

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы

В. И. Зыков, А. Б. Мосягин, В. Т. Олейников

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО КУРСУ «АСУ И СВЯЗЬ»

Под редакцией лауреата премии Правительства Российской Федерации
в области науки и техники доктора технических наук, профессора
В. И. Зыкова

Допущено Министерством Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий
в качестве учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей
образовательных учреждений МЧС России

Москва 2010

УДК 654
ББК 38.96+32.965+32.88
3 96

Рецензенты:

Начальник отдела Управления защиты информации
и обеспечения безопасности спасательных работ МЧС России

Н. В. Столярчук

Начальник Ситуационного центра
ФГУ ВНИИПО МЧС России

А. В. Варламкин

Кандидат технических наук
начальник кафедры связи и оповещения в РСЧС
Академии гражданской защиты МЧС России

В. А. Моторкин

Зыков В. И., Мосягин А. Б., Олейников В. Т.

396 Сборник задач по курсу «АСУ и связь»: Учеб. пособие. – М.:
Академия ГПС МЧС России, 2010. – 168 с.

ISBN 978-5-9229-0025-6

Сборник задач и упражнений предназначен для адъюнктов, слушателей
и курсантов, изучающих дисциплину «АСУ и связь».

Материал сборника может быть использован преподавателями
при проведении практических занятий, а также слушателями и курсантами
для самостоятельной работы.

УДК 654
ББК 38.96+32.965+32.88

ISBN 978-5-9229-0025-6

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2010

© Зыков В. И., Мосягин А. Б.,
Олейников В. Т., 2010

Предисловие

В настоящее время высококвалифицированный специалист – инженер пожарной безопасности – немислим без глубокой подготовки и знаний в области инфокоммуникационных технологий, электрической связи и передачи информации, автоматизированных систем управления, широко применяемых для организации оперативно-диспетчерского управления силами и средствами МЧС России.

Изучение дисциплины «Автоматизированные системы управления и связь» базируется на теоретической и практической подготовке обучаемых основам использования и применения современных технических средств связи и передачи данных в решении задач оперативного реагирования на различные ситуации, способные привести к авариям, пожарам и ЧС.

К сожалению, учебных пособий, составленных в соответствии с программой дисциплины и предназначенных для проведения практических занятий, фактически нет – данный задачник в значительной мере позволяет решить эту важную проблему и является прекрасным дополнением к учебнику одноименной дисциплины. Он содержит не только дополнительные теоретические сведения по соответствующим разделам учебника, но и в полной мере отражает практику решения задач. Особую ценность представляет подбор значительного количества задач по технологиям проводной и беспроводной электрическим связям, системам передачи данных и рассмотрение методов их решения.

Содержание сборника задач отражает многолетний педагогический опыт авторов в подготовке инженеров по специальности 280104.65 – «Пожарная безопасность», которые надеются, что данная работа позволит обучаемым глубже усвоить полученные теоретические знания и в полной мере применить их на практике для решения конкретных задач оперативного управления.

Раздел I. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Глава 1.1. Информационные характеристики аналогового сигнала и канала связи

§ 1.1.1. Теоретические сведения

**Информация,
сообщение,
сигнал,
канал связи**

Информация – совокупность сведений о каких-либо событиях, явлениях, предметах.

Сообщение – совокупность знаков, содержащих определенную информацию, и подлежащих передаче.

Сигнал – некоторое электрическое возмущение в канале связи, несущее в себе передаваемое сообщение.

Сигнал представляет собой функцию времени, даже если сообщение таковым не является. Сигналы формируются путем изменения тех или иных параметров физического носителя по закону передаваемых сообщений, т. е. происходит модуляция сигналов.

Основными параметрами сигнала являются:

– *длительность сигнала* T_c , определяющая интервал времени, в пределах которого сигнал существует;

– *уровень или динамический диапазон* сигнала H_c – отношение максимальной мощности сигнала P_c к мощности помех P_n , которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи. Динамический диапазон сигнала выражается обычно в децибелах, дБ, и определяется по формуле

$$H_c = 10 \lg \frac{P_c}{P_n}; \quad (1.1)$$

– *ширина спектра сигнала* F_c , которая дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования. Спектр сигнала, в принципе, может быть неограниченным. Однако для любого сигнала можно указать диапазон частот, в пределах которого сосредоточена его основная энергия. Этим диапазоном и определяется ширина спектра сигнала.

Обобщенной характеристикой сигнала является «*объем сигнала*», который рассчитывается по формуле

$$V_c = T_c H_c F_c. \quad (1.2)$$

Каналом связи называется совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений на расстояние от источника информации к получателю (рис. 1.1 на с. 5).

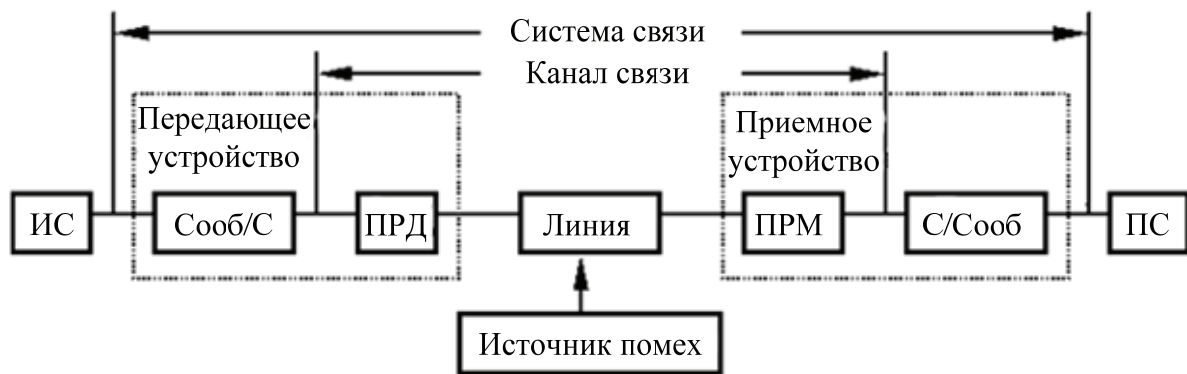


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема передачи информации по каналу связи:
 ИС – источник сообщений; Сооб/С – преобразователь сообщения в сигнал;
 С/Сооб – преобразователь сигнала в сообщение; ПРД – передатчик;
 ПРМ – приемник; ПС – получатель сообщений

Непрерывный канал связи можно характеризовать так же, как и сигнал, тремя параметрами:

- временем T_k , в течение которого по каналу ведется передача;
- динамическим диапазоном канала связи H_k ;
- полосой пропускания канала связи F_k .

