

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

Кафедра моделирования и системного анализа

Панов С.А.

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Томск
2015

Панов С.А. Теория информационных систем / Методические указания по выполнению лабораторных работ – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра моделирования и системного анализа, 2015. – 27 с.

© Панов С.А., 2015.

© ТУСУР, Кафедра моделирования и системного анализа, 2015.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	5
Лабораторная работа № 1. Решение задач в MatLab	5
Лабораторная работа № 2. Качественные методы системного анализа	9
Лабораторная работа № 3. Модулированные сигналы и их спектры.	14
Лабораторная работа № 4. Импульсные виды модуляции.....	18
Лабораторная работа № 5. Энтропия источника дискретных сообщений без памяти.....	22
Лабораторная работа № 6. Энтропия источника дискретных сообщений с памятью.....	25

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Теория Информационных Систем» (далее «ТИС») рассматривает теоретические основы описания информационных процессов и систем. Задача курса состоит в изучении теоретических основ анализа, синтеза и моделирования информационных процессов и систем.

Задачей настоящих методических указаний является помощь студентам очной формы обучения при изучении курса «Теория Информационных Систем».

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы, их наименование и объем в часах (16 часов)

Лабораторная работа № 1.(2 часа). Решение задач в математическом пакете MatLAB.

Лабораторная работа № 2.(4 часа). Качественные методы системного анализа.

Лабораторная работа № 3.(4 часа). Модулированные сигналы и их спектры.

Лабораторная работа № 4.(2 часа). Импульсные виды модуляции.

Лабораторная работа № 5.(2 часа). Энтропия источника дискретных сообщений без памяти.

Лабораторная работа № 6.(2 часа). Энтропия источника дискретных сообщений с памятью.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1. Решение задач в MatLab.

Цель лабораторной работы – закрепление практических навыков решения задач в среде математического пакета MatLab необходимых выполнения лабораторных работ по дисциплине.

Этап I. Решение уравнений в пакете MatLab

Запустить программу лабораторной работы MatLab. Получить задание на лабораторную работу. Например, необходимо найти точки пересечения графиков заданных уравнениями:

$$y_1(x) = 15.23 * x^2 + 76.6 * x - 48.2$$

$$y_2(x) = -8.2 * x - 85.4$$

Для решения задачи Вам необходимо понять сколько решений будет иметь данная система уравнений и их примерное значения. Для этого строим графики функций и примерно находим точки пересечений. Список команд MatLab приведен ниже:

$$x = -10 : 0.2 : 10;$$

$$y1 = 15.23 * x.^2 + 76.6 * x - 48.2;$$

$$y2 = -8.2 * x - 85.4;$$

$$plot(x, y1, x, y2)$$

Результат выполнения команд, показан на рис. 1.1.

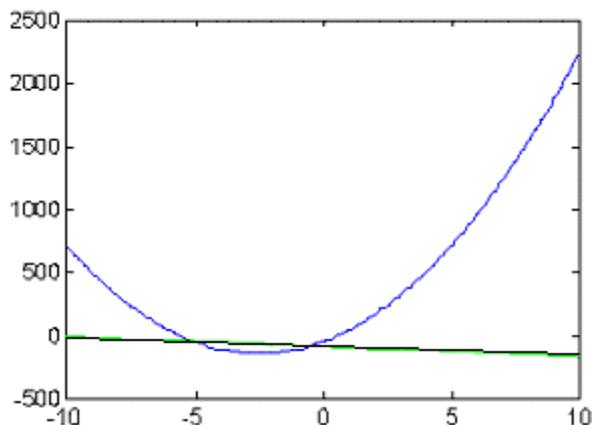


Рис. 1.1. Результаты графического решения

По графикам 1.1, определяем что система имеет две точки пересечений, их примерные значения $x_1 = -5$, $x_2 = -0.5$.

Для более точного решения необходимо воспользоваться функцией `fsolve()`:

$$a(1) = fsolve('15.23 * x^2 + 76.6 * x - 48 - (-8.2x - 85.4)', -5),$$

$$a(2) = fsolve('15.23 * x^2 + 76.6 * x - 48 - (-8.2x - 85.4)', -0.5)$$

Для автоматической проверки массив a записывается на диск:

`save a d:\stud\result.mat –double.`

Ключ – *double* указывает формат сохранения чисел, необходимый для контролирующей программы.

После этого в контролирующей программе нажимаем кнопку проверить и выбираем файл с сохраненными результатами. В случае если ответ совпадет с заранее известным программе, то программа пишет сообщение о выполнении первого этапа.

Кроме этого Вам предоставляется возможность посмотреть правильный ответ, и сравнить с введенным. Но при этом Вам придется решать новую систему.

Этап II. Моделирование преобразований сигналов

На втором этапе выполнения лабораторной работы Вам необходимо смоделировать преобразование сигнала нелинейным элементом, предложенным контролирующей программой.

Например Вам необходимо пропустить сигнал вида через нелинейный элемент заданный вольт–амперной характеристикой представленной на рис. 1.2.

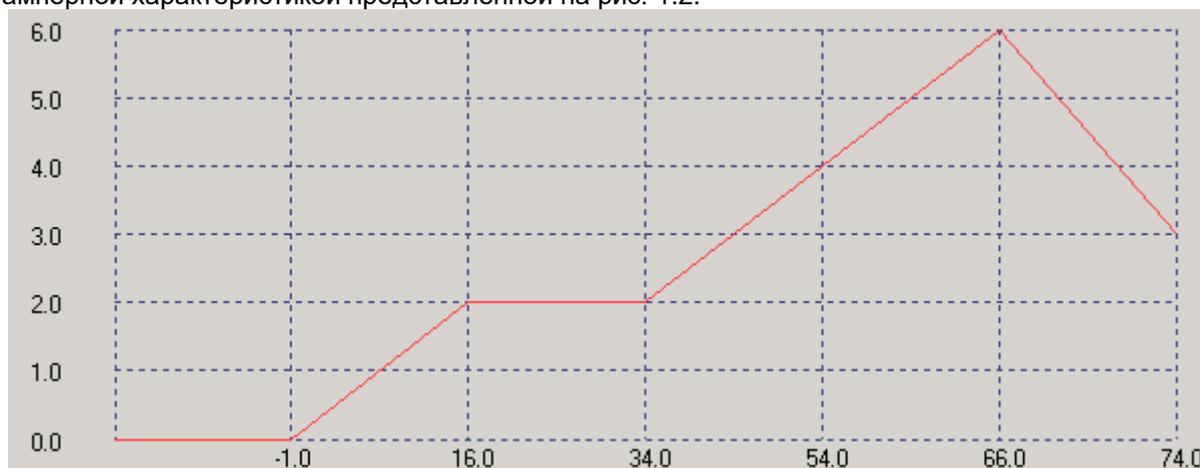


Рис.

1.2. Заданная вольт–амперная характеристика нелинейного элемента

По заданному виду нелинейного элемента необходимо составить блок–схему функции преобразования отсчетов сигнала. Для примера, приведенного на рис. 1.2, блок–схема будет иметь вид (рис. 1.3).

