

**МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПОМЕХ
МЕЖДУ КАБЕЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ**

ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПОМЕХ

Помехи, проявляющиеся в каналах связи, по своему действию подразделяются «На шумы и переходные разговоры», «Напряжение шумов - маскирует слабые составляющие разговорной речи, понижая, тем самым диапазон полезного сигнала», «Переходный разговор - отвлекает внимание разговаривающих абонентов и создает возможность подслушивания посторонних разговоров».

Помехи различаются:

- тепловые, обусловленные дробовыми эффектами в различных элементах кабельной и аппаратной подсистем;
- нелинейные шумы, возникающие вследствие нелинейности аппаратных средств и устройств группового тракта;
- линейные переходы, обусловленные электромагнитным влиянием между цепями кабелей связи.

По действующим нормам МККТТ величина всех помех на эталонной цепи протяженностью 2500 км, в точке с нулевым относительным уровнем, не должна превышать по мощности 10000 пВт(псоф.).

Это соответствует псофометрическому напряжению шумов - 1,1 мВ. Из указанной нормы в 10000 пВт(псоф.) на долю аппаратуры оконечных и транзитных устройств, отводится 2500 пВт, а остальные 7500 пВт идут на линейный тракт в составе – необслуживаемые усилительные пункты и кабельная система (в среднем 3 пВт на 1 км тракта).

Т.е. $10000/2500=4$, умножаем на реальную длину тракта – L , получаем допустимую мощность помех на заданной длине тракта, равной – $4L$ пВт (псоф.).

Из них $3L$ – это шумы кабельной линии.

Эти помехи для линейного тракта по-разному подразделяются для симметричных и коаксиальных кабелей.

В симметричных кабелях основным источником помех являются переходные влияния.

В коаксиальных кабелях – тепловые шумы.

Виды помех	Симм. кабель	Коакс. кабель
Нелинейные шумы	15%	50%
Тепловые шумы	15%	50%
Линейные переходы	70%	-

Имеется в виду, что коаксиальные кабели обладают высокими экранирующими свойствами и, поэтому, линейные переходы не имеют места. Однако переходное затухание и защищенность, