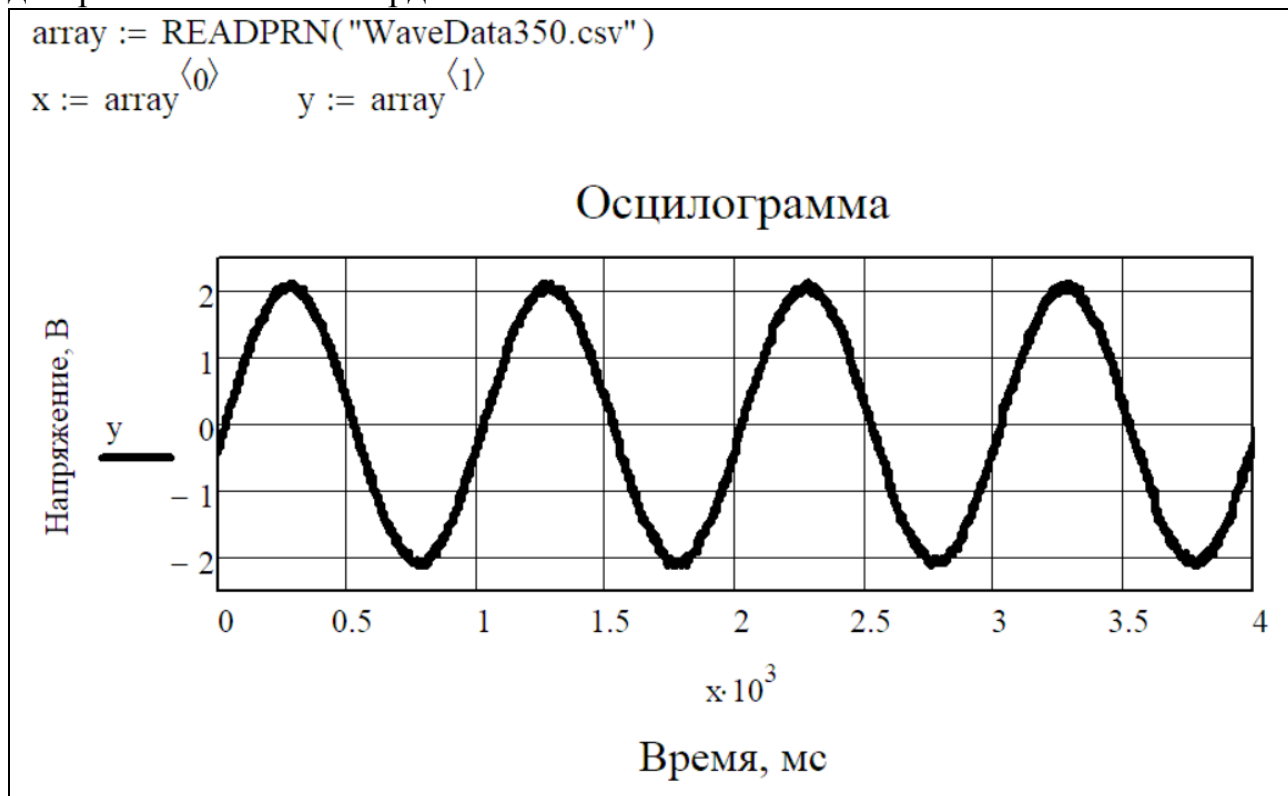


Рис. 2. Листинг программы

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ЛОЦМАН»

Универсальный лабораторный стенд «Лоцман» предназначен для выполнения лабораторных работ по теории электрических цепей.

Основная часть стенда – коммутационная панель, на которой размещены схемные элементы: резисторы (постоянные и переменные), конденсаторы, катушки индуктивности, трансформатор, диоды. Соединение элементов схем производится с помощью проводников со штекерами, подключаемыми к гнездам коммутационной панели. На передней панели расположены вольтметр и миллиамперметр постоянного тока, три регулируемых источника постоянного напряжения (0–5 В), генератор прямоугольных импульсов (длительность 1,5 мс), генератор коротких импульсов (длительность около 1 мкс). На стенде имеются гнезда для подключения генератора гармонических колебаний, вольтметров переменного напряжения и осциллографа.

Стенд питается от сети переменного напряжения 220 В, выключатель питания находится с задней стороны стенда.

Значения параметров схемных элементов приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
№ стенда	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
R_1, R_3 , кОм	3,3	3,6	3,6	2,2	2,0	3,0	3,6	2,0
R_2 , кОм	1,65	1,8	1,8	1,1	1,0	1,5	1,8	1,0
R_4, R_5 , кОм	1,2	1,2	0,91	1,0	0,82	0,75	0,68	0,91
R_6 , кОм	30							
R_7 , кОм	300							
R_8 , Ом	36							
C_1, C_2 , нФ	2,4	2,2	2,0	3,0	3,0	2,7	2,7	3,0
C_3 , нФ	4,8	4,4	4,0	6,0	6,0	5,4	5,4	6,6
C_4 , нФ	30	30	30	50	50	30	30	50
C_5 , нФ	1,0							
L_1, L_2 , мГн	1,77							