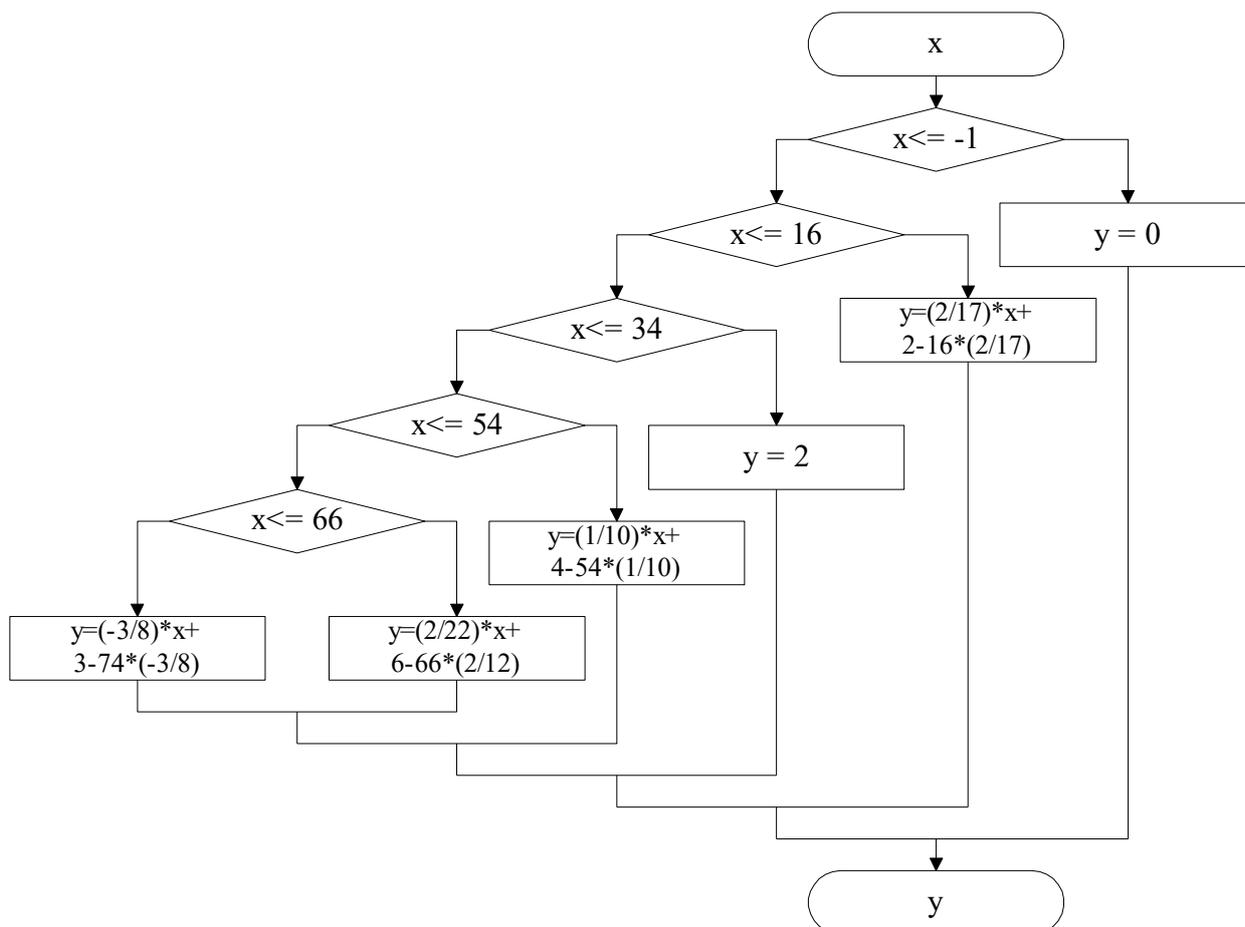


Рис. 1.3. Блок-схема функции моделирования нелинейного элемента

По блок-схеме составляем функцию MatLab:

```
function y=func(x)
if( x<=-1 )
    y = 0 ;
else
    if( x<=16 )
        y = (2/17)*x+(2-16*2/17) ;
    else
        if( x<=34 )
            y = 2 ;
        else
            if( x<=54 )
                y = (1/10)*x+(4-54*(1/10)) ;
            else
                if( x<=66 )
                    y = (2/12)*x+(6-66*2/12) ;
                else
                    y = (-3/8)*x+(3-74*(-3/8)) ;
                end
            end
        end
    end
end
end
end
```

Функция должна быть сохранена в текстовом файле. Имя файла должно совпадать с именем функции, расширение должно быть 'M'.

Для того что бы файл мог быть вызван из MatLab, он должен быть сохранен в каталоге, к которому проложен путь в среде MatLab. Список всех путей можно получить с помощью команды **path**. С помощью этой же команды можно добавить свой каталог к маршрутам поиска:

path(matlabpath, 'новый каталог').

Для проверки работы созданной функции, рекомендуется вызвать ее несколько раз, передав в качестве аргументов значения узловых точек: func(16) и сравнить полученные значения с ожидаемыми по вольт–амперной характеристике.

Если функция работает правильно, то создаем массив, содержащий заданный входной сигнал.

```
T0 = 36.7 ;
```

```
Tmax = 57.3 ;
```

```
N = 450 ;
```

```
dt = (Tmax-T0)/(N-1) ;
```

```
T = T0 : dt : Tmax ;
```

```
U=34+33*sin(15*T+0.4) ;
```

Пропускаем полученный сигнал через нелинейный элемент:

```
for i = 1 : N
```

```
    Y(i) = func( U(i) );
```

```
end
```

Строим графики входного и выходного сигналов. Рекомендуется также по сигналам восстановить вольт–амперную характеристику и сравнить ее с заданной:

```
plot( T, U, T, Y )
```

```
plot( U, Y )
```

Если Вы уверены что сделали задание правильно, то необходимо сохранить массив с выходным сигналом в файле и проверить его с помощью контролирующей программы:

```
save d:\stud\result2.mat Y
```

В контролирующей программе Вы можете сравнить Ваши результаты с результатами ожидаемыми компьютером, но в этом случае Вам придется выполнять новое задание.

Лабораторная работа № 2. Качественные методы системного анализа

Цель работы – исследование качественных методов исследования систем.

Качественные методы системного анализа применяются, когда отсутствуют описания закономерностей систем в виде аналитических зависимостей.

Методы типа мозговой атаки. Методы этого типа известны также под названиями «мозговой шторм», «конференция идей», а в последнее время наибольшее распространение получил термин «коллективная генерация идей».

Суть мозговой атаки:

- обеспечить как можно большую свободу высказывания новых идей;
- приветствуются любые идеи, если вначале они кажутся сомнительными или абсурдными;
- не допускается критика, не объявляется ложной и не прекращается обсуждение ни одной идеи;
- желательно высказывать как можно больше идей, особенно нетривиальных.

Метод сценария. Метод предполагает подготовку документа содержащего анализ рассматриваемой проблемы или предложения по ее решению. Сценарий помогает составить представление о проблеме, а затем приступить к более формализованному представлению системы.

Метод экспертных оценок. При использовании экспертных оценок предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта.

При обработке результатов коллективной экспертной оценки используются методы теории ранговой корреляции. Для количественной оценки степени согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации:

$$W = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)},$$

где

$$d = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m r_{ij} - 0.5m(n+1) \right]^2$$

m — количество экспертов, $j = \overline{1, m}$; n — количество рассматриваемых свойств, $i = \overline{1, n}$; r_{ij} — место, которое заняло i -е свойство в ранжировке j -м экспертом; d_i — отклонение суммы рангов по i -му свойству от среднего арифметического сумм рангов по n свойствам.

Коэффициент конкордации W ($0 \leq W \leq 1$) позволяет оценить, насколько согласованы оценки экспертов. Значение $W = 0$ означает полную противоположность, а $W = 1$ — полное совпадение оценок всех экспертов. Хорошим считается результат $W = 0,7 \dots 0,8$.

Согласованность показаний экспертов может быть оценена с помощью коэффициента ранговой корреляции:

$$\rho_{AB} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \psi_i^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - \frac{1}{n}(T_A + T_B)},$$

где ψ_i — разность величин рангов оценок i -го свойства, назначенных экспертами А и В: $\psi_i = |R_{A_i} - R_{B_i}|$; T_A, T_B — показатели связанных рангов оценок экспертов А и В.

Коэффициент парной ранговой корреляции принимает значения $-1 \leq \rho \leq +1$. Значение $\rho = +1$ соответствует совпадению оценок двух экспертов, а $\rho = -1$ — противоположным мнениям экспертов.

Метод «Дельфи». Метод «Дельфи» предполагает отказ от коллективных обсуждений. Это делается с целью уменьшить возможное влияние наиболее авторитетных специалистов на мнение

остальных участников опроса. Обычно опросы в этом методе проводятся в виде анкетирования, без знания результатов остальных участников опроса.

Данная процедура повторяется многократно, до достижения требуемой согласованности мнения.

Порядок выполнения лабораторной работы

Этап I

В качестве первого этапа выполнения лабораторной работы предлагается реализовать данные вычисления в Ms Excel. Пример выполнения задания приведен в листинге 2.1.

Листинг 2.1. Реализация метода экспертных оценок в Ms Excel

	B	C	D	E	F	G
3	Как провести выходные?					
4	Мнения экспертов					
5	Свойство	Андрей	Кирилл	Татьяна	Ср.кв.откл.	
6	Сходить на выставку	2	1	2	49	
7	Поехать за город	1	2	3	36	
8	Съездить в Финляндию	3	3	1	25	
9	Устроить субботник	4	4	4	0	
10	Отсыпаться весь день	7	7	5	49	
11	Зубрить ТИПС	6	6	6	36	
12	Ничего не делать	5	5	8	36	
13						
14		n	7	m	3	
15		d	231			
16						
17						
18						
19	Коэффициент конкодации W	0,92	Веса экспертов			
20	W=0 - полное несовпадение		T1	1		
21	W=1 - полное совпадение		T2	1		
22	W=0,7..0,8 - достоверные оценки		T3	1		
23						
24						
25	Коэффициент парной ранговой корреляции					
26	Эксперты	Андрей	Кирилл	Татьяна		
27	Андрей	нет	0,964286	0,625		
28	Кирилл	0,964286	нет	0,660714		
29	Татьяна	0,625	0,660714	нет		
30						
31						
32	r=+1 - полное совпадение					
33	r= -1 - полная противоположность					
34						
35		Рабочий массив				
36		1-й и 2-й	2-й и 3-й	1-й и 3-й		
37		1	1	0		
38		1	1	4		
39		0	4	4		
40		0	0	0		
41		0	4	4		
42		0	0	0		
43		0	9	9		
44	Сумма столбца	2	19	21		

В листинге 1.1 используются следующие формулы Ms Excel для организации вычислений:

G6=СТЕПЕНЬ(СУММ(C6:E6)-0,5*\$E\$14*((\$C\$14+1);2)

C15=СУММ(G6:G12)

C18=12*C15/(СТЕПЕНЬ(\$E\$14;2)*(СТЕПЕНЬ(\$C\$14;3)-\$C\$14

C35=СТЕПЕНЬ(C6-D6;2)

E26=1-E42/((СТЕПЕНЬ(\$C\$14;3)-\$C\$14)/6-(E19-E21)/\$C\$14)

Формулы для вычисления смежных ячеек формируются аналогично. Символ \$ в именах ячеек Ms Excel означает использование абсолютного имени ячейки.