Под уровнем канала связи понимают отношение максимальной мощности передаваемого сигнала к мощности помехи, выраженное в децибелах, дБ. При наличии шумов в канале связи уровень помехи обычно определяется средней мощностью шума в канале $P_{ш}$. Поэтому можно записать, что

$$H_k = 10 \lg \frac{P_c}{P_{ш}}. \quad (1.3)$$

Аналогично понятию «объем сигнала» вводится понятие «*объем канала связи*», который рассчитывается по формуле

$$V_k = T_k H_k F_k. \quad (1.4)$$

Необходимым, но не достаточным условием неискаженной передачи сигнала с объемом V_c по каналу связи является выполнение неравенства

$$V_c \geq V_k. \quad (1.5)$$

Необходимыми и достаточными условиями являются более жесткие условия:

$$F_c \leq F_k; \quad T_c \leq T_k; \quad H_c \leq H_k. \quad (1.6)$$

Один и тот же объем сигнала может быть получен при уменьшении или увеличении одного из параметров путем пропорционального увеличения или уменьшения любого другого параметра, соответственно. Это преобразование следует выполнить, если необходимое условие (1.5) выполняется, а одно или два неравенства из условий (1.6) не выполняются и, как говорят, объем сигнала «не уместается» в объеме канала.

§ 1.1.2. Примеры решения типовых задач

Пример 1.1. Вычислите, во сколько раз объем телевизионного сигнала превосходит физический объем радиовещательного сигнала при одинаковой их длительности. Телевизионный сигнал обладает шириной частотного спектра $F_{\text{ТВ}}$ 6,5 МГц, а радиовещательный сигнал $F_{\text{РВ}}$ – 12 кГц. Динамические диапазоны телевизионного и радиовещательного сигналов следует считать одинаковыми.

Решение

При одинаковых длительностях и динамических диапазонах телевизионного и радиовещательного сигналов отношение их объемов будет равно отношению их частотных полос

$$\frac{V_{\text{ТВ}}}{V_{\text{РВ}}} = \frac{F_{\text{ТВ}}}{F_{\text{РВ}}} = \frac{6,5 \cdot 10^6}{12 \cdot 10^3} \approx 540.$$

Пример 1.2. Канал связи с полосой пропускания $F_{\text{к}}$ 10 кГц предполагается использовать в течение времени $T_{\text{к}}$ 10 с. Известно, что в канале связи действует шум с равномерной спектральной плотностью $N_{\text{ш}}$ 10^{-4} мВт/Гц. Определите предельную мощность сигнала $P_{\text{с}}$, который может быть передан по данному каналу с емкостью $V_{\text{к}}$ 10^6 .

Решение

По формуле (1.3) рассчитывается предельная мощность сигнала:

$$P_{\text{с}} = P_{\text{ш}} \cdot 10^{H_{\text{к}}/10}.$$

Величина динамического диапазона сигнала $H_{\text{с}}$, который может быть передан по заданному каналу, найдем с учетом условий (1.6) по формуле (1.2):

$$H_{\text{с}} = \frac{V_{\text{к}}}{T_{\text{к}} F_{\text{к}}} = 10.$$

С учетом этого результата получаем, что $P_{\text{с}} = 10 P_{\text{ш}}$.

Мощность шума с равномерной спектральной плотностью $N_{\text{ш}}$ в канале с полосой пропускания $F_{\text{к}}$ определяется по формуле

$$P_{\text{ш}} = N_{\text{ш}} F_{\text{к}} = 10^{-4} \cdot 10^4 = 1 \text{ мВт}.$$

Отсюда становится ясно, что $P_{\text{с}} = 10 \text{ мВт}$.

§ 1.1.3. Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1. Громкость звука принято выражать в децибелах, дБ. Уровень громкости определяется выражением

$$L = 20 \lg \left(\frac{p_{\text{эф}}}{p_0} \right), \quad (1.7)$$

где L – уровень громкости звука; $p_{\text{эф}}$ – эффективное звуковое давление; p_0 – стандартный порог слышимости, равный 20 мкПа.

Максимальная громкость звука, допустимого для восприятия человеческим ухом, определяет болевой порог, который равен 20 Па. Определите:

- 1) максимальный динамический диапазон звуков, воспринимаемых человеком;
- 2) звуковое давление, создаваемое шелестом листьев (10 дБ), обычным разговором (60 дБ) и громкой музыкой (120 дБ).

Задача 1.2. Динамический диапазон речи диктора составляет примерно 30 дБ, симфонического оркестра – 95 дБ. Определите, во сколько раз самый громкий звук речи диктора больше по мощности и по напряжению на выходе микрофона, чем самый слабый звук. То же самое задание для симфонического оркестра.

Задача 1.3. При передаче радиосигналов на частоте 10 ГГц легкий дождь вызывает затухание около 0,003 дБ/км, а на частоте 100 ГГц – около 0,1 дБ/км. Определите степень ослабления радиосигналов при расстоянии между передатчиком и приемником 10 км, при этом следует учитывать, что ослабление радиосигнала обратно пропорционально квадрату расстояния.

Задача 1.4. Определите предельную мощность сигнала, который может быть передан по непрерывному каналу связи с полосой пропускания F_k , и время передачи по непрерывному каналу связи T_k . В канале действует шум с равномерной спектральной плотностью мощности шума $N_{\text{ш}}$, зависящий от объема непрерывного канала связи V_k . Параметры канала связи можно выяснить по данным табл. 1.1.

Таблица 1.1

Данные для задачи 1.4

Параметры канала связи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полоса пропускания F_k , кГц	4	9	4	8	6	5	2	8	10	2
Спектральная плотность мощности шума $N_{\text{ш}}$, мВт/Гц	10^{-4}	10^{-9}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}

Параметры канала связи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем канала связи V_k	10^4	10^6	10^6	10^6	10^5	10^6	10^6	10^6	10^7	10^6
Время передачи T_k, c	7	7	20	8	5	30	5	10	7	9

Задача 1.5. Динамический диапазон речевого сигнала равен 30 дБ. В канале связи действует сильная помеха, так что максимальное значение сигнала по напряжению превышает минимальное всего в 2 раза. Определите требования к полосе пропускания канала связи для передачи информации без потерь.

Задача 1.6. Телевизионный сигнал изображения занимает полосу частот шириной примерно 6,5 МГц. Изображение передается с частотой 25 кадров в секунду. Считая, что динамический диапазон телевизионного сигнала составляет 48 дБ, определите время, необходимое для передачи одного ТВ-кадра по телефонному каналу с полосой частот от 300 до 3 400 Гц и динамическим диапазоном 20 дБ.

Задача 1.7. Текст из ста букв передается по телефонному каналу в течение 30 с. Тот же текст за то же время передается по телеграфному каналу пятизначным двоичным кодом. Приняв динамические диапазоны телефонного и телеграфного сигналов равными, определите, во сколько раз телеграфный сигнал экономичнее телефонного.

Задача 1.8. Речевое сообщение длительностью 3 мин требуется передать в течение 1 с. Речевой сигнал занимает полосу от 300 Гц до 3 400 Гц. Динамические диапазоны сигнала и канала связи равны. Необходимо определить, какой должна быть полоса частот канала связи.

Глава 1.2. Принципы модуляции

§ 1.2.1. Теоретические сведения

Несущее и гармоническое колебания. Модуляция

В радиосвязи высокочастотные колебания используются для переноса информации, такие *колебания* называются *несущими*. Для того чтобы несущее колебание отражало передаваемую информацию, необходимо один или несколько параметров несущего колебания связать с передаваемым сообщением. *Процесс изменения одного или нескольких параметров несущего колебания по закону передаваемого сообщения называется модуляцией*.

В качестве несущего колебания наиболее часто используются гармонические колебания, которые описываются формулой

$$g(t) = U_{\text{н}} \sin(\omega_{\text{н}} t + \varphi_{\text{н}}). \quad (1.8)$$

Параметрами таких сигналов являются амплитуда $U_{\text{н}}$, угловая частота $\omega_{\text{н}}$ и начальная фаза $\varphi_{\text{н}}$.

Информационным сигналом $s(t)$ первоначального сообщения можно воздействовать на любой из параметров несущего колебания: или $U_{\text{н}}$, или $\omega_{\text{н}}$, или $\varphi_{\text{н}}$. В результате получаются три вида модуляции: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ) и фазовая (ФМ). На рис. 1.2 представлено схематическое изображение различных типов модуляции.

Высокочастотный сигнал, выполняющий роль переносчика информации, называется *переносчиком сообщения*, низкочастотный сигнал (информационный сигнал) – *модулирующим*, а получаемый высокочастотный вторичный сигнал – *модулированным*.

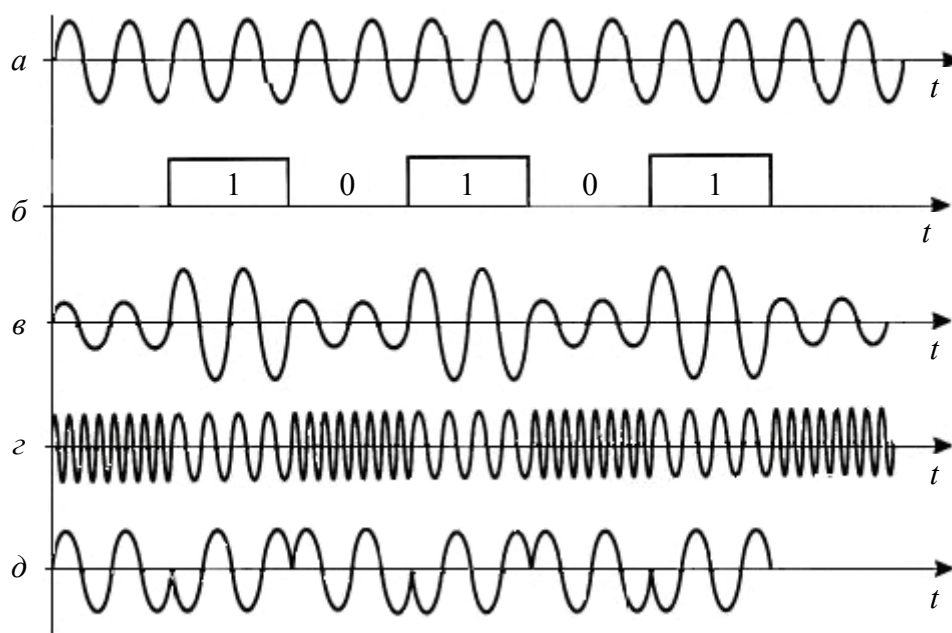


Рис. 1.2. Схематическое изображение различных типов модуляции:
 a – немодулированное колебание; $б$ – модулирующий сигнал;
 $в$ – амплитудно-модулированное колебание;
 $г$ – частотно-модулированное колебание;
 $д$ – фазово-модулированное колебание

**Амплитудная
модуляция (АМ)**

При АМ угловая частота ω_H и начальная фаза φ_H несущего колебания сохраняются неизменными, а с помощью информационного сигнала $s(t)$ меняется амплитуда несущего колебания U_H . Амплитуда $U_H(t)$ связана с передаваемым сообщением соотношением

$$U_H(t) = U_H + k_A s(t), \quad (1.9)$$

где U_H – амплитуда несущего колебания в отсутствии сообщения (немодулированное колебание); k_A – коэффициент пропорциональности, отражающий степень влияния модулирующего сигнала на величину изменения амплитуды результирующего сигнала (модулированного колебания); $s(t)$ – функция, зависящая от времени, соответствующая передаваемому сообщению (модулирующий сигнал).

Тогда в аналитической форме АМ-сигнал можно записать так:

$$g_{AM}(t) = [U_H + k_A s(t)] \sin(\omega_H t + \varphi_H). \quad (1.10)$$

Простейший для анализа случай АМ-сигнала получается, если в качестве модулирующего сигнала используется гармоническое колебание, такой случай называется *тональной модуляцией*:

$$s(t) = U_M \sin(\omega_M t + \varphi_M), \quad (1.11)$$

где U_M – амплитуда модулирующего сигнала; ω_M – угловая частота модулирующего сигнала; φ_M – начальная фаза модулирующего сигнала.

Для упрощения анализа будем полагать начальные фазы колебаний равными нулю, что не повлияет на общность выводов. Тогда для тональной АМ можно записать:

$$g_{AM}(t) = [U_H + U_M k_A \sin(\omega_M t)] \sin(\omega_H t) = \left[1 + \frac{U_M}{U_H} \sin(\omega_M t) \right] U_H \sin(\omega_H t). \quad (1.12)$$

Приведенная выше формула для АМ-сигнала $g_{AM}(t)$ может быть записана в следующем виде:

$$g_{AM}(t) = [1 + m_A \sin(\omega_M t + \varphi_M)] U_H \sin(\omega_H t + \varphi_H), \quad (1.13)$$

где $m_A = \frac{U_M}{U_H}$ – коэффициент амплитудной модуляции, характеризующий ее глубину.

Во избежание искажений информации принимают $0 \leq m_A \leq 1$.

Максимальное и минимальное значения амплитуды АМ-сигнала составляют, соответственно,

$$U_{\max} = U_{\text{н}}(1 + m_{\text{А}}) \text{ и } U_{\min} = U_{\text{н}}(1 - m_{\text{А}}), \quad (1.14)$$

откуда следует формула для вычисления коэффициента амплитудной модуляции:

$$m_{\text{А}} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}. \quad (1.15)$$

Эффективная ширина спектра АМ-сигнала $\Delta\omega_{\text{АМ}}$ ($\Delta f_{\text{АМ}}$) всецело определяется спектром модулирующего сигнала и равна его удвоенной максимальной частоте:

$$\Delta\omega_{\text{АМ}} = 2\omega_{\text{м}} \text{ или } \Delta f_{\text{АМ}} = 2F_{\text{м}}, \quad (1.16)$$

где $F_{\text{м}}$ – частота модулирующего сигнала.

Частотная модуляция (ЧМ) При ЧМ амплитуда несущего колебания $U_{\text{н}}$ сохраняется постоянной, а мгновенное значение несущей частоты $\omega(t)$ определяется модулирующим сигналом $s(t)$ в соответствии с выражением

$$\omega(t) = \omega_{\text{н}} + k_{\text{ЧМ}}s(t), \quad (1.17)$$

где $k_{\text{ЧМ}}$ – коэффициент пропорциональности, связывающий отклонение $\Delta\omega_{\text{ЧМ}}$ несущей частоты $\omega(t)$ от своего номинального значения $\omega_{\text{н}}$, равное $\Delta\omega_{\text{ЧМ}} = \omega(t) - \omega_{\text{н}}$, и величину модулирующего сигнала $s(t)$, вызывающего это отклонение. Единицей измерения $k_{\text{ЧМ}}$ является Гц/В.

Следовательно, ЧМ-сигнал можно записать так:

$$g_{\text{ЧМ}}(t) = U_{\text{н}} \sin[\omega_{\text{н}}t + k_{\text{ЧМ}}s(t)]. \quad (1.18)$$

Параметрами, характеризующими ЧМ, являются девиация частоты $\Delta\omega$, индекс частотной модуляции m_f и спектр ЧМ-сигнала.

Девиация частоты – наибольшее отклонение мгновенной частоты модулированного радиосигнала при ЧМ от значения его несущей частоты, т. е.

$$\Delta\omega = k_{\text{ЧМ}}s_{\max}(t). \quad (1.19)$$

Индекс частотной модуляции – отношение девиации частоты к частоте модулирующего сигнала, т. е.

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{м}}}. \quad (1.20)$$

Спектр ЧМ-сигнала в общем виде найти трудно, однако для практики это и не нужно, достаточно лишь знать:

1) что при ЧМ спектр информационного сигнала $s(t)$ переносится на несущую частоту $\omega_{\text{н}}$;

2) практическую ширину спектра ЧМ-сигнала $\Delta\omega_{\text{ЧМ}}$.

Установлено, что практическая ширина спектра ЧМ-сигнала определяется выражением

$$\Delta\omega_{\text{ЧМ}} = 2(\Delta\omega + \omega_m) = 2\omega_m(m_f + 1). \quad (1.21)$$

При $m_f \gg 1$ имеем *широкополосную* ЧМ, тогда

$$\Delta\omega_{\text{ЧМ}} \approx 2\omega_m m_f = 2\Delta\omega. \quad (1.22)$$

При $m_f \ll 1$ имеем *узкополосную* ЧМ, тогда

$$\Delta\omega_{\text{ЧМ}} \approx 2\omega_m. \quad (1.23)$$

Фазовая модуляция (ФМ)

При ФМ амплитуда несущего колебания U_n сохраняется постоянной, а фаза несущего колебания $\varphi(t)$ связана с модулирующим сигналом $s(t)$ зависимостью

$$\varphi(t) = \omega_n t + k_{\text{ФМ}} s(t) + \varphi_n, \quad (1.24)$$

где $k_{\text{ФМ}}$ – коэффициент пропорциональности, определяющий связь между модулирующим сигналом $s(t)$ и дополнительным приращением полной фазы результирующего фазомодулированного колебания. Единицей измерения $k_{\text{ФМ}}$ является рад/В.

Параметром, характеризующим ФМ, является *девиация фазы* $\Delta\varphi$ – наибольшее отклонение фазы модулированного радиосигнала при фазовой модуляции, т. е.

$$\Delta\varphi = k_{\text{ФМ}} s_{\text{max}}(t). \quad (1.25)$$

Спектр ФМ-сигнала

При ФМ спектр информационного сигнала $s(t)$ также переносится на несущую частоту ω_n . Практическая ширина спектра ФМ-сигнала также определяется выражением

$$\Delta\omega_{\text{ФМ}} = 2(\Delta\varphi\omega_m + \omega_m) = 2\omega_m(m_\varphi + 1), \quad (1.26)$$

где $m_\varphi = \Delta\varphi$ – индекс фазовой модуляции.

Особенность девиации несущей частоты и фазы модулированного сигнала. При ФМ задается девиация фазы, которая показывает максимальное фазовое отклонение модулированного сигнала относительно несущего колебания. Отклонение мгновенной частоты от несущей частоты при ФМ не регулируется, а определяется частотой модулирующего сигнала. При ЧМ задается девиация частоты, т. е. максимальное отклонение мгновенной частоты от частоты сигнала вне зависимости от частоты модулирующего сигнала. Отклонения фазы при этом будут такие, какие необходимы для заданной девиации частоты.

Следует помнить, что с изменением частоты сигнала всегда меняется его фаза и наоборот, т. е. ЧМ и ФМ взаимосвязаны, вследствие этого их иногда называют *угловой модуляцией*.

По существу, отличие между ЧМ и ФМ состоит в том, какая характеристика несущего сигнала – частота или фаза – непосредственно изменяется модулирующим сигналом, а какая – косвенно.

Если модулирующий сигнал синусоидальный, то формы модулированных сигналов в случае ЧМ и ФМ полностью совпадают. Различия обнаруживаются при более сложных формах модулирующего сигнала.

§ 1.2.2. Примеры решения типовых задач

Пример 1.3. АМ-сигнал описывается математическим выражением

$$g_{\text{AM}}(t) = 15 \left[(1 + 0,8 \sin(6280t)) \right] \sin 2\pi \cdot 10^6.$$

Определите:

- 1) коэффициент амплитудной модуляции m_A ;
- 2) частоту модулирующего сигнала;
- 3) несущую частоту АМ-сигнала;
- 4) максимальную величину мгновенного значения АМ-сигнала.

Решение

Из выражения (1.12) для АМ-сигнала видно, что $U_H = 15$ В и несущая частота определяется слагаемым $5 \sin 2\pi \cdot 10^5$. Кроме того, из формулы (1.12) следует, что

$$\frac{U_M}{U_H} \sin(\omega_M t) = 0,8 \sin(6280t).$$

Следовательно, коэффициент амплитудной модуляции $m_A = \frac{U_M}{U_H} = 0,8$

и угловая частота модулирующего сигнала $\omega_M = 6280$ рад/с.

Зная угловую частоту модулирующего сигнала, вычисляем его частоту:

$$f_M = \frac{\omega_M}{2\pi} = \frac{6280}{2\pi} = 1000 \text{ Гц.}$$

Из выражения (1.12) для АМ-сигнала находим угловую частоту несущего сигнала $\omega_H = 2\pi \cdot 10^6$ рад/с и вычисляем несущую частоту сигнала:

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = \frac{2\pi \cdot 10^6}{2\pi} = 1000 \text{ кГц.}$$

Зная, что

$$m_A = \frac{U_M}{U_H} = 0,8,$$

вычисляем амплитуду моделирующего сигнала:

$$U_m = U_n m_A = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ В.}$$

Максимальное значение АМ-сигнала в таком случае составит:

$$U_n + U_m = 15 + 12 = 27 \text{ В.}$$

Пример 1.4. Для модулятора ЧМ с чувствительностью к девиации $k_{\text{ЧМ}}$ 9 кГц/В и модулирующим сигналом $s(t) = 2 \sin(2\pi \cdot 3000t)$ определите девиацию частоты $\Delta\omega$ и индекс частотной модуляции m_f .

