

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ



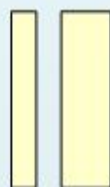
- 1. Электромагнитная совместимость.***
- 2. Электромагнитные влияния***

Список литературы по курсу

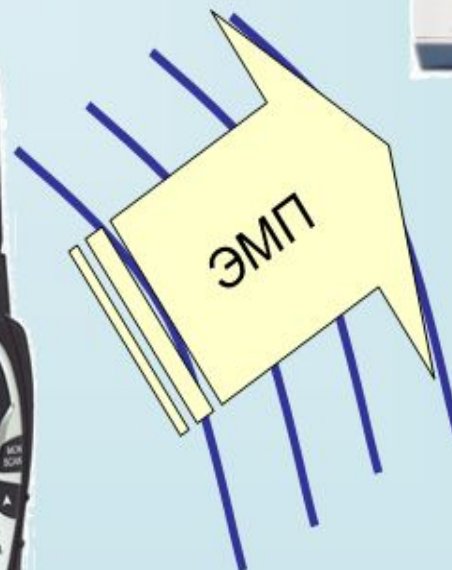
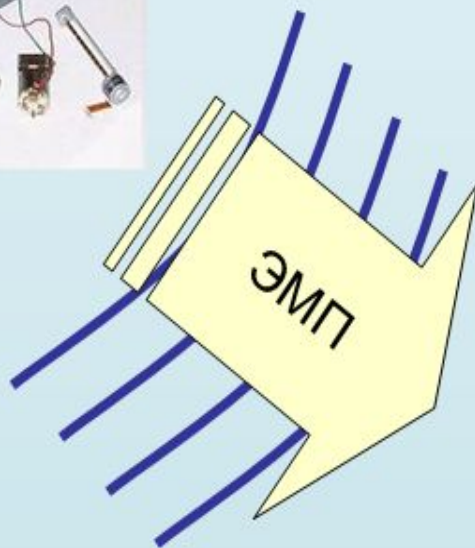
- Вагин Г. Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник / Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов, А. А. Севостьянов. - М., 2010. - 223, [1] с. : ил., табл.
- Овсянников А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : [учебник] / А. Г. Овсянников, Р. К. Борисов. - Новосибирск, 2010. - 196 с. : ил.
- Цицикян Г.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. СПб: из-во Эл-мор, 2007. - 184 с.
- Колечицкий Е. С. Защита биосферы от влияния электромагнитных полей / Е. С. Колечицкий, В. А. Романов, В. Г. Карташев. - М., 2008. - 350, [1] с. : ил.
- Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. Под ред. Дьякова А. Ф. М.: Энергоатомиздат, 2003
- Э. Хабигер. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. М.: Энергоатомиздат, 1995.
- А. Й. Шваб Электромагнитная совместимость. - Энергоатомиздат, М., 1995 г.
- К:\Учебно-научная лаборатория электротехническое материаловедение (УНЛ ЭТМ)\Нестеров Сергей Валерьевич\Электромагнитная совместимость

Понятие электромагнитной совместимости

- Понятие **совместимости** предполагает наличие как минимум двух субъектов, один из которых воздействует на другой.
- **Воздействие** характеризуется действующим фактором, для которого должны быть определены:
 - значение величины действующего фактора для одного субъекта,
 - значение величины, характеризующей устойчивость к действующему фактору другого субъекта.

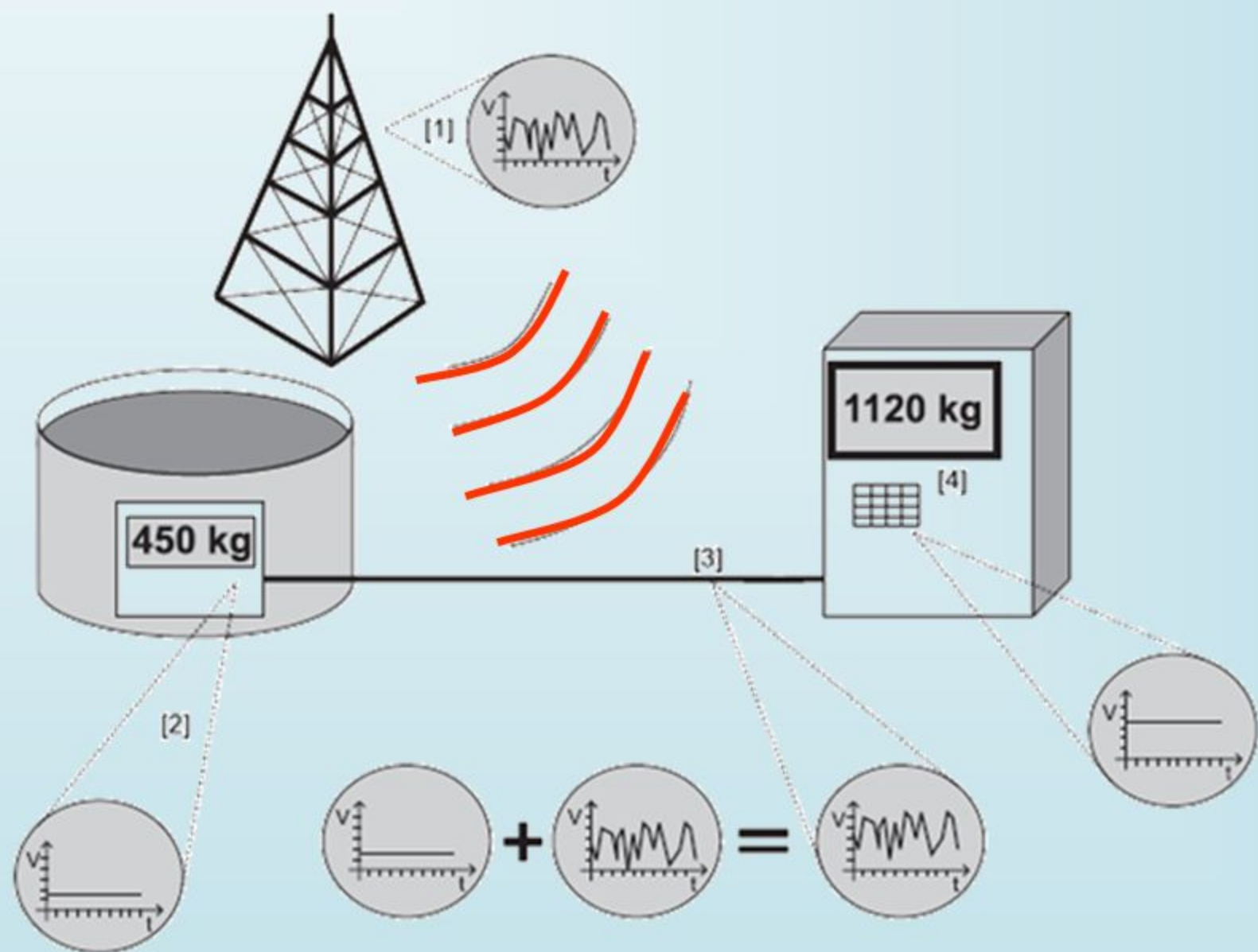


Помехи по цепи
электропитания



Взаимодействие технических средств

Пример воздействия на измерительную линию



Помеха из-за излучения [1] на указателе уровня [2], линии [3], контрольном блоке [4]

Любые электрические и электронные изделия, способные создавать электромагнитные помехи и восприимчивые к их воздействию, должны быть изготовлены таким образом, чтобы:

- **создаваемые ими электромагнитные помехи не превышали уровня**, обеспечивающего функционирование оборудования и других изделий в соответствии с их назначением;
- **изделия имели достаточный уровень собственной устойчивости** к электромагнитным помехам, обеспечивающий их функционирование в соответствии с назначением.

ГОСТ 30372-95 (ГОСТ Р 50397-92)

Межгосударственный стандарт

СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение:

Электромагнитная совместимость

технических средств: способность

технического средства функционировать с

заданным качеством в заданной

электромагнитной обстановке и не создавать

недопустимых электромагнитных помех

другим техническим средствам.

Техническое средство: изделие, оборудование, аппаратура или их составные части, функционирование которых основано на законах электротехники, радиотехники и (или) электроники,...., которые выполняют одну или несколько следующих функций: усиление, генерирование, преобразование, переключение и запоминание.

Примечание. Техническое средство может быть радиоэлектронным средством (РЭС), средством вычислительной техники (СВТ), средством электронной автоматики (СЭА), электротехническим средством, а также изделием промышленного, научного и медицинского назначения.



Электромагнитная совместимость (ЭМС) является современным понятием, объединяющим такие известные электромагнитные явления, как радиопомехи, влияние на сеть, перенапряжения, колебания напряжения сети, электромагнитные влияния, паразитные связи, фон промышленной частоты 50 Гц, воздействия заземления и т.д.

Критерии качества функционирования технических средств при воздействии помех

- Критерий А – воздействие ЭМП никак не отражается на функциональных характеристиках аппаратуры, работа которой до, во время и после воздействия помехи происходит в полном соответствии с техническими условиями или стандартами.
- Критерий В – допускается временное ухудшение функциональных характеристик аппаратуры в момент воздействия помехи. После прекращения воздействия ЭМП функционирование полностью восстанавливается без вмешательства обслуживающего персонала.

- Критерий С – аналогичен *B*, но, в отличие от него, допускает вмешательство персонала для восстановления работоспособности аппаратуры (например, перезагрузки «зависшей» цифровой системы, повторного набора номера и т.п.).
- Критерий D – физическое повреждение аппаратуры под действием помехи. Восстановление работоспособности возможно только путем ремонта.

Определение

Электромагнитная обстановка:

совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах.

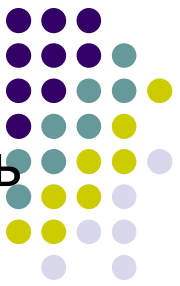
***(ГОСТ Р 50397-92)**

2. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики



**Основными понятиями в теории
электромагнитной
совместимости являются понятия
передатчиков
и приемников электромагнитной энергии
(электромагнитных помех)
в их расширенном понимании.**

На объектах электроэнергетики передатчиками электромагнитных воздействий, которые могут оказывать влияние на автоматические и автоматизированные системы технологического управления электротехническими объектами являются:



1. Переходные процессы в цепях высокого напряжения при коммутациях силовыми выключателями и разъединителями;
2. Переходные процессы в цепях высокого напряжения при коротких замыканиях, срабатывании разрядников или ограничителей перенапряжений;
3. Электрические и магнитные поля промышленной частоты, создаваемые силовым оборудованием станций и подстанций;



4. Переходные процессы в заземляющих устройствах подстанций, обусловленные токами КЗ промышленной частоты и токами молний;
5. Быстрые переходные процессы при коммутациях в индуктивных цепях низкого напряжения;
6. Переходные процессы в цепях различных классов напряжения при ударах молнии непосредственно в объект или вблизи него;
7. Разряды статического электричества;
8. Электромагнитные возмущения в цепях оперативного тока.
9. Электромагнитные импульсы ядерных взрывов;
10. Магнитное поле Земли при аномальных явлениях на поверхности Солнца.

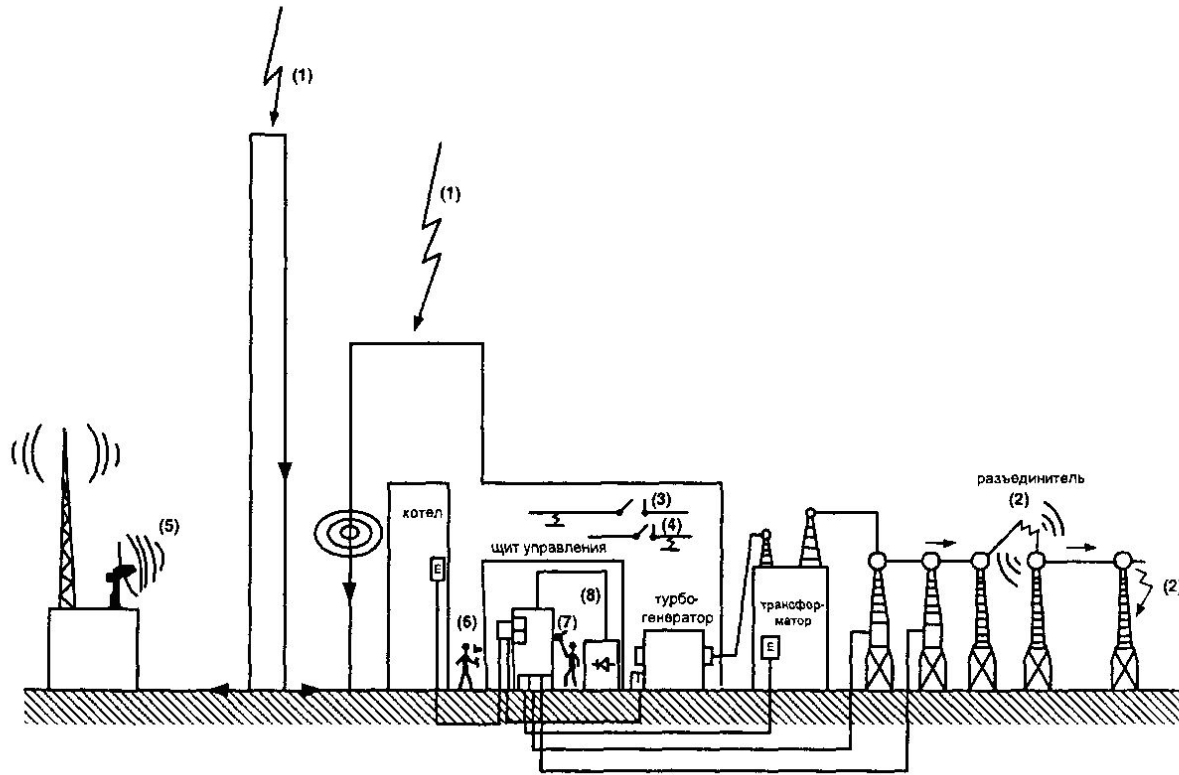
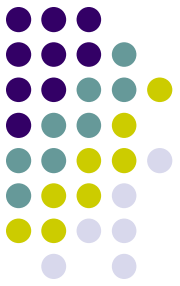


С учетом изложенного

**электрическое устройство считается
совместимым,**

**если оно в качестве передатчика является
источником**

**электромагнитных помех не выше допустимых,
а в качестве приемника обладает допустимой
чувствительностью к посторонним влияниям,
т.е. достаточной помехоустойчивостью
и иммунитетом**



Источники электромагнитных воздействий на электрических станциях и подстанциях: 1 – удар молнии; 2 – переключения и короткие замыкания (КЗ) в сети высокого напряжения; 3 – переключения и КЗ в сети среднего напряжения (СН); 4 - переключения и КЗ в сети низкого напряжения (НН); 5 – внешние источники радиочастотных излучений; 6 – внутренние источники радиочастотных излучений; 7 – разряды статического электричества; 8 – источники кондуктивных помех по цепям питания

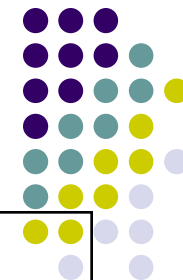


Электромагнитные влияния могут проявляться в виде обратимых и необратимых нарушений.

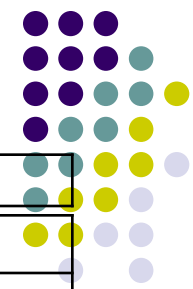
Так, в качестве обратимого нарушения можно назвать шум при телефонном разговоре.

К необратимому нарушению относится сбой в работе системы релейной защиты, приведший к отключению нагрузки.

Примеры повреждений и неправильной работы устройств РЗА из-за воздействия электромагнитных помех



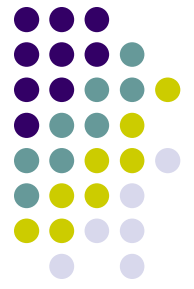
№ п.п.	Событие	Последствия	Причины
<i>Коммутации в первичных цепях</i>			
1.	Коммутация выключателем на ПС с элегазовым РУ	Ложная работа РЗА. Отключилась линия 110 кВ	Неисправно ЗУ. Высокий уровень импульсных помех
2.	Коммутация выключателем 10 кВ на ПС с закрытым РУ	Ложная работа РЗА. Отключилась линия 110 кВ	Импульсные помехи в сети постоянного тока более 2 кВ
3.	Коммутация выключателем на ПС с элегазовым РУ	Повреждение электронного реле	Высокий уровень импульсных помех. Низкая помехоустойчивость реле
4.	Коммутация выключателем на ПС с элегазовым РУ	Сбой в работе автоматики контроля плотности элегаза. Заблокировано управление выключателями 110 кВ	Низкая помехоустойчивость аппаратуры
5.	Коммутация выключателем 110 кВ на ПС с открытым РУ	Ложное отключение выключателя 220 кВ	Импульсные помехи в цепях оперативного тока



№ п.п.	Событие	Последствия	Причины
<i>Короткие замыкания на землю в цепях высокого напряжения</i>			
6а	КЗ на землю на шинах 110 кВ ПС с открытым РУ	Повреждение аппаратуры РЗА, коммутационных аппаратов в сети постоянного тока. Отключились 6 линий 110 кВ	Неисправно ЗУ.
6б	Ближнее КЗ на землю ПС с открытым РУ	Возгорание кабелей в кабельном канале	Перекрытие с ЗУ на цепи постоянного тока
7.	КЗ на шинах 110 кВ ПС с открытым РУ	Ложная работа Отключилась линия 500кВ	Неисправно ЗУ.
8.	КЗ на шинах ПС с закрытым РУ	Ложная работа РЗА. Отключилась линия 110 кВ	Неисправно ЗУ.
9.	КЗ на шинах ОРУ-110кВ	Ложно отключается блок генераторов на ТЭЦ	Неисправно ЗУ.



№ п.п.	Событие	Последствия	Причины
<i>Удары молнии в территорию подстанции</i>			
10.	Удар молнии в молниеприемник на ОРУ ПС	Повреждение устройств системы автоматического управления. Загорелось реле на распределительном щите	Неправильно выполнена молниезащита
11.	Удар молнии в молниеприемник ОРУ ПС	Отключение 8 выключателей на РУ 110 кВ, 2 на РУ 220 кВ	Неправильно выполнена молниезащита
<i>Стационарные режимы</i>			
12.	Нормальный режим на ТЭЦ	Ложно работает микропроцессорная защита генератора. Отключился блок генератора	Помехи в цепях дискретных сигналов. Неэкранированный кабель



Уровень помех. Помехоподавление.

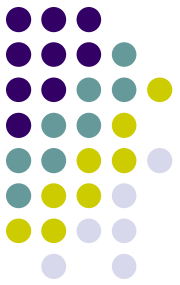


Для количественной оценки электромагнитной совместимости широкое применение нашли т.н. логарифмические масштабы, позволяющие наглядно представлять соотношения величин, отличающихся на несколько порядков.

Существует два вида логарифмических отношений – уровень и степень передачи.

Уровни определяют отношение величины к базовому значению.

Степень передачи определяется отношением входных и выходных величин системы и служит характеристикой ее трансляционных (передаточных) свойств.



Обозначения дБ и Нп указывают исключительно на вид использованной функции логарифма (\lg или \ln).

Данные обозначения не являются единицами, но часто используются как таковые.

Логарифмические относительные характеристики. Уровни помех.



С применением десятичного логарифма определяются следующие уровни помех, измеряемые в децибелах:

Напряжение: $u_{\text{дБ}} = 20 \lg(u_x / u_0)$, где $\mu\text{кВ} / 1$

Ток : $i_{\text{дБ}} = 20 \lg(i_x / i_0)$, где $\mu\text{кА} / 1$

Напряженность электрического поля:

$E_{\text{дБ}} = 20 \lg(E_x / E_0)$, где $\text{кВ} / 1 \text{ м} /$

Напряженность магнитного поля:

$H_{\text{дБ}} = 20 \lg(H_x / H_0)$, где $\text{кА} / 1 \text{ м} /$

Мощность: $P_{дБ} = 10 \lg(P_x/P_0)$, где $P_0 = 1 \text{ пВт}$



В данных соотношениях введен множитель 20, обеспечивающий простое выражение мощности в относительных логарифмических единицах:

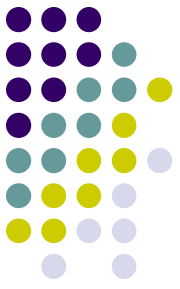
Найдем выражение $P_{дБ}$ через $u_{дБ}$ и $i_{дБ}$

$$u_{дБ} = 20 \lg(u_x / u_0), \quad \text{откуда} \quad u_x = u_0 \cdot 10^{\frac{u_{дБ}}{20}}$$

Аналогично $i_x = i_0 \cdot 10^{\frac{i_{дБ}}{20}}$

Следовательно,

$$P_x = u_x \cdot i_x = u_0 i_0 \cdot 10^{\frac{u_{\partial B} + i_{\partial B}}{20}} = P_0 \cdot 10^{\frac{u_{\partial B} + i_{\partial B}}{20}},$$

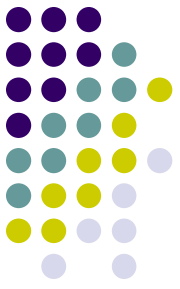


откуда

$$P_x / P_0 = 10^{\frac{u_{\partial B} + i_{\partial B}}{20}}.$$

Но по определению

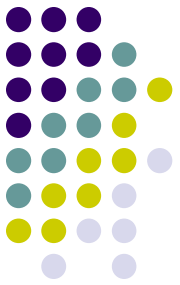
$$P_{\partial B} = 10 \lg(P_x / P_0) = 10 \lg(10^{\frac{u_{\partial B} + i_{\partial B}}{20}}) = (u_{\partial B} + i_{\partial B}) / 2$$



Кроме десятичных логарифмов используются также и натуральные логарифмы. При этом уровень помех измеряется в неперах.

Напряжение: $u_{Hn} = \ln(u_x / u_0)$, где $u_0 \in 1$

Ток $i_{Hn} = \ln(i_x / i_0)$, где $i_0 \in 1$



Напряженность электрического поля:

$$E_{Hn} = \ln(E_x / E_0), \quad \text{где } E_0 = 1 \text{ мкВ/м};$$

Напряженность магнитного поля:

$$H_{Hn} = \ln(H_x / H_0), \quad \text{где } H_0 = 1 \text{ мкА/м};$$

Мощность:

$$P_{Hn} = 0,5 \ln(P_x / P_0), \quad \text{где } P_0 = 1 \text{ пВт}.$$

Между децибелом и непером существуют соотношения: 1 Нп = 8,686 дБ или 1 дБ = 0,115 Нп.

Приведем наиболее часто используемые характерные значения дБ и соответствующие им отношения стоящие под знаком логарифма:

2:1 – 6 дБ;

10:1 – 20 дБ = 2,3 Нп;

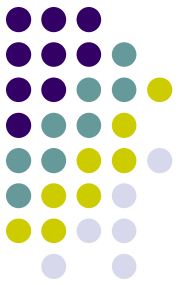
100:1 – 40 дБ = 4,6 Нп;

1000:1 – 60 дБ = 6,9 Нп;

10 000:1 – 80 дБ = 9,2 Нп;

100 000:1 – 100 дБ = 11,5 Нп;

1000 000:1 – 120 дБ = 13,8 Нп.

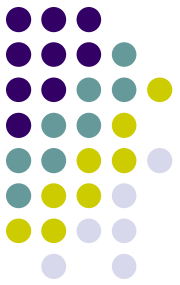


Степень передачи. Помехоподавление



Одним из понятий, характеризующих степень передачи системы, является понятие «помехоподавление».

Понятие «**помехоподавление**» служит для характеристики защитного воздействия средств защиты от помех. Как правило, степень помехоподавления зависит от частоты.



В качестве одной из количественных характеристик степени помехоподавления на той или иной частоте служит логарифм отношения напряжений на входе U_1 и на выходе U_2 фильтра, который называется **коэффициентом затухания a_ϕ** .

В случае напряженности поля в точках пространства перед экраном H_0 и за ним $H_{\text{вм}}$ используется **коэффициент экранирования a_ε** :

$$a_\phi = 20 \lg(U_1 / U_2); \quad a_\varepsilon = 20 \lg(H_0 / H_{\text{вм}}).$$