

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ



ВЕДУЩИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ

Грузман Игорь Семенович, профессор кафедры
ТОР, 4-415а; gisngtu@gmail.com (лекции,
практические занятия)

Райфельд Михаил Анатольевич, профессор
кафедры ТОР, 4-415 (практические занятия)

Филатова Светлана Геннадьевна, доцент кафедры
ТОР, 4-415 (практические занятия)

Мурасев Алексей Александрович, аспирант
кафедры ТОР, 4-413 (лабораторные работы)

СТРУКТУРА КУРСА

Лекции – 36 часов

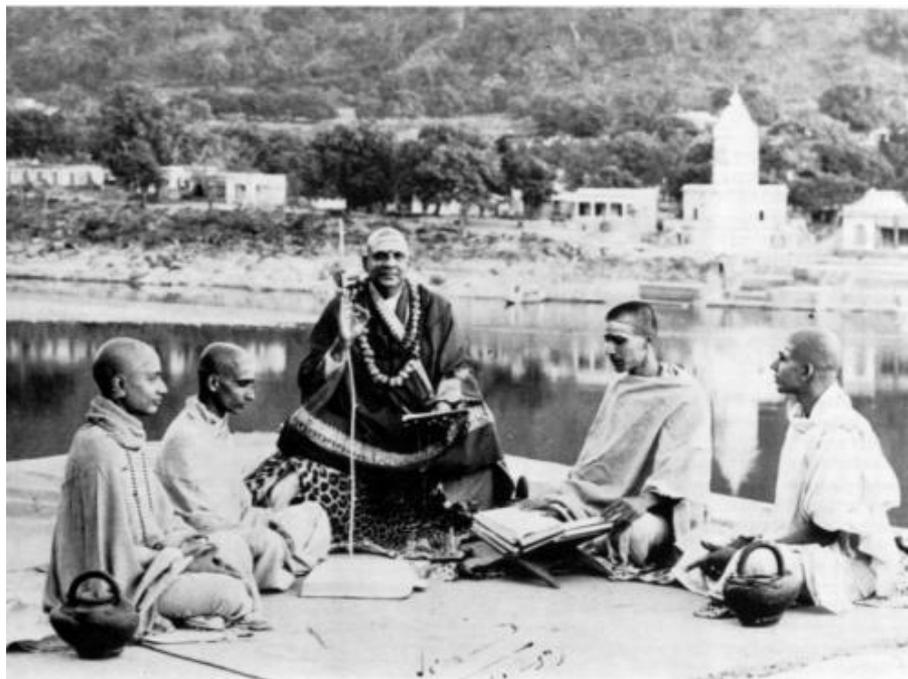
Практические занятия – 18 часов
(ответ у доски – 2 балла)

Лабораторные работы – 18 часов
(оценка по 10 бальной шкале)

Экзамен (2 вопроса, 1 задача)

ТЕМА №1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. УРОВНИ ПЕРЕДАЧИ



*« Основные понятия Веданты »
Из книги Свами Шивананды « Йога и сила мысли »*

ТЕМА №2

ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРВЫЧНЫХ СИГНАЛОВ



ТЕМА №3

ПЕРВЫЧНЫЕ СИГНАЛЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ



ТЕМА №4

КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ



Канал Грибоедова

ТЕМА №5

ПОСТРОЕНИЕ ДВУСТОРОННИХ КАНАЛОВ



ТЕМА №6

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА



ТЕМА №7

ПОМЕХИ В КАНАЛЕ

ПЕРЕДАЧИ

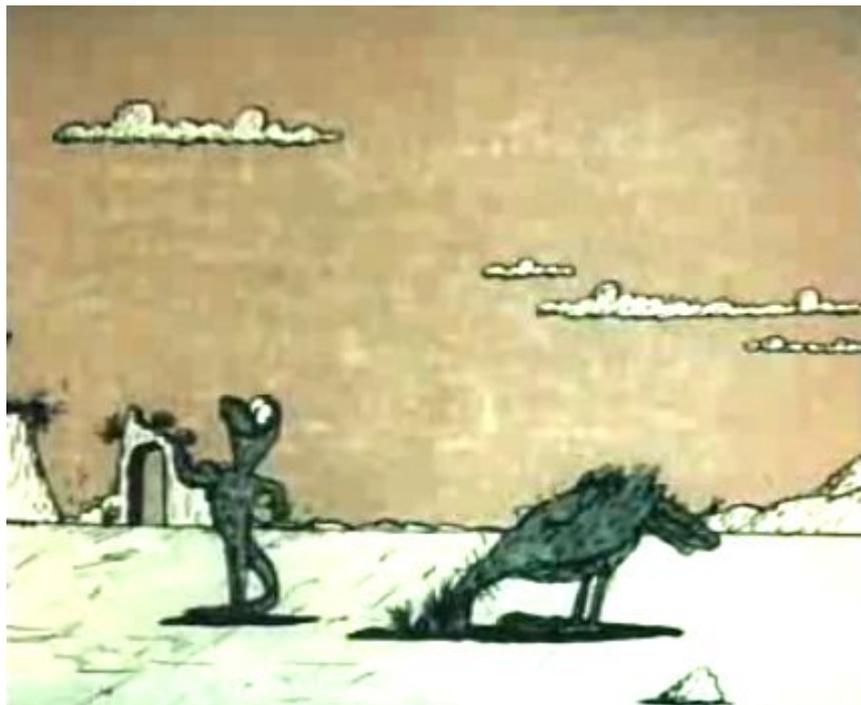
Главным источником помех в каналах связи являются бульдозеры, экскаваторы и некомпетентные руководители



ТЕМА №8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ СВЯЗИ

*Ноги, крылья...
Главное —
хвост!*



ТЕМА №9
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ
ПОСТРОЕНИЯ
МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ПЕРЕДАЧИ



ТЕМА №10

ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

```

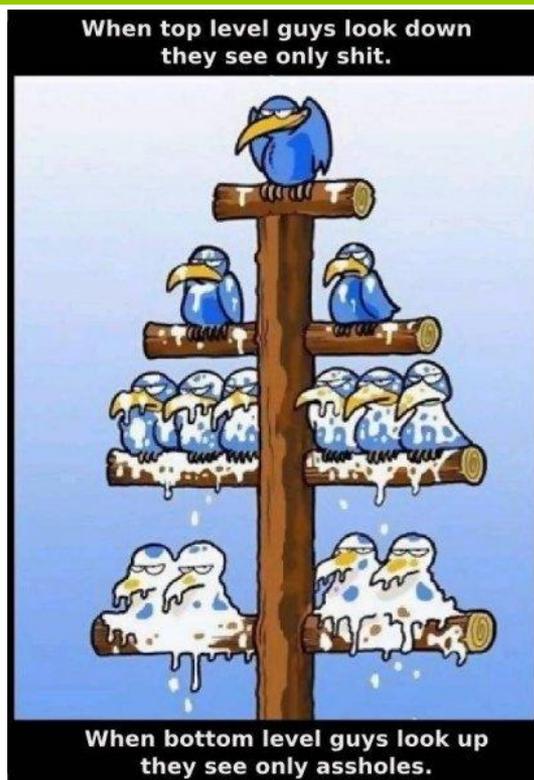
  \
  \
  .001.^
  u$0N=1
  z00BAI
  |..=^
  ;<'''
  NRX^=-\
  z0c^CX^
  ^B0s^^
  00$H^
  n$0=XN;.\
  iBB0vU1=~'\
  $00cAr`vul
  FAHZuqr-'\
  ZZUFA0FI.\
  ;BRHv n$U^
  \ARN1 ^0si
  'Onv^ 01.'
  c0qr  rs.\
  aUU\  ul.\
  `RO-  :.\
  nn^^  -=.^|-'\
  =1^' ..\  \..

```

ТЕМА №11

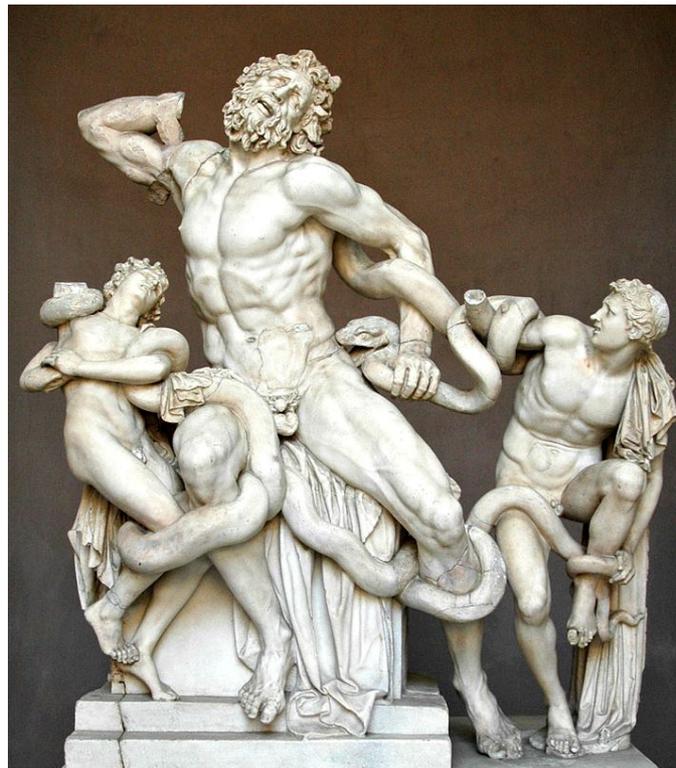
ЦИФРОВЫЕ

ИЕРАРХИИ



ТЕМА №12

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ



ТЕМА №13

ОСНОВЫ

МАРШРУТИЗАЦИИ



ТЕМА №14

СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ



1. Волоконно-оптические системы связи
2. Мобильная связь
3. Радиовещание и телевидение
4. Концепция построения NGN сетей

ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ



ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№ 1 КВАНТОВАНИЕ СИГНАЛОВ

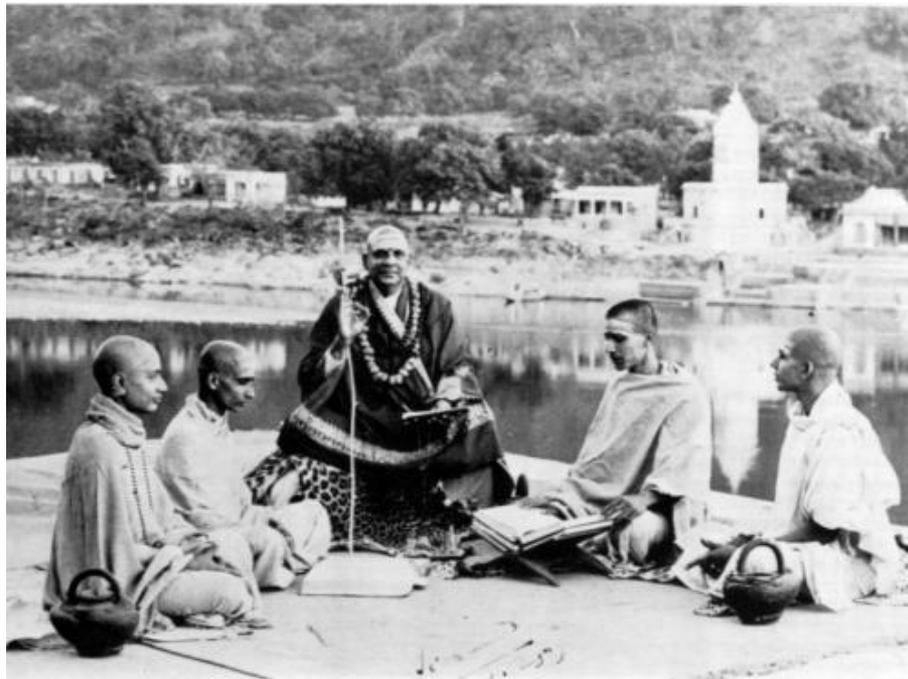
№ 2 СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

№ 3. ЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД МАРШРУТИЗАЦИИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. и др. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей (учебник).- М.:Горячая линия, 2004, 510 с.
2. Томаси У. Электронные системы связи. - М.: Техносфера, 2007,1360 с.
3. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи (учебник) - М.:Новое знание, 2002, 750 с.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. - М: Вильямс, 2007 , 1104 с.
5. Величко В.В., Катунин Г.П., Шувалов В.П. Основы инфокоммуникационных технологий. - М.: Горячая линия, 2009, 712 с.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. УРОВНИ ПЕРЕДАЧИ



« Основные понятия Веданты»
Из книги Свами Шивананды « Йога и сила мысли»

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

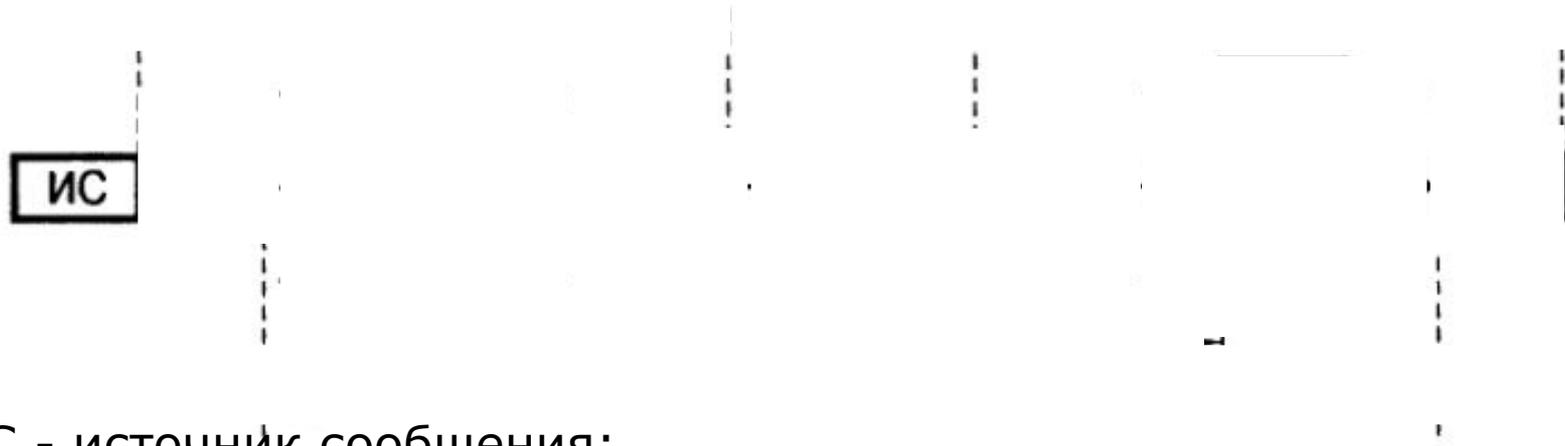
Связь (communication) - обмен информацией или пересылка информации с помощью средств, функционирующих в соответствии с согласованными правилами (называемыми в конкретных условиях протоколами).

Электросвязь - это передача и прием сообщений с помощью сигналов электросвязи по проводной, радио, оптической или другим средам распространения.

Сообщение - форма представления информации для передачи ее от источника информации к потребителю.

Сигнал - физический процесс, отображающий (несущий) передаваемое сообщение, т.е. это изменяемая физическая величина (ток, напряжение, электромагнитное поле, световые волны и т.д.).

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ СВЯЗИ



ИС - источник сообщения;

ПР₁ - преобразователь сообщения в электрический сигнал (первичный сигнал);

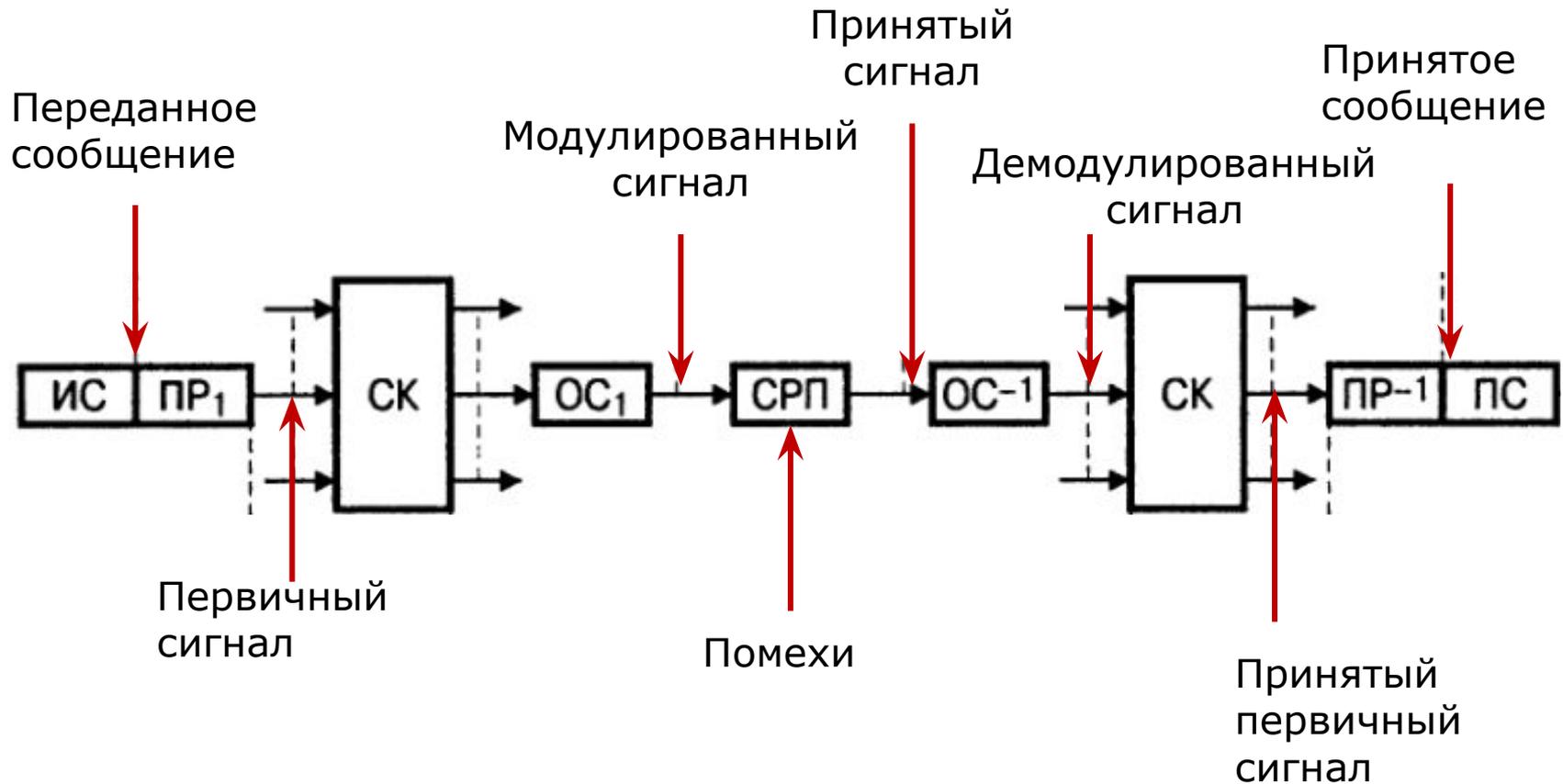
СК - станция коммутации, представляющая совокупность коммутационной и управляющей аппаратуры;

ОС₁ - оборудование сопряжения (преобразование первичных сигналов в линейные электрические сигналы, физические характеристики которых согласуются с параметрами передачи среды распространения);

СРП - среда распространения;

ПС - получатель сообщения.

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ СВЯЗИ



СРЕДА РАСПРОСТРАНЕНИЯ. ШКАЛА ЧАСТОТ

Частота – количество периодических изменений сигнала (напряжения или тока) в единицу времени



Пример. Определить длину волны для частоты 100 кГц

$$\lambda = c / f; \quad \lambda = 3 \cdot 10^8 / 10^5 = 3 \cdot 10^3 \text{ м} = 3 \text{ км}$$

УРОВНИ ПЕРЕДАЧИ

Уровень - размер величины, выраженный в виде логарифма отношения значения этой величины к опорному значению.

Обязательное условие для вычисления уровня - принятие некоторой величины оцениваемого параметра **за эталон сравнения** ("нулевой уровень" или "уровень сравнения").

Единицы измерения уровней:

- ❑ децибелы (дБ) для десятичного логарифма;
- ❑ неперы (Нп) для натурального логарифма.

Вид уровня зависит от того, какое значение оцениваемого параметра сигнала выбрано в качестве эталона сравнения.

- ❑ *Виды уровней :*
- ❑ относительный;
- ❑ абсолютный;
- ❑ измерительный.

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Относительный уровень мощности ($\rho_{ом}$) - отношение, выраженное в децибелах, значения мощности сигнала в какой-либо точке линии передачи относительно значения мощности этого же сигнала, в точке линии, выбранной для сравнения.

Относительные уровни передачи:

□ по мощности: $\rho_{ом} = 10 \lg \frac{W_x}{W_0}$ *ом*

□ по напряжению: $\rho_{в} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}$ *он*

□ по току: $\rho_{от} = 20 \lg \frac{I_x}{I_0}$ *от*

Точка нулевого относительного уровня (ТНОУ) – точка, относительно которой определяются уровни. Собственный уровень этой точки равен 0.

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Взаимосвязь между численными значениями уровней передачи по мощности, напряжению и току

$$P_{\text{от}} = P_{\text{он}} - 10 \lg \frac{R_x}{R_0} \quad P_{\text{от}} = P_{\text{от}} + 10 \lg \frac{R_x}{R_0}$$

Переход к абсолютным величинам мощности, напряжения или тока:

$$W_x = W_0 \cdot 10^{0.1 P_{\text{от}}}$$

$$I_x = I_0 \cdot 10^{0.05 P_{\text{от}}}$$

$$U_x = U_0 \cdot 10^{0.05 P_{\text{от}}}$$

АБСОЛЮТНЫЙ УРОВЕНЬ

Абсолютный уровень - уровень величины, вычисленный по отношению к **опорному** значению этой величины.

Опорная мощность – это активная мощность $W_0 = 1 \text{ мВт}$;
Сопротивление $R = 600 \text{ Ом}$

$$U_0^2 = W_0 R = 0,6 \text{ В}^2$$

Опорное напряжение – это эффективное напряжение $U_0 = 0,775 \text{ В}$ на сопротивлении $R = 600 \text{ Ом}$

$$I_0 = W_0 / U_0 = 1,29 \text{ мА}$$

Опорный ток – это эффективное значение тока $I_0 = 1,29 \text{ мА}$, протекающего через сопротивление $R = 600 \text{ Ом}$. 29

АБСОЛЮТНЫЙ УРОВЕНЬ

Абсолютный уровень мощности (дБ_M) - отношение, выраженное в дБ, значения мощности сигнала в какой-либо точке линии передачи к опорному значению мощности этого же сигнала (1 мВт).

Абсолютный нулевой уровень мощности 0 дБ_M соответствует 1 мВт .

Абсолютный уровень напряжения (дБ_H) - отношение значения напряжения сигнала в какой-либо точке линии передачи к опорному эффективному значению напряжения этого же сигнала ($0,775 \text{ В}$).

АБСОЛЮТНЫЙ УРОВЕНЬ

Абсолютный уровень тока (дБ_T)- отношение значения тока сигнала в какой-либо точке линии передачи к опорному эффективному значению тока этого же сигнала, ($1,29 \text{ мА}$).

Связь между относительным и абсолютными уровнями
Относительный уровень сигнала равен разности абсолютных уровней в данной точке линии (p_x) и в точке линии, выбранной для сравнения (p_0):

$$p_{OM} = p_{MX} - p_{M0} ;$$

$$p_{OH} = p_{HX} - p_{H0} ;$$

$$p_{OT} = p_{TX} - p_{T0} .$$

ПРИМЕР

1. Определить величины мощности и напряжения гармонического сигнала на сопротивлении $R = 150 \text{ Ом}$, если известно, что абсолютный уровень мощности сигнала на этом сопротивлении $p_m = -7 \text{ дБ}_m$.

$$W_c = W_0 \cdot 10^{0.1 p_m} = 10^{-3} \cdot 10^{0.1(-7)} \approx 0.2 \text{ мВт}$$

$$W_c = U_c^2 / R$$

$$U_c = \sqrt{W_c R} = \sqrt{0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 150} = 173 \text{ мВ}$$

ПРИМЕР

2. Напряжение гармонического испытательного сигнала, измеренное в канале передачи на сопротивлении $R = 75 \text{ Ом}$, составляет $U_c = 1 \text{ мВ}$. Найти соответствующие этому напряжению абсолютные уровни по мощности и по напряжению (в дБ).

$$p_n = 20 \lg \frac{U_c}{U_0} = 20 \lg \frac{10^{-3}}{0.775} = -57.8 \text{ дБ}_n$$

$$W_c = U_c^2 / R = \frac{(10^{-3})^2}{75} = 1.33 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}$$

$$p_m = 10 \lg \frac{W_c}{W_0} = 10 \lg \frac{1.33 \cdot 10^{-8}}{10^{-3}} = -48.76 \text{ дБ}_m$$

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Измерительный уровень - абсолютный уровень в рассматриваемой точке при условии, что в начале линии включен нормальный генератор.

Нормальный генератор - генератор синусоидальных колебаний определенной частоты (обычно 800 Гц) с внутренним активным сопротивлением, равным 600 Ом и ЭДС, равной 1,55 В ($2 \cdot U_0 = 2 \cdot 0,755$ В).

Если входное сопротивление канала активно и равно 600 Ом, то при подключении нормального генератора на входе линии оказывается абсолютный нулевой уровень:

$$W_0 = 1 \text{ мВт}; U_0 = 0,775 \text{ В}; I_0 = 1,29 \text{ мА}.$$

Уровни по мощности, отнесенные к точке с нулевым измерительным уровнем, обозначают через *дБм0*.

ЗАТУХАНИЕ И УСИЛЕНИЕ В КАНАЛЕ ПЕРЕДАЧИ

Усиление устройства - логарифм отношения значения величины, измеряемой на выходе устройства, к значению величины, измеряемой на входе этого устройства.

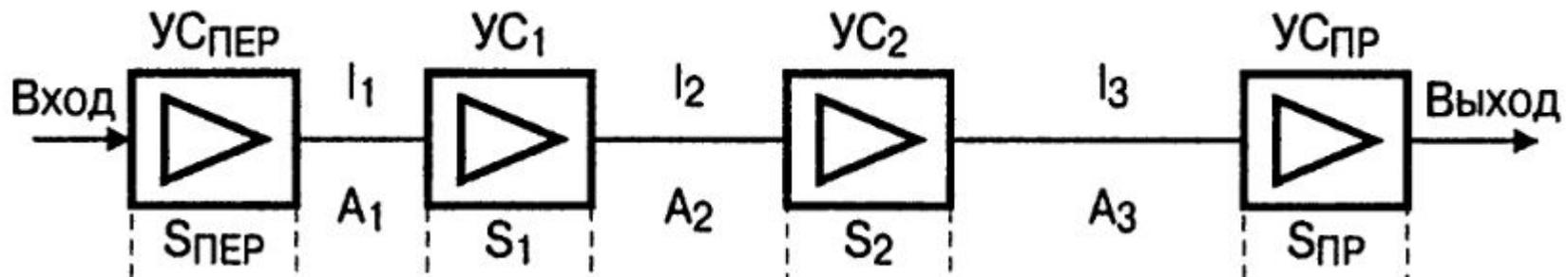
$$S = 10 \lg(W_{\text{ВЫХ}} / W_{\text{ВХ}}), \text{ дБ} \quad S = 10 \lg(W_{\text{Н}} / W_{\text{Г}}) = p_{\text{Н}} - p_{\text{Г}}, \text{ дБ}$$

Затухание устройства - логарифм отношения значения величины, измеряемой на входе устройства, к значению величины, измеряемой на выходе этого устройства (или цепи)

$$A = 10 \lg(W_{\text{ВХ}} / W_{\text{ВЫХ}}), \text{ дБ} \quad A = 10 \lg(W_{\text{Г}} / W_{\text{Н}}) = p_{\text{Г}} - p_{\text{Н}}, \text{ дБ}$$

ДИАГРАММА УРОВНЕЙ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ

Диаграмма уровней - график, показывающий распределение уровней передачи вдоль тракта передачи.



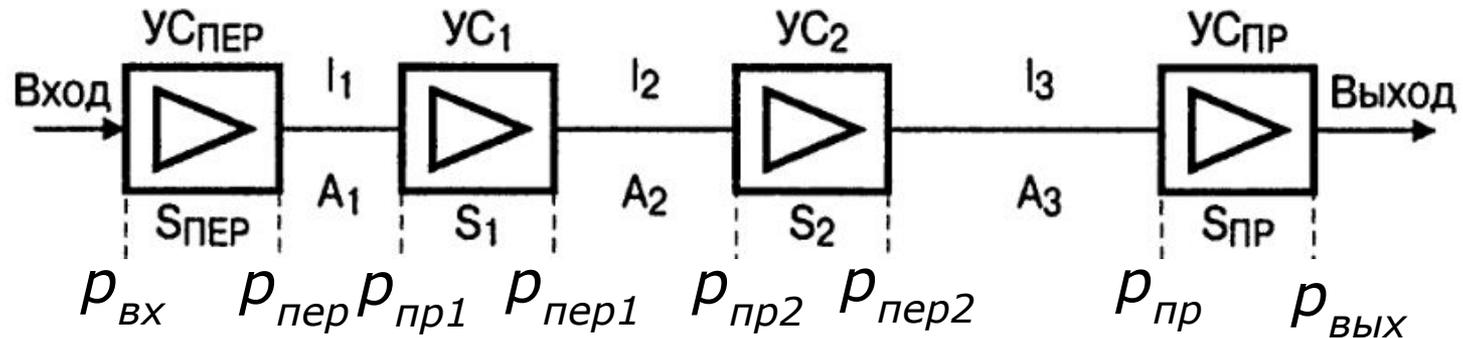
$УС_{пер}$ - усилитель с усилением равным $S_{пер}$;

I_1, I_2, I_3 - участки линии связи (среды распространения) с затуханием, равным A_1, A_2, A_3 ;

$УС_1, УС_2$ - промежуточные усилители с усилением S_1, S_2 ;

$УС_{пр}$ - усилитель с усилением равным $S_{пр}$

ДИАГРАММА УРОВНЕЙ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ



Уровни передачи на выходе i -го усилителя:

$$P_{перi} = P_{при} + S_i$$

Уровни приема на входе i -го усилителя:

$$P_{при} = P_{пер(i-1)} - A_i$$

Остаточное затухание равно разности между суммой всех рабочих затуханий, имеющих в канале, и суммой всех рабочих усиления: $A_r = \sum A_{pi} - \sum S_{pk}$

ДИАГРАММА УРОВНЕЙ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ

Диаграмма уровней - график, показывающий распределение уровней передачи вдоль тракта передачи.

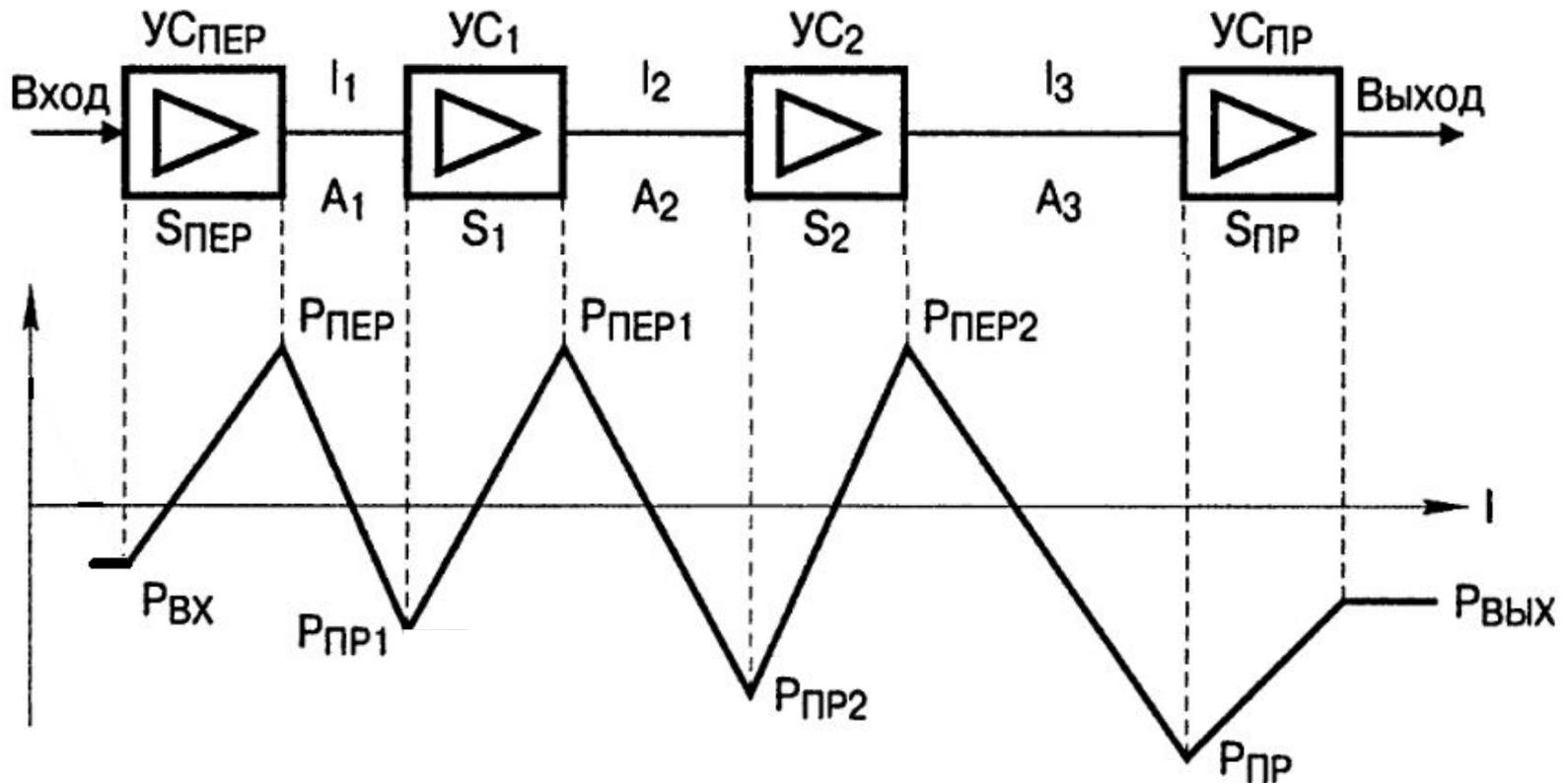


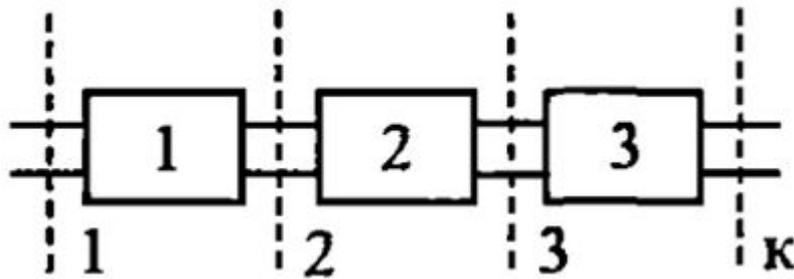
ДИАГРАММА УРОВНЕЙ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ

Измерительная диаграмма уровней соответствует измерительному уровню мощности на входе $p_{\text{изм}}$

Относительная диаграмма уровней – это диаграмма, при которой уровень в произвольной точке системы сравнивается с уровнем передачи в определенной выбранной точке. Она показывает, на сколько уровень сигнала в произвольной точке больше (меньше) опорного уровня

ПРИМЕР

Дано: трехкаскадная система состоит из двух усилителей и одного фильтра. Входная мощность $W_{вх} = 0,1$ мВт. Абсолютные коэффициенты усиления по мощности $S_1 = 100$, $S_2 = 40$ и $S_3 = 0,25$.



Определить: 1) абсолютный уровень входной мощности:

$$\rho_{вх}^{БМ} = 10 \lg \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = -10$$

ПРИМЕР

$$S_1 = 100, S_2 = 40 \text{ и } S_3 = 0,25$$

2) выходную мощность $W_{\text{вых}}$ в Вт и дБм;

$$W_{\text{вых}} = W_{\text{вх}} \cdot 100 \cdot 40 \cdot 0,25 = 0,1$$

$$P_{\text{дБм}} = 10 \lg \frac{0,1}{10^{-3}} = 20$$

3) усиление дБ каждого из этих трех каскадов;

$$\delta B_1 = 20$$

$$\delta B_2 = 16$$

$$\delta B_3 = -6$$

ПРИМЕР

4) результирующий коэффициент усиления в дБ;

$$\delta B_{рез, дБ} = 10 \lg(100 \cdot 40 \cdot 0.25) = 30$$

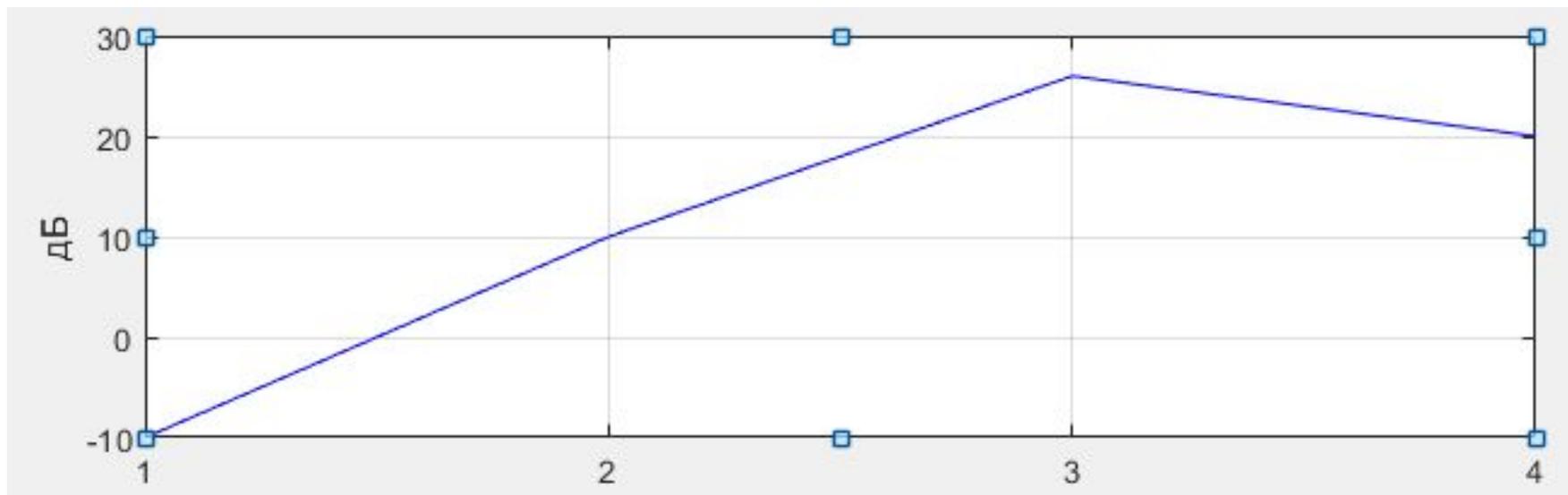
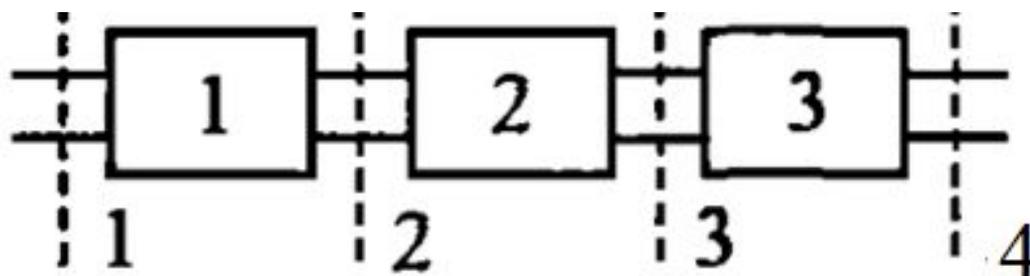
$$\delta B_{рез, дБ} = S_{1, дБ} + S_{2, дБ} + S_{3, дБ} = 30$$

5) остаточное затухание; $\Delta B_{рез} = -30$

6) построить диаграммы уровней системы

ПРИМЕР. ДИАГРАММА АБСОЛЮТНЫХ РОВНЕЙ

$\rho_{\text{вх}}^{\text{БМ}} = -10$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = 20$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = 16$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = -6$; $\rho_{\text{вх}}^{\text{БМ}} = 20$;



ПРИМЕР. ДИАГРАММА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ УРОВНЕЙ

$\rho_{\text{вх}}^{\text{БМ}} = -10$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = 20$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = 16$; $\delta_{\text{БМ}}^{\text{БМ}} = -6$; $\rho_{\text{вх}}^{\text{БМ}} = 20$;