Дополнительное задание для второго этапа – организовать проверку правильности ввода исходных данных.

Этап II. Выбор регулятора для системы управления электроприводом

На втором этапе выполнения лабораторной работы рассмотрим систему управления электроприводом [1]. Система управления имеет два контура обратной связи. Второй контур управления начинает работать, в случае если контролируемая координата стремится превысить предельно допустимое значение.

Структурная схема модели системы управления приведена на рис.2.2.а., на рис. 2.2.б приведен вид нелинейного элемента.

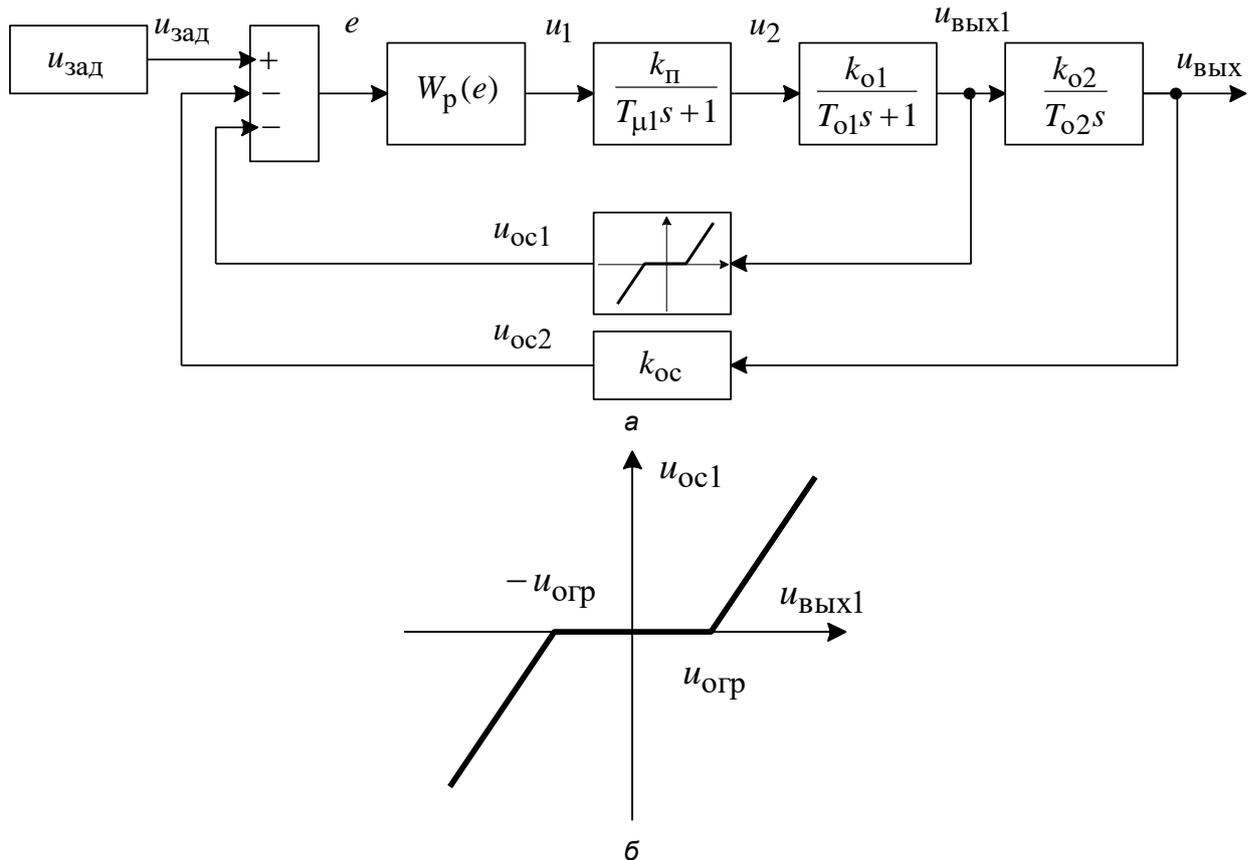


Рис. 2.2. Структурная схема и вид нелинейного элемента модели системы управления электроприводом

Без регулятора процесс на выходе системы имеет вид представленный на рис. 2.3.а, и не отвечает требованиям по времени регулирования, перерегулированию и виду переходного процесса.

Экспериментально выбирая параметры регулятора, заданного в виде $W_p = \frac{k_p}{T_p s + 1}$,

формируем значения ячеек табл. 2.1 (время регулирования и величина перерегулирования), сохраняя наиболее интересные графики (рис.2.3.б).

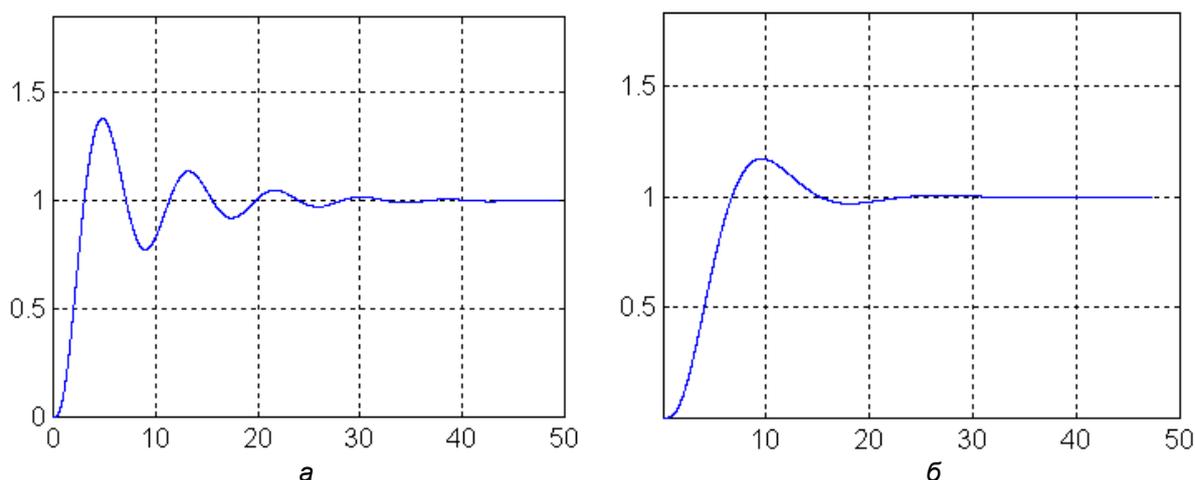


Рис. 2.3. Вид переходного процесса на выходе системы регулирования электропривода: а – без регулятора, б – с регулятором

Таблица 2.1. Экспериментальный выбор параметров регулятора

	Время регулирования t , с / перерегулирование σ , % вид переходного процесса				
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
k_p / T_p					
k_1	t_1/σ_1 рис. ...	t_2/σ_2 рис. ...	t_3/σ_3 рис. 1.2.б	t_4/σ_4 рис. ...	t_5/σ_5 рис. ...
k_2	t_6/σ_6 рис. ...	t_7/σ_7 рис. ...	t_8/σ_8 рис. ...	t_9/σ_9 рис. ...	t_{10}/σ_{10} рис. ...

На основании полученных экспериментальных данных, осуществляем выбор регулятора для системы управления электроприводом методом мозговой атаки.

Порядок выполнения II этапа лабораторной работы

1. Подготовка к выполнению лабораторной работы. Произвести исследование модели системы управления электроприводом, представленной на рис. 1.1 и параметрами элементов, соответствующего варианту задания, из табл. 1.2.

2. Собрать данные, полученные отдельными участниками бригады в сводную таблицу, аналогичную табл. 1.1.

3. Внести лучшие варианты, в таблицу программы MSExcel. Сформировать текстовый файл, с обоснованием лучших вариантов, предлагаемых участниками бригады.

4. Произвести голосование экспертов (участников бригады). Произвести обработку результатов аналогичную выполненной в I этапе выполнения лабораторной работы. Осуществить выбор лучшего варианта.

Исследовать влияния веса экспертов. Для этого предлагается выбрать весовые коэффициенты экспертов на основании их оценок по профильным дисциплинам.

Варианты параметров модели системы управления электроприводом

Варианты параметров модели системы управления электроприводом приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Параметры модели системы управления электроприводом

№ варианта	k_{Π}	$T_{\mu 1}$	k_{o1}	T_{o1}	k_{o2}	T_{o2}	$U_{огр}$	k_{oc}
1	1	2	1	4	1	5	0,5	1,5
2	2	1	1	3	1	6	0,6	1,5
3	1,5	3	1	2	1	6	0,7	1,5
4	0,5	5	1	1	0,5	4	0,7	1

5	1	1	2	4	0,5	3	0,4	1
6	2	3	2	3	0,5	5	0,6	1
7	1,5	5	2	2	1,5	4	0,7	0,5
8	0,5	4	2	1	1,5	4	0,8	0,5

Содержание отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Постановку проблемы и сценарии предлагаемых решений.
2. Распечатку документа Ms Excel с результатами голосования экспертов и расчетов.
3. Выводы о результатах голосования экспертов и согласованности их мнений.
4. Выводы о влиянии весового коэффициента экспертов на результаты голосования.