Решение

Девиация частоты равна произведению параметра чувствительности к девиации и максимальной амплитуды модулирующего сигнала, т. е.

$$\Delta\omega = k_{\text{ЧМ}} U_m = 9 \cdot 2 = 18 \text{ кГц.}$$

Индекс частотной модуляции при этом составит:

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{f_m} = \frac{18}{3} = 6.$$

Пример 1.5. Для модулятора ФМ с чувствительностью к девиации $k_{\text{ФМ}}$ 3,0 рад/В и модулирующим сигналом $s(t) = 4 \sin(2\pi \cdot 4000t)$ определите девиацию фазы.

Решение

Максимальный фазовый сдвиг для ФМ-сигнала равен девиации фазы и составит:

$$\Delta\varphi = k_{\text{ФМ}} s_{\text{max}}(t) = 3,0 \cdot 4 = 12.$$

§ 1.2.3. Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.9. Максимальное значение амплитуды АМ-сигнала составляет 15 В, минимум – 5 В. Определите:

- 1) глубину АМ;
- 2) амплитуду несущего сигнала;
- 3) амплитуду модулирующего сигнала.

Задача 1.10. АМ-сигнал характеризуется тем, что максимальное значение амплитуды АМ-сигнала U_{max} равно 130 В, а минимальное значение амплитуды АМ-сигнала U_{min} равно 20 В. Найдите коэффициент амплитудной модуляции, а также максимальную амплитуду U_n несущего колебания.

Задача 1.11. Максимальная частота ЧМ-сигнала f_{max} составляет $2,10 \cdot 10^7$ Гц, несущая частота ЧМ-сигнала f_{max} равна $2 \cdot 10^7$ Гц, частота модуляции $F = 10^4$ Гц. Определите девиацию частоты и индекс частотной модуляции.

Задача 1.12. У однотонального ЧМ-сигнала несущая частота ЧМ-сигнала f_0 равна 50 МГц, а частота модуляции f_m равна 7 кГц. Вычислите, в каких пределах должна изменяться мгновенная частота ЧМ-сигнала $[f_{\min}, f_{\max}]$ для того, чтобы индекс частотной модуляции $m_{\text{ЧМ}}$ был равен 40.

Задача 1.13. У однотонального ЧМ-сигнала частота модуляции f_m равна 12 кГц, а индекс частотной модуляции $m_{\text{ЧМ}}$ равен 25. Вычислите практическую ширину спектра ЧМ-сигнала.

Задача 1.14. Вычислите спектры ФМ- и ЧМ-сигналов при одинаковой несущей частоте 100 МГц и амплитуде 10 В. При ФМ задан индекс модуляции m_f , равный 5, а при ЧМ задана девиация частоты $\Delta\omega$, равная 50 кГц. Сравнение спектров ЧМ и ФМ проведите для модулирующих частот $f_1 = 10$ кГц и $f_2 = 5$ кГц.

Задача 1.15. Радиостанция, работающая с несущей частотой $f_n = 80$ МГц, излучает ЧМ-сигнал, промодулированный частотой $f_m = 15$ кГц. Индекс частотной модуляции m_f равен 12. Найдите пределы, в которых меняется мгновенная частота сигнала.

Задача 1.16. Рассчитайте спектры ФМ- и ЧМ-сигналов при одинаковых несущих частотах f и уровнях напряжений U . Для ФМ-сигнала заданы индекс модуляции m_ϕ и частота модуляции f_1 , а для ЧМ-сигнала заданы девиация частоты $\Delta\omega$ и частота модуляции f_2 (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Данные для задачи 1.16

Параметры	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение U , В	60	50	45	40	35	30	25	20	15	10
Несущая частота f , МГц	60	95	90	80	70	80	90	95	60	70
Частота модуляции (1) f_1 , кГц	3	6	10	8	4	7	5	9	4	3
Девиация частоты $\Delta\omega$, кГц	70	30	50	40	60	45	75	35	50	60
Частота модуляции (2) f_2 , кГц	7	3	4	5	6	7	6	5	4	3
Индекс модуляции m_ϕ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Задача 1.17. Оцените ширину полосы частот $2\Delta f$, занимаемую телеграфным радиоканалом, работающим по принципу АМ со скоростью 300 зн./мин. Учтите, что передаваемый сигнал является периодической последовательностью точек кода Морзе, причем длительность паузы равна длительности передаваемого радиоимпульса.

Глава 1.3. Принципы дискретизации непрерывных сигналов

§ 1.3.1. Теоретические сведения

Аналоговые (непрерывные) сигналы можно передавать дискретными сигналами. Такой метод передачи предпочтительнее, так как дискретные сигналы в меньшей степени подвержены искажениям в процессе передачи и эти искажения легче обнаружить.

Теорема Котельникова (теорема отсчетов) Аналоговые (непрерывные) сигналы можно передавать дискретными сигналами. Такой метод передачи предпочтительнее, так как дискретные сигналы в меньшей степени подвержены искажениям в процессе передачи и эти искажения легче обнаружить.

Операция преобразования непрерывного сигнала в дискретный называется *дискретизацией*, которая осуществляется не только по времени, но и по уровням (состояниям). По времени она выполняется путем взятия отсчетов непрерывной функции $s(t)$ в определенные дискретные моменты времени t_k . В результате непрерывную функцию $s(t)$ заменяют совокупностью мгновенных значений $\{s_k\} \Rightarrow \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$. Моменты отсчетов выбирают на оси времени равномерно, т. е. $\{t_k = k\Delta t\}$, используя *теорему Котельникова* (теорему отсчетов), разработанную В. А. Котельниковым (1908–2005), ученым инженером в области радиотехники, радиофизики и информатики.

Она формулируется следующим образом: если аналоговый сигнал $s(t)$ таков, что его спектр ограничен частотой f_{\max} , то после дискретизации сигнала с частотой не менее $f_d \geq 2f_{\max}$ можно восстановить исходный непрерывный сигнал по полученному цифровому сигналу абсолютно точно.

Интервал дискретизации (интервал Найквиста назван в честь американского физика Х. Найквиста, 1889–1976) Δt , соответственно, рассчитывается по формуле

$$\Delta t = \frac{1}{2f_{\max}} = \frac{\pi}{\omega_{\max}}. \quad (1.27)$$

Теорема Котельникова показывает, что непрерывная функция с ограниченным спектром частот может быть передана путем передачи ее отдельных дискретных значений. Однако так как функция непрерывно изменяется, то ее мгновенные значения, взятые через интервал $\Delta t = \frac{1}{2f_{\max}}$, могут выражаться какими угодно числами.

Для практических систем передачи информации это представляет определенные неудобства, поэтому в современных системах связи часто прибегают к передаче непрерывных функций определенным конечным числом *разрешенных значений* (уровней), отстоящих друг от друга на конечный интервал.

Квантование Дискретизация значений аналоговой функции по уровням называется *квантованием*. Диапазон изменения функции $s(t)$ от s_{\min} до s_{\max} разбивается на N -уровней, где

$$N = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{\Delta S}. \quad (1.28)$$

Интервал ΔS называется *шагом квантования*. Таким образом, операция квантования сводится к тому, что вместо данного мгновенного значения *передаваемого сообщения* (или первичного сигнала) $s(t)$ передают ближайшие значения по установленной шкале дискретных уровней.

Квантованный сигнал может принимать только конечное число значений, что позволяет представить его в пределах каждого интервала дискретизации числом, равным порядковому номеру уровня квантования. В свою очередь, это число можно выразить комбинацией некоторых знаков или символов.

Данную совокупность знаков (символов) и систему правил, при помощи которых данные представляются в виде набора символов, называют *кодом*. Конечная последовательность кодовых символов называется *словом*. Квантованный сигнал можно преобразовать в последовательность кодовых слов. Эта операция и называется *кодированием*.

Каждое кодовое слово передается в пределах одного интервала дискретизации, причем для кодирования сигналов широко применяют двоичный код.

Число бит в кодовом слове зависит от динамического диапазона. *Динамический диапазон* DR – это отношение максимально допустимого значения сигнала к его минимальному значению, отличному от нуля, которое может быть декодировано при цифроаналоговом преобразовании (ЦАП) в приемнике. Выражение для динамического диапазона имеет следующий вид:

$$DR = \frac{S_{\max}}{\Delta S}, \quad (1.29)$$

где DR – динамический диапазон, безразмерная величина; S_{\max} – максимально допустимое значение сигнала; ΔS – минимальное значение сигнала отличное от нуля, которое может быть декодировано при цифроаналоговом преобразовании (шаг квантования).

Обычно динамический диапазон выражается в децибелах, дБ:

$$DR = 20 \lg \frac{S_{\max}}{\Delta S}. \quad (1.30)$$

Взаимосвязь между динамическим диапазоном и числом бит в кодовом слове при аналого-цифровом преобразовании (АЦП) имеет следующий вид:

$$2^n - 1 \geq DR, \quad (1.31)$$

а для минимального числа бит:

$$2^n - 1 = DR, \quad (1.32)$$

где n – число бит в кодовом слове, исключая знаковый бит; DR – абсолютное значение динамического диапазона.

Наложение спектров (алиасинг)

Если оцифровать сигнал с недостаточной для него частотой дискретизации или если спектр сигнала не ограничен, то по полученной цифровой выборке нельзя будет верно восстановить исходный сигнал.

Спектр $S_d(\omega)$ дискретизованного сигнала представляет собой последовательность спектров $S_a(\omega)$ исходного сигнала $x(t)$, сдвинутых один относительно другого на $\omega = 2\pi f_d$ (рис. 1.3, а, б). Если шаг выборок выбран в соответствии с теоремой Котельникова (§ 1.3.1) из условия $\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\max}}$, то отдельные спектры не перекрываются (см. рис. 1.3, в) и могут быть разделены с помощью фильтров. Если теорема Котельникова не выполняется, то смежные спектры $S_a(\omega)$ частично перекрываются (см. рис. 1.3, б). В этом случае спектр дискретного сигнала искажается по отношению к спектру аналогового сигнала.

Восстановленный сигнал будет выглядеть таким образом, как если бы частоты сигнала, лежащие выше половины частоты дискретизации, отразились от половины частоты дискретизации, перешли в нижнюю часть спектра и наложились на частоты сигнала, уже присутствующие в нижней части спектра (см. рис. 1.3). Этот эффект называется *наложением спектров* или *алиасингом (aliasing)*.

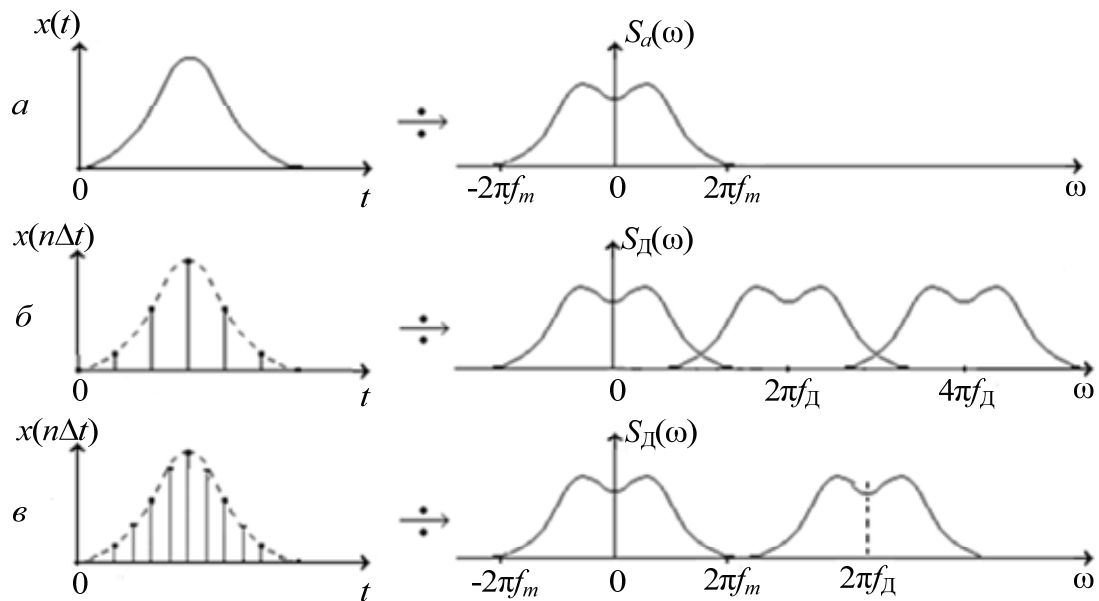


Рис. 1.3. Явление алиасинга

Алиасинг – перекрытие полосы частот – нежелательное явление при дискретизации сигнала, которое можно избежать двумя способами:

- используют более высокую частоту дискретизации, чтобы весь спектр записываемого сигнала уместился ниже половины частоты дискретизации;

- искусственно ограничивают спектр сигнала перед оцифровкой, используя специальные устройства, называемые *фильтрами*, которые позволяют изменять спектр сигнала. Например, *фильтры низких частот (НЧ-фильтры, low-pass filters)* пропускают без изменения все частоты, ниже заданной, и удаляют из сигнала все частоты, выше заданной. Одно из важных применений НЧ-фильтров заключается в искусственном ограничении спектра сигнала перед оцифровкой. В этом случае фильтры называются *антиалиасинговыми*, так как они предотвращают возникновение алиасинга при оцифровке сигнала. Частота среза антиалиасинговых фильтров устанавливается равной половине частоты дискретизации.

§ 1.3.2. Примеры решения типовых задач

Пример 1.6. Для АЦП с приведенными ниже параметрами определите:

- 1) минимальную частоту дискретизации;
- 2) минимальное число бит в кодовом слове;
- 3) шаг квантования.

Максимальная частота входного аналогового сигнала f_{\max} равна 5 кГц. Диапазон изменения входного сигнала напряжения составляет $\pm 2,55$ В, а минимальный динамический диапазон $DR - 46$ дБ.

Решение

1. Используя теорему Котельникова – Найквиста, получаем $f_d \geq 2f_{\max}$, откуда минимальная частота дискретизации $f_d = 10$ кГц.

2. Для определения минимального числа бит в кодовом слове выразим динамический диапазон DR в абсолютных единицах, т. е.

$$46 = 20 \lg \frac{S_{\max}}{\Delta s} \Rightarrow 2,3 = \lg \frac{S_{\max}}{\Delta s} \Rightarrow 10^{2,3} = \frac{S_{\max}}{\Delta s} \Rightarrow 199,5 = DR.$$

Минимальное число бит определим, преобразуя уравнение (1.32) в следующий вид:

$$n = \frac{\lg(DR + 1)}{\lg 2} = \frac{\lg(199,5 + 1)}{\lg 2} = 7,63 \text{ бит.}$$

Ближайшее целое число больше 7,63, поэтому оно может быть равно 8. Следовательно, должно использоваться кодовое слово длиной 8 бит плюс один дополнительный знаковый бит, так как диапазон изменения напряжения входного сигнала составляет $\pm 2,55$ В. Таким образом, общее число бит в кодовом слове должно составить 9 бит.

Фактический динамический диапазон равен

$$DR = 2^n - 1 = 255.$$

3. Тогда шаг квантования будет равен:

$$\Delta S = \frac{S_{\max}}{DR} = \frac{2,55}{255} = 0,01 \text{ В.}$$

Пример 1.7. Известно, что для получения разборчиво звучащей человеческой речи достаточно оцифровывать ее с частотой 8 кГц. Какой диапазон частот может быть правильно передан такой цифровой записью? Что необходимо предпринять при оцифровке для правильной передачи этого диапазона?

Решение

В соответствии с теоремой Котельникова – Найквиста при частоте дискретизации 8 кГц можно правильно передать диапазон частот от 0 до 4 кГц. Однако так как человеческая речь содержит частоты и выше 4 кГц, то для предотвращения алиасинга необходимо перед оцифровкой пропустить сигнал через антиалиасинговый фильтр с частотой среза 4 кГц.

§ 1.3.3. Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.18. Определите частоту дискретизации для аналоговых сигналов с максимальной частотой спектра:

- 1) 4 кГц; 2) 10 кГц.

Задача 1.19. Для частоты стробирования (*взятия отсчетов*) 30 кГц определите максимальную частоту аналоговых сигналов на входе АЦП.

Задача 1.20. Определите полосу частот перекрытия при частоте отсчетов 14 кГц и частоте входного аналогового сигнала 8 кГц.

Задача 1.21. Определите динамический диапазон 10-разрядного кода со знаковым разрядом при АЦП.

Задача 1.22. Определите минимальное число бит, требуемое для кода при АЦП с динамическим диапазоном 80 дБ.

Задача 1.23. При шаге квантования 0,04 В определите диапазон напряжений 7-разрядного кода со знаковым разрядом:

- 1) 0110101; 2) 0000011; 3) 1000001; 4) 0111111; 5) 1000000.

Задача 1.24. Определите шаг квантования при линейном S-разрядном кодировании со знаковым разрядом, если максимальное кодируемое напряжение равно 1,27 В.

Задача 1.25. Определите частоту взятия отсчетов для аналоговых сигналов со следующей частотой:

- 1) 2 кГц; 2) 5 кГц; 3) 12 кГц; 4) 20 кГц.

Задача 1.26. Определите, с какой частотой работает генератор стробирования (*взятия отсчетов*) речевого сигнала с максимальной частотой спектра f_{\max} , кГц, если шаг дискретизации во времени Δt равен $1/(2f_{\max})$? Найдите число реализаций, которым определяется речевой сигнал на интервале T , мс, при дискретизации речевого сигнала во времени и квантовании его по уровням с шагом Δb , В, если $|b| < b_{\max}$, В (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Данные для задачи 1.26

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальная частота спектра f_{\max} , кГц	6	8	4	3	1	5	2	4	3	2

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Интервал времени, определяющий речевой сигнал T , мс	8	10	5	8	7	6	4	3	5	9
Шаг квантования по уровням Δb , В	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,05	0,01
Максимальное значение числа b b_{\max} , В	3	2	1	10	8	4	3	3	5	4

Задача 1.27. В цифровом магнитофоне частота дискретизации составляет 48 кГц. Какова максимальная частота звуковых волн, которые можно точно воспроизводить на таком магнитофоне?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Раздел I. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ	4
Глава 1.1. Информационные характеристики аналогового сигнала и канала связи	4
§ 1.1.1. Теоретические сведения	4
<i>Информация, сообщение, сигнал, канал связи (4)</i>	
§ 1.1.2. Примеры решения типовых задач	6
§ 1.1.3. Задачи для самостоятельного решения	7
<i>Задачи 1.1–1.8 (7–8)</i>	
Глава 1.2. Принципы модуляции	8
§ 1.2.1. Теоретические сведения	8
<i>Несущее и гармоническое колебания. Модуляция (8).</i>	
<i>Амплитудная модуляция (АМ) (10).</i>	
<i>Частотная модуляция (ЧМ) (11). Фазовая модуляция (ФМ) (12). Спектр ФМ-сигнала (12)</i>	
§ 1.2.2. Примеры решения типовых задач	13
§ 1.2.3. Задачи для самостоятельного решения	14
<i>Задачи 1.9–1.17 (14–16)</i>	
Глава 1.3. Принципы дискретизации непрерывных сигналов	16
§ 1.3.1. Теоретические сведения	16
<i>Теорема Котельникова (теорема отсчетов) (16).</i>	
<i>Квантование (17). Наложение спектров (алиасинг) (18)</i>	
§ 1.3.2. Примеры решения типовых задач	19
§ 1.3.3. Задачи для самостоятельного решения	21
<i>Задачи 1.18–1.27 (21–22)</i>	
Раздел II. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ	23
Глава 2.1. Информационные характеристики источников сообщений	23
§ 2.1.1. Теоретические сведения	23
<i>Комбинаторная мера количества информации Р. Хартли (23).</i>	
<i>Вероятностная (статистическая) мера количества информации К. Э. Шеннона (1916–2001) (24).</i>	
<i>Энтропия дискретного источника сообщений (25).</i>	
<i>Энтропия системы дискретных источников информации (26).</i>	
<i>Избыточность источника сообщений (29). Объемный подход к измерению количества информации (30). Единицы измерения количества информации и энтропии (31)</i>	
§ 2.1.2. Примеры решения типовых задач	31
§ 2.1.3. Задачи для самостоятельного решения	33
<i>Задачи 2.1–2.14 (33–35)</i>	