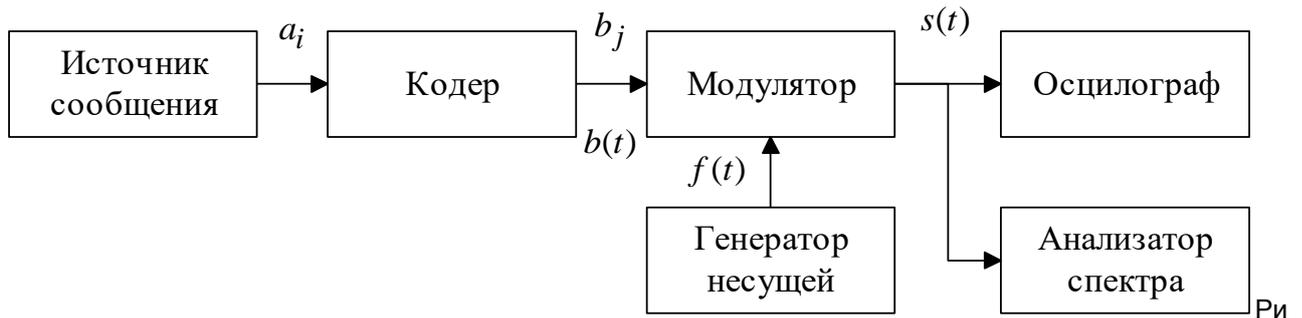
Содержание отчета по III этапу выполнения лабораторной работы

Отчет по III этапу должен содержать:

1. Описание и структурную схему исследуемой модели.
2. Результаты подбора регулятора, графики и таблицу, аналогичную табл. 2.1.
3. Обоснование лучшего варианта регулятора, с точки зрения каждого из участников бригады.
4. Результаты проведения мозгового штурма: голосования экспертов, коэффициент конкордации W , коэффициенты ранговой корреляции участников голосования.
5. Результаты проведения мозгового штурма, с учетом веса экспертов. Выводы о разнице результатов.
6. Выбор регулятора для системы управления электроприводом.
Выводы по работе.

Лабораторная работа № 3. Модулированные сигналы и их спектры.

В лабораторной работе исследуются виды модуляции сигналов. Схема объекта исследования приведена на рис. 3.1.



с. 3.1. Схема исследуемой системы связи

Сигнал $b(t)$, вырабатываемый источником, как правило, не может эффективно передаваться по системам связи. В таких случаях для передачи первичного сигнала выбирается сигнал, хорошо передающийся по каналам связи, параметры которого меняются в зависимости от первичного сигнала.

Чаще всего в качестве вторичного сигнала выбирается гармонический сигнал $f(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Кроме того, такой способ позволяет передавать по одному каналу связи сразу несколько первичных сигналов.

В зависимости от изменяемого параметра гармонического сигнала разделяют следующие виды модуляции.

Амплитудная модуляция (АМ). В АМ изменяется амплитуда несущего сигнала:

$$u_{\text{ам}}(t) = (U_0 + k_{\text{ам}} b(t)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где U_0 – составляющая вторичного сигнала, соответствующая нулевому значению первичного сигнала; $k_{\text{ам}}$ – коэффициент амплитудной модуляции.

Значение коэффициента амплитудной модуляции выбирается из значения коэффициента модуляции m :

$$m = \frac{k_{\text{ам}} |b(t)|_{\text{max}}}{U_0} \leq 1.$$

Чаще всего коэффициент модуляции выражается в процентах, величина $m \cdot 100\%$ называется глубиной АМ модуляции.

Частотная модуляция (ЧМ). В ЧМ сигнале, при постоянной амплитуде изменяется частота сигнала

$$u_{\text{чм}}(t) = U_0 \cos((\omega_0 + k_{\text{чм}} b(t))t + \varphi_0).$$

Диапазон изменения $b(t)$ называют полосой качания частоты.

Фазовая модуляция (ФМ). При малых значениях полосы качания частоты сигнал с МЧ похож на сигнал с ФМ. В ФМ в зависимости от первичного сигнала меняется фаза вторичного сигнала

$$u_{\text{фм}} = U_0 \cos(\omega_0 t + k_{\text{фм}} b(t)).$$

Порядок выполнения лабораторной работы

Этап I

Запустить программу MatLab, ввести сообщение $\{a_i\}$. Исследовать влияние выбора алфавита кодера k на вид сообщения кодера и длину его блока n .

Выбирая различные символы исходного сообщения $\{a_i\}$, изучить соответствие сигнала $b(t)$, последовательности с выхода кодера $\{b_j\}$ длиной n символов вторичного алфавита.

Рассмотреть соответствие сигнала $b(t)$ его спектральному представлению.

Исследовать различные виды модуляции первичного сигнала. Параметры несущего сигнала выбираются по заданию преподавателя.

Выбрать оптимальное значение коэффициента модуляции, для всех рассмотренных видов модуляции, считая типичным передаваемую последовательность символов первичного источника.

Сделать выводы об оптимальном виде модуляции для сообщений данного типа.

Построить графики исходного и модулированных сигналов. Для примера на рис. 3.2 приведены графики прямоугольного сигнала и сигнала с амплитудной модуляцией.

Рассчитать спектры сигналов. Для этого необходимо воспользоваться функцией вычисления быстрого преобразования Фурье (БПФ) – `fft()`.

Формат вызова функции:

$y = \text{fft}(x)$, где x – массив вещественных чисел длиной $n = 2^m$ элементов. Функция возвращает массив комплексных чисел, организацию которых иллюстрирует рис. 3.3.

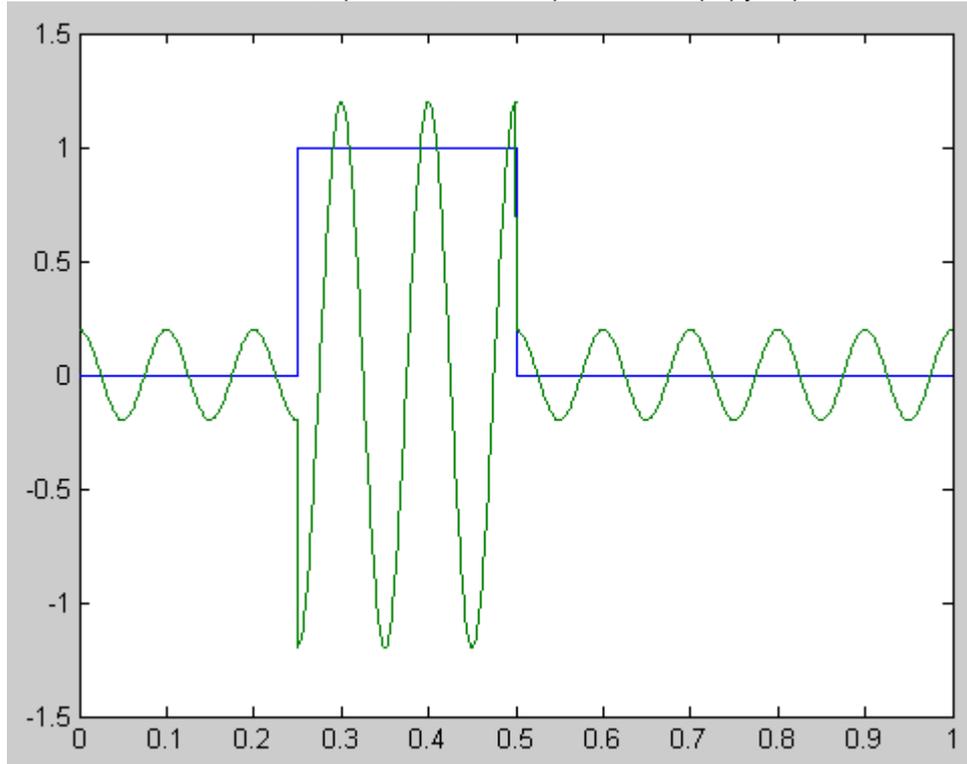
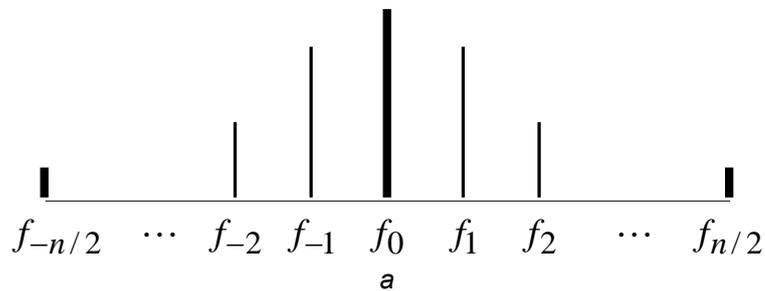


Рис. 3.2. Исходный сигнал и сигнал с амплитудной модуляцией



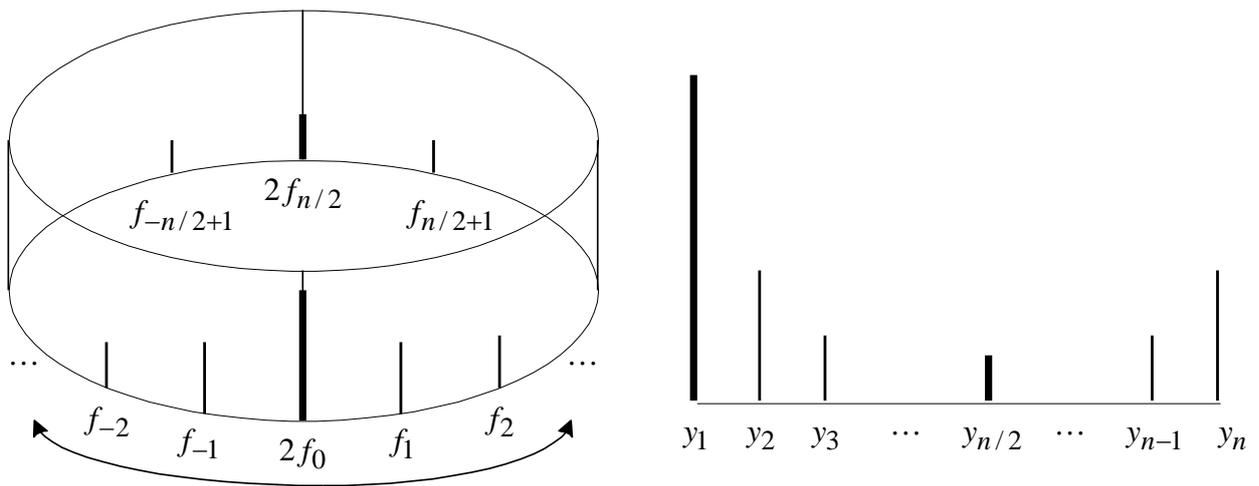


Рис. 3.3. Иллюстрация к расчету спектра с помощью БПФ
 а – ожидаемый вид спектра, б – форма вычисленного с помощью БПФ,
 в – хранение отсчетов спектра после выполнения функции fft()

Функция БПФ возвращает n комплексных точек спектра. Число n соответствует числу точек исходного сигнала и должно равняться $n = 2^m$. Однако, в силу специфики работы БПФ данный массив имеет особенности организации представленные на рис. 3.4. Ожидаемый нами спектр сигнала (рис. 3.4.а) записывается в массив по кругу (рис. 3.4.б), при этом постоянная составляющая и гармоника частоты с номером $n/2$ складываются и записываются дважды. Кроме того, в каждом отсчете значений спектра сигнала полученного с помощью БПФ будет присутствовать множитель равный $n/2$.

Таким образом, для построения вещественной части сигнала необходимо:

1. разделить все отсчеты спектра полученного с помощью функции БПФ на $n/2$:
 $y = \text{fft}(x); y = y/(n/2);$
2. разделить нулевую и последнюю спектральные составляющие на 2:
 $y(1) = y(1)/2; y(n/2) = y(n/2)/2;$
3. получить вещественную часть спектра $yf = \text{abs}(y);$
4. вывести первые $n/2$ отсчетов спектра $\text{plot}(yf(1:n/2)).$

Результат выполнения данных операция для сигналов, представленных на рис. 3.3 показан на рис. 3.5.

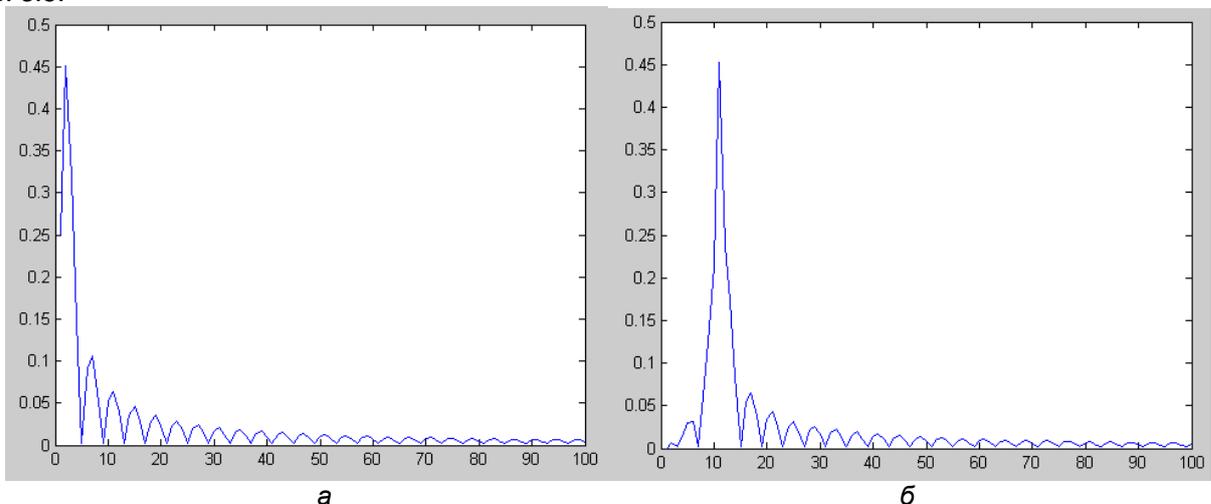


Рис. 3.4. Спектр исходного (а) и спектр сигнала с амплитудной модуляцией (б)
 Внешний вид спектров, представленных на рис. 3.2 и рис. 3.4 отличается.

Для построения сигналов с балансными видами модуляции Вам придется составить сигнал из спектральных составляющих в соответствии с рис. 2.5. Для этого необходимо обнулить одну из половин спектра сигнала с амплитудной модуляцией.

Формула для восстановления сигнала по его спектру может быть записана следующим образом:

$$z(t) = \sum_{i=1}^{n/2} \text{abs}(y(i)) * \cos(2\pi \frac{1}{Ta} (i-1)t + \text{angle}(y(i))),$$

где функция $\text{angle}()$ – возвращает аргумент комплексного числа. Кроме того, в формуле используется: Ta – время анализа (в лабораторной работе предполагается 1 мс.; i – номер спектральной составляющей, так как нумерация элементов в массиве MatLab осуществляется с 1, то в формуле используется значение $(i - 1)$).

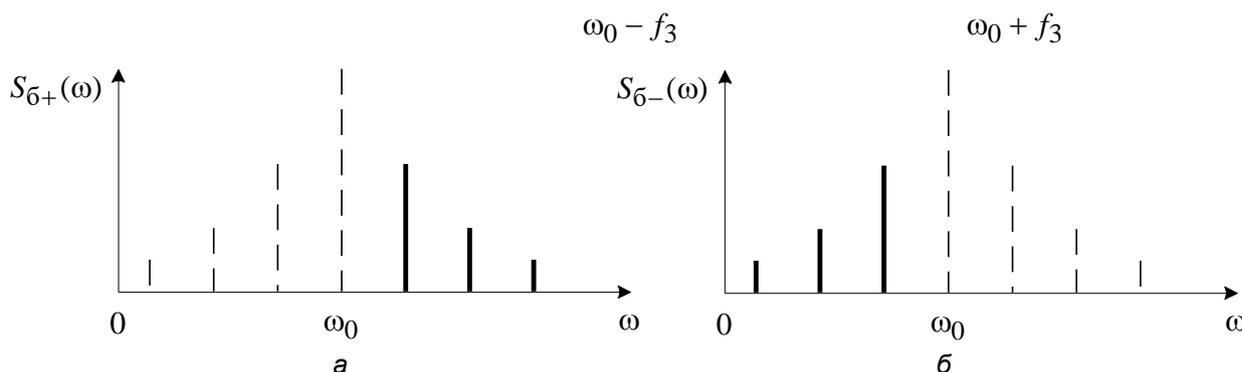


Рис. 3.5. Спектры сигналов с верхней (а) и нижней (б) балансной модуляцией

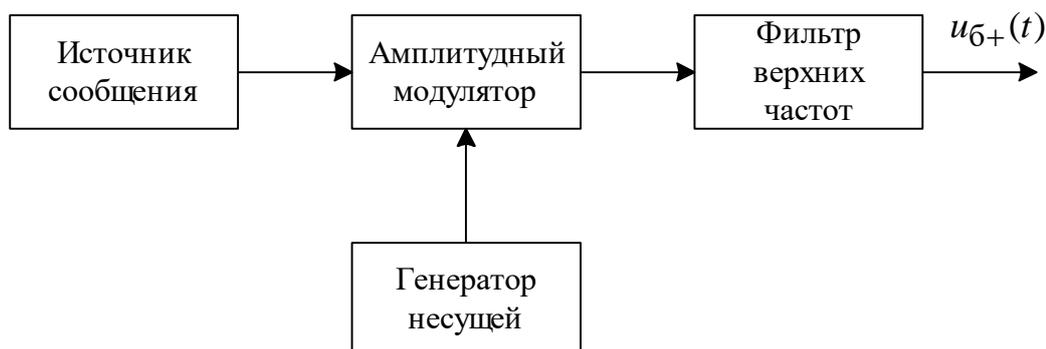


Рис. 3.6. Схема формирования сигналов с балансной модуляцией

Содержание отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Кодирование символов исходного сообщения a_i в виде последовательности символов вторичного алфавита $\{b_j\}$ и вид соответствующих им сигналов $b(t)$.
2. Внешний вид сигналов с использованием различных видов модуляции и их спектры, полученные для характерного участка сигнала передаваемого сообщения.
3. Выбор оптимальных параметров несущего сигнала и коэффициентов модуляции.
4. Листинг сеанса MatLab и внешний вид сигналов и их спектров для выбранных оптимальных параметров.
5. Выводы о лучшем, для Вашего сообщения способа модуляции.

Лабораторная работа № 4. Импульсные виды модуляции

В лабораторной работе исследуются импульсные виды модуляции.

В качестве несущей, кроме гармонического сигнала, могут использоваться и другие несущие – например, последовательность импульсов. На рис. 4.1 показаны параметры импульса, на изменении которых, возможно построение импульсных видов модуляции.

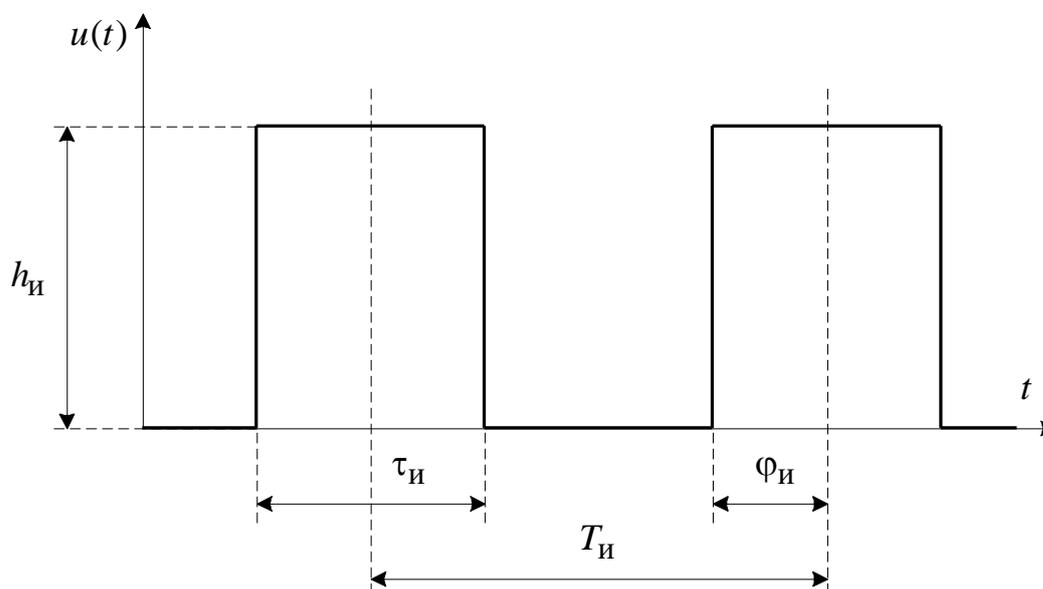


Рис. 4.1. Способы формирования импульсной модуляции

На рис. 4.2 представлен первичный сигнал $b(t)$ преобразованный с помощью различных видов импульсной модуляции. Сигнал $u_{\text{АИМ}}(t)$ получен с использованием амплитудно–импульсной модуляции (АИМ). В АИМ амплитуда импульсов (параметр h) изменяется в зависимости от значений первичного сигнала $b(t)$: $h = k_{\text{АИМ}}b(t) + h_0$.

В широтно–импульсной модуляции (ШИМ), представленном на рис.4.2 под названием $u_{\text{ШИМ}}(t)$ в зависимости от значений сигнала $b(t)$ изменяется ширина импульса, обозначенная на рис. 4.1 как $\tau_{\text{И}}$, $\tau_{\text{И}} = k_{\text{ШИМ}}b(t) + \tau_0$.

Сигнал $u_{\text{ФИМ}}(t)$ изображенный на рис. 4.2 получен с использованием фазо–импульсной модуляции (ФИМ). В ФИМ фаза импульса, обозначенная как $\varphi_{\text{И}}$ изменяется в зависимости от первичного сигнала: $\varphi_0 = k_{\text{ФИМ}}b(t) + \varphi_0$.

В частотно–импульсно модулированном (ЧИМ) сигнале $u_{\text{ЧИМ}}(t)$ частота импульсов зависит от значения первичного сигнала $b(t)$. На рис. 4.1 частоте импульсов соответствует обратное значение периода $T_{\text{И}}$, $T_{\text{И}} = \frac{k_{\text{ЧИМ}}}{b(t) + k_0}$.

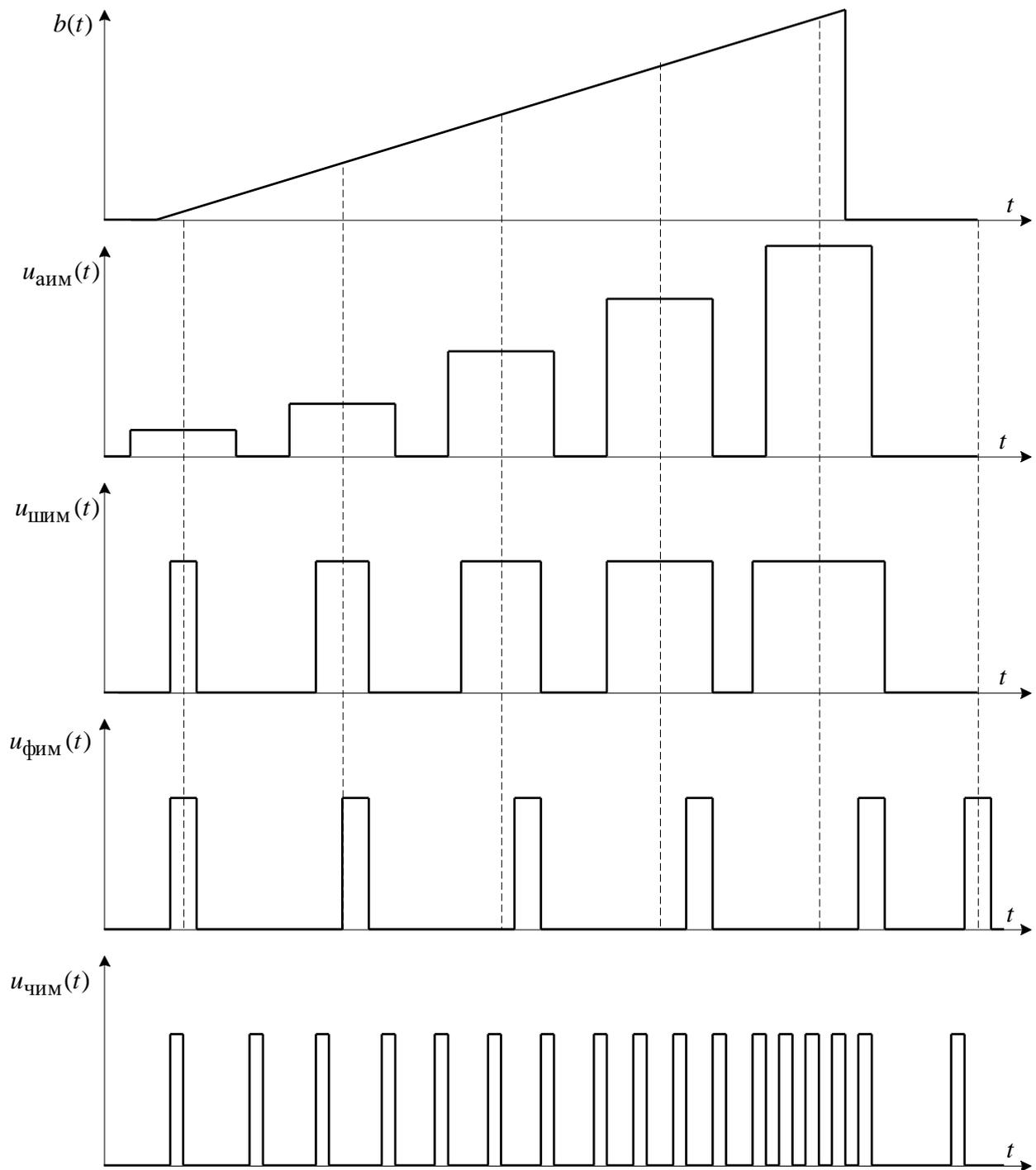


Рис. 4.2. Иллюстрация импульсных видов модуляции

Прямая посылка сигналов с импульсной модуляцией часто бывает не эффективной. В импульсных системах связи чаще всего кроме импульсной модуляции используется вторичная модуляция. Структурная схема импульсной системы связи приведена на рис. 4.3.



Рис. 4.3. Структурная схема передающей части импульсной системы связи

В качестве первичной импульсной модуляции на рис. 4.4 используется амплитудно–импульсная модуляция, в качестве вторичной модуляция используется амплитудная модуляция.

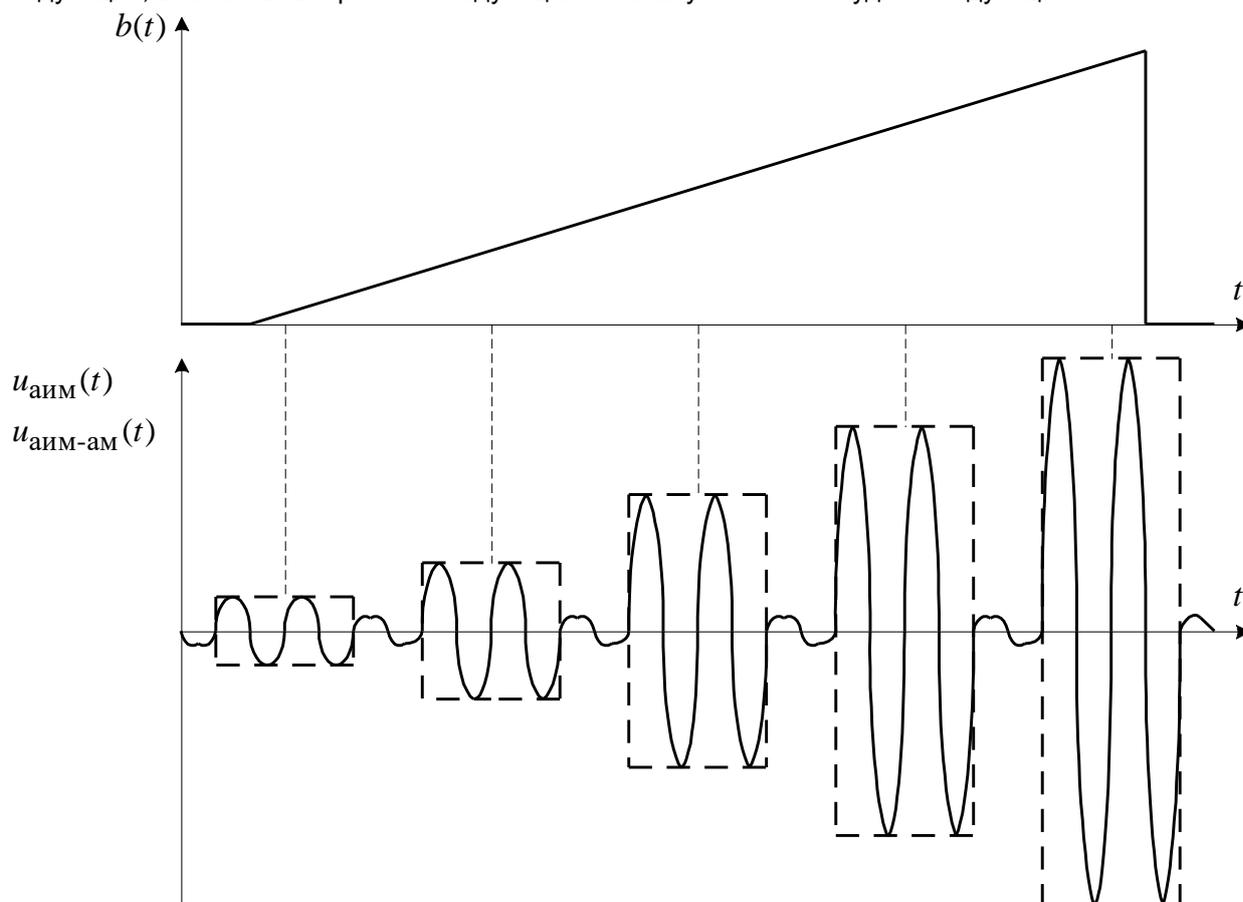


Рис. 4.4. Сигнал передача исходного сигнала с использованием в качестве первичной амплитудно–импульсной и вторичной амплитудной модуляции

Выполнение лабораторной работы

Исследовать импульсные виды модуляции.

Входной сигнал задается графически, выбором узловых точек кусочно-линейного сигнала $b(t)$.

Исследовать соответствие исходного и модулированных сигналов.

Исследовать влияние параметров импульсного несущего сигнала и коэффициентов импульсной модуляции на форму модулированных сигналов.

Построить сигналы в математическом пакете MatLab.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Внешний вид исходного сигнала $b(t)$ и рассматриваемых в программе импульсных видов модуляции.

2. Выводы о влиянии коэффициентов импульсной модуляции.
3. Листинг сессии MatLab и результаты построения сигналов.

Лабораторная работа № 5. Энтропия источника дискретных сообщений без памяти

В лабораторной работе исследуется энтропия источника дискретных сообщений без памяти и двоичного кодирующего устройства на основе кода Windows 1251. Схема исследуемого устройства приведена на рис. 5.1.

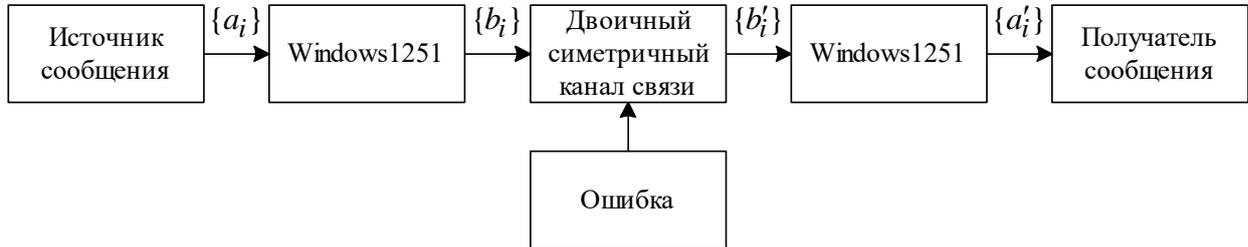


Рис. 5.1. Схема лабораторной работы

Мера информации содержащийся в сообщении $\{a_i\}$ оценивается как:

$$H(A) = - \sum_{i=1}^k P(a_i) \log(P(a_i)).$$

Максимальное значение $H(A)$ будет принимать если $P(a_i) = \frac{1}{k}, i = 1..k$, в этом случае

$$H(A) = H(A)_{\max} = - \sum_{i=1}^k \frac{1}{k} \log\left(\frac{1}{k}\right) = \log(k) \quad (2.11)$$

Для источника дискретных сообщений вводится понятие избыточности источника:

$$p_{\text{и}} = 1 - \frac{H(A)}{H(A)_{\max}}, \quad (2.12)$$

$p_{\text{и}}$ является безразмерной величиной в пределах [0..1].

Для определения предельных характеристик дискретных каналов связи К.Шенноном была введена величина названная пропускной способностью канала связи C

$$C = \nu_K \max(H(B) - H(B/B')) = \nu_K \max(H(B') - H(B'/B)). \quad (2.24)$$

$$0 \leq C \leq \nu_K \log(m)$$

При полностью независимых входе и выходе канала связи (канал связи полностью забит помехами) $C = 0$. Максимальное значение $C = \nu_K \log(m)$, получается если в канале связи нет помех $H(B/B') = 0$ и $H(B) = H(B)_{\max} = \log(m)$.

Например, в случае двоичного дискретного канала связи ($m = 2$), при заданной вероятности ошибки в канале p , пропускная способность будет равна

$$C = \nu_K (\log(2) + (1-p) \log(1-p) + p \log(p)).$$

График нормированной пропускной способности канала связи представлен на рис. 5.2.

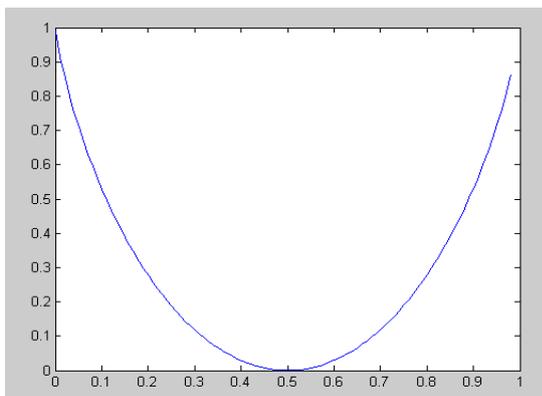


Рис. 5.2. График зависимости нормированной пропускной способности двоичного дискретного канала связи от вероятности ошибки в канале связи

Из рис. 5.2 видно что пропускная способность канала связи максимальная в случае если ошибок в канале связи нет $p = 0$, или в случае если $p = 1$, то есть каждый передаваемый символ меняется на противоположное значение (фактически канал связи работает в качестве инвертора). Если $p = 0,5$ – вероятность приема символа не зависит от того какой символ передает источник сообщения и в этом случае пропускная способность канала связи $C = 0$.

Выполнение лабораторной работы

Составить программу вычисления энтропии, максимальной энтропии и избыточности источника дискретных сообщений по введенным данным.

Для ввода строки в MatLab, рекомендуется использовать функцию `input()` с ключом 's':

```
S=input('введите строку','s');
```

Добавление к строке значения 0 позволяет получить массив со значениями кодов символов строки. Размерность массива вычисляется с помощью функции `size()`.

В программе представленной на блок–схеме рис. 5.3, в массиве P вычисляется вероятность появления символа. Номер элемента массива соответствует при этом коду символа. При вычислении меры информации, содержащийся в каждом символе на блок–семе показан обход ситуации при которой $P_i = 0$, приводящий к аварийному завершению программы (попытка вычисления $\log(0)$).

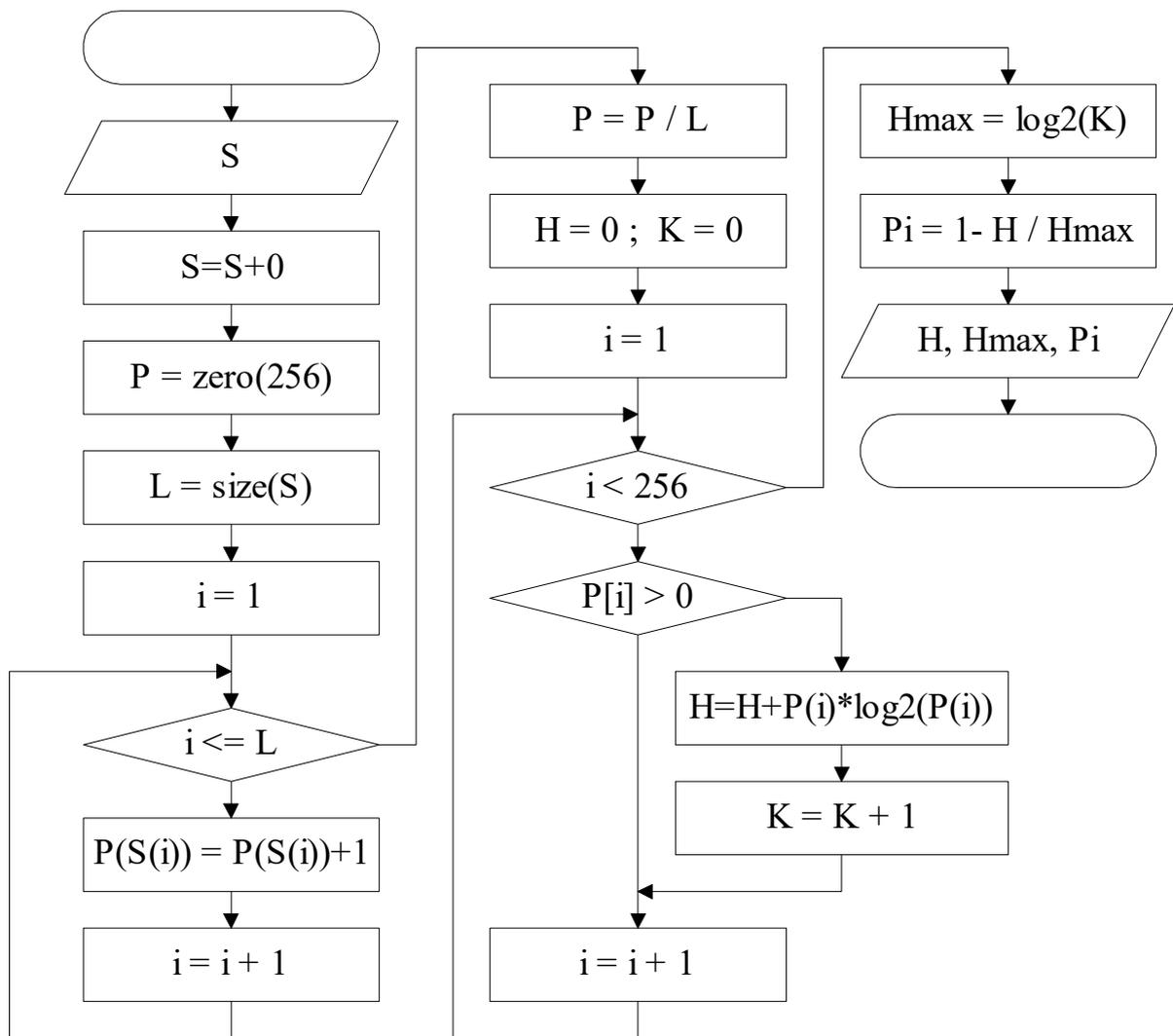


Рис. 5.3. Блок–схема алгоритма вычисления информационных характеристик источника дискретных сообщений без памяти

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Алгоритм, листинг программы и тестовый пример расчета информационных характеристик дискретного источника сообщений без памяти в математическом пакете MatLab.
2. Выводы.

Лабораторная работа № 6. Энтропия источника дискретных сообщений с памятью

При передаче символов в сообщении вероятность последующего символа связана с предыдущим символом и определяется смыслом передаваемого сообщения. В связи с этим учет взаимосвязи в последующих символах приводит к уменьшению энтропии. Неопределенность условного распределения символов $H(A/A')$ не может превышать энтропии их безусловного распределения $H(A)$.

$$H(A/A') \leq H(A)$$

Обозначим как $P(a_i/a'_j)$ вероятность того, что источник послал символ a_i после отправки символа a'_j .

Если символ a'_j принимает произвольное значение из алфавита источника дискретных сообщений, то энтропию источника можно записать как:

$$\begin{aligned} H(A/A') &= \sum_{j=1}^k P(a'_j) H(A/a'_j) = \\ &= - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k P(a'_j) P(a_i/a'_j) \log(P(a_i/a'_j)) \end{aligned}$$

Типичный пример дискретного источника с памятью – текст, написанный на русском языке. Так, например вероятность появления буквы 'О' составляет 0.09, пробел встречается еще чаще, вероятность с которой он встречается в тексте составляет 0.125, в тоже время есть символы которые встречаются намного реже, так например символ 'Ф' встречается с вероятностью 0.002.

По экспериментальным данным $H(A) = 1.5$. Максимальное значение энтропии для языка с алфавитом в 32 символа составляет:

$$H(A)_{\max} = \log_2 32 = 5 \frac{\text{ДВ.ЕД.}}{\text{СИМВОЛ}}$$

Таким образом, в обычном тексте содержится в $5/1.5 \approx 3.3$ раза меньше информации, чем в хаотически набранном тексте. Избыточность текста составит:

$$p_{\text{и}} = 1 - H(A)/H(A)_{\max} = 0.7.$$

Выполнение лабораторной работы

Написать программу в MatLab для расчета энтропии источника дискретных сообщений с памятью. Программа реализуется на основе программы предыдущей лабораторной работы.

Алгоритм программы приведен на рис. 6.1. Иллюстрация работы алгоритма показан на рис. 6.2.

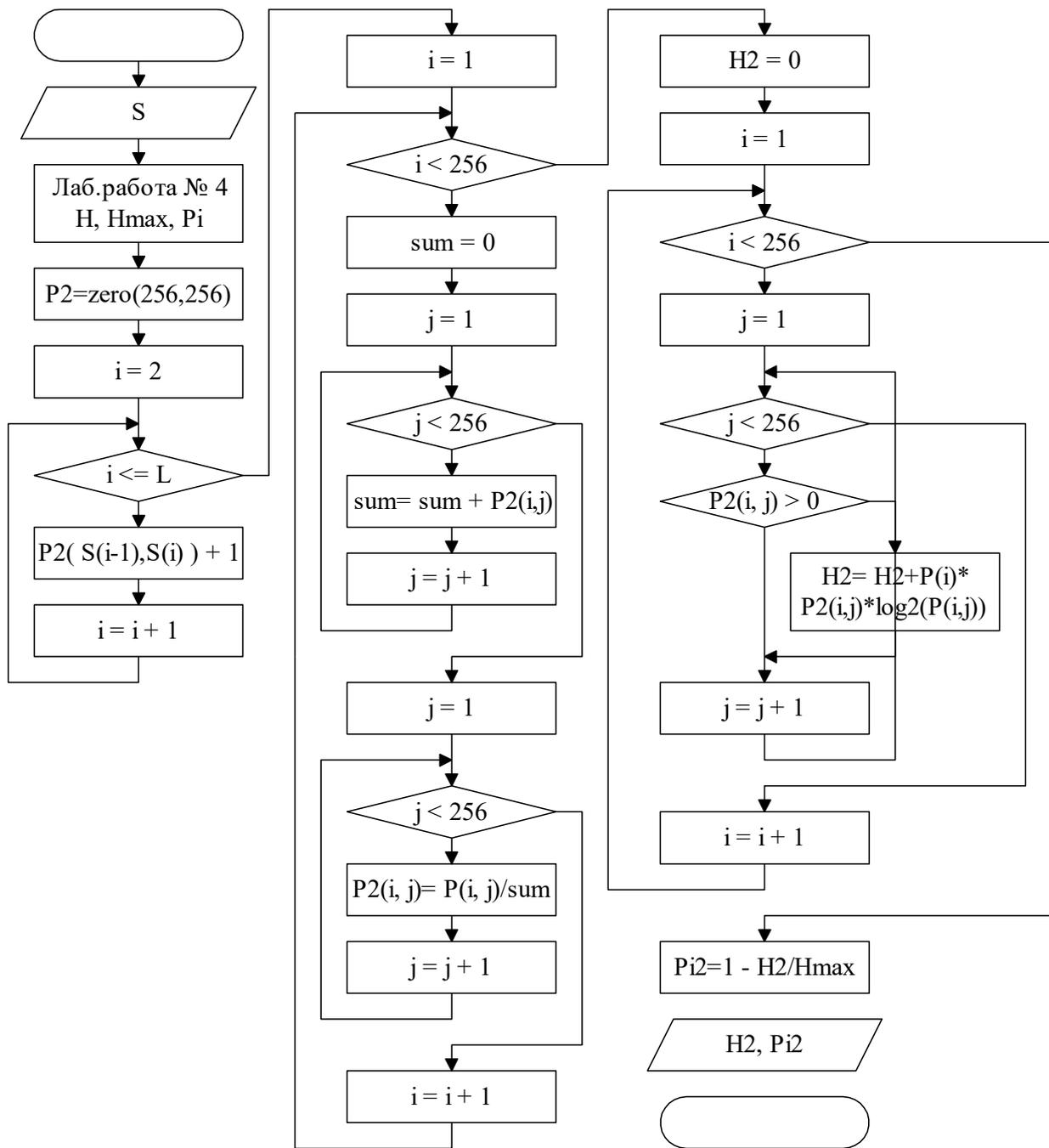


Рис. 6.1. Алгоритм программы вычисления информационных характеристик дискретного источника с памятью