Глава 2.2. Кодирование в дискретном канале связи	35
§ 2.2.1. Теоретические сведения.....	35
<i>Кодирование, декодирование, код (35).</i>	
<i>Метод Шеннона – Фано (36). Шифр Ю. Цезаря (37)</i>	
§ 2.2.2. Примеры решения типовых задач	37
§ 2.2.3. Задачи для самостоятельного решения.....	39
<i>Задачи 2.15–2.25 (39–40)</i>	
Раздел III. НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ	41
Глава 3.1. Двухпроводные симметричные линии связи и их параметры	41
§ 3.1.1. Теоретические сведения	41
<i>Симметричные и коаксиальные электрические кабели (41).</i>	
<i>Первичные параметры линии связи (41). Вторичные параметры линии связи (42). Первичные параметры симметричных кабелей связи (43). Вторичные параметры симметричных кабелей связи (46). Расчет вторичных параметров симметричной кабельной цепи (48)</i>	
§ 3.1.2. Примеры решения типовых задач	49
§ 3.1.3. Задачи для самостоятельного решения.....	52
<i>Задачи 3.1–3.14 (52–54)</i>	
Глава 3.2. Коаксиальные линии связи и их параметры	55
§ 3.2.1. Теоретические сведения.....	55
<i>Первичные параметры коаксиальных линий связи (56).</i>	
<i>Вторичные параметры коаксиальных линий связи (59)</i>	
§ 3.2.2. Примеры решения типовых задач	60
§ 3.2.3. Задачи для самостоятельного решения	62
<i>Задачи 3.15–3.20 (62–64)</i>	
Раздел IV. ОСНОВЫ РАДИОСВЯЗИ	65
Глава 4.1. Электромагнитные волны и их распространение. Антенно-фидерные устройства	65
§ 4.1.1. Теоретические сведения.....	65
<i>Характеристика электромагнитных волн (65).</i>	
<i>Излучение электромагнитных волн. Диполь Герца (68).</i>	
<i>Назначение и параметры антенн (71). Параметры передающих антенн (72). Параметры приемных антенн (76).</i>	
<i>Мощность, отдаваемая приемной антенной в радиоприемник (77). Вибраторные антенны (79).</i>	
<i>Симметричный вибратор (79). Сопротивление излучения симметричного вибратора (84). Несимметричная вибраторная антенна (84). Резонансные частоты антенн.</i>	
<i>Способы настройки антенн в резонанс (85).</i>	
<i>Модель распространения радиосигнала в свободном пространстве (89)</i>	
§ 4.1.2. Примеры решения типовых задач	91
§ 4.1.3. Задачи для самостоятельного решения.....	92
<i>Задачи 4.1–4.31 (92–96)</i>	

Глава 4.2. Параметры и характеристики радиоприемных устройств	97
§ 4.2.1. Теоретические сведения.....	97
<i>Функции радиоприемного устройства (97). Структура радиоприемника (98). Качественные показатели усилительных каскадов радиоприемника (100). Основные параметры радиоприемника (101)</i>	
§ 4.2.2. Примеры решения типовых задач.....	106
§ 4.2.3. Задачи для самостоятельного решения	109
<i>Задачи 4.32–4.67 (109–112)</i>	
Раздел V. СИСТЕМЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ	113
Глава 5.1. Принципы построения многоканальных систем радиосвязи с частотным разделением каналов	113
§ 5.1.1. Теоретические сведения	113
<i>Принцип уплотнения каналов связи (113). Расчет максимального числа каналов при заданном виде частотной модуляции (114)</i>	
§ 5.1.2. Примеры решения типовых задач	115
§ 5.1.3. Задачи для самостоятельного решения	118
<i>Задачи 5.1–5.10 (118–119)</i>	
Раздел VI. СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ СВЯЗИ ГАРНИЗОНА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ, ЕЕ СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ	120
Глава 6.1. Структура сети связи гарнизона пожарной охраны и ее характеристики функционирования	120
§ 6.1.1. Теоретические сведения	120
Глава 6.2. Характеристики функционирования системы оперативной связи гарнизона пожарной охраны	121
§ 6.2.1. Теоретические сведения	121
<i>Оперативная устойчивость связи сети (121). Оперативность функционирования сети радиосвязи (123). Эффективность функционирования сети радиосвязи (124)</i>	
§ 6.2.2. Примеры решения типовых задач.....	125
§ 6.2.3. Задачи для самостоятельного решения	126
<i>Задачи 6.1–6.2 (126–127)</i>	
Глава 6.3. Математическая модель функционирования сети специальной связи «112 (01)»	127
§ 6.3.1. Теоретические сведения	127
<i>Функционирование ЕДДС (127). Потoki вызовов (128). Простейший поток вызовов (129). Основные типы систем массового обслуживания (СМО) (131). Методика определения необходимого числа линий специальной связи «112 (01)» и количества диспетчерского состава (133)</i>	
§ 6.3.2. Пример решения типовой задачи.....	134
§ 6.3.3. Задачи для самостоятельного решения	134
<i>Задачи 6.3–6.21 (134–137)</i>	

Раздел VII. ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИОСЕТЕЙ ГАРНИЗОНА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ	138
Глава 7.1. Организация планирования радиосетей	138
§ 7.1.1. Теоретические сведения	138
<i>Виды радиосвязи (138). Понятие защитного отношения (139). ЭМС радиоэлектронных средств (РЭС) (139). Мешающее влияние радиосредств (140)</i>	
Глава 7.2. Расчет дальности действия УКВ радиосвязи на территории гарнизона пожарной охраны	140
§ 7.2.1. Теоретические сведения	140
<i>Параметр «дальность действия радиосвязи» (140). Расчет дальности связи (140). Расчет ожидаемой дальности связи (143)</i>	
§ 7.2.2. Пример решения типовой задачи	145
§ 7.2.3. Задачи для самостоятельного решения	146
<i>Задачи 7.1–7.2 (146)</i>	
Глава 7.3. Расчет координационных расстояний	147
§ 7.3.1. Теоретические сведения	147
<i>Территориальный разнос (147). Мешающий сигнал (147)</i>	
§ 7.3.2. Пример решения типовой задачи	148
§ 7.3.3. Задачи для самостоятельного решения	149
<i>Задачи 7.3–7.4 (149)</i>	
Глава 7.4. Методика расчета ЭМС радиостанций, используемых в пожарной охране	149
§ 7.4.1. Теоретические сведения	149
<i>Интермодуляционные помехи (149). Помехи, возникающие из-за блокирования или подавления полезного сигнала мешающим (150)</i>	
§ 7.4.2. Расчет ЭМС двух близко расположенных радиостанций	150
<i>Зависимость мешающего сигнала от частотного разнеса полезного и мешающего сигналов (151). Расчет допустимого уровня мешающего сигнала на входе приемника (152)</i>	
§ 7.4.3. Примеры решения типовых задач	155
§ 7.4.4. Задачи для самостоятельного решения	156
<i>Задачи 7.5–7.7 (156)</i>	
Глава 7.5. Расчет ЭМС трех близко расположенных стационарных радиостанций	157
§ 7.5.1. Теоретические сведения	157
<i>Интермодуляционные помехи (157). Расчет ЭМС для трех радиосетей (158)</i>	
§ 7.5.2. Пример решения типовой задачи	160
§ 7.5.3. Задачи для самостоятельного решения	160
<i>Задачи 7.8–7.9 (160)</i>	
Приложение	161
Литература	163

Учебное издание

Зыков Владимир Иванович
Мосягин Александр Борисович
Олейников Владимир Тарасович

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО КУРСУ «АСУ И СВЯЗЬ»

Под редакцией лауреата премии Правительства Российской Федерации
в области науки и техники доктора технических наук, профессора
В. И. Зыкова

Редактор *Л. А. Маслова*
Технический редактор *Г. А. Габдулина*
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 22.11.2010. Формат 60×90 1/16.
Печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 7,6. Бумага офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ 541

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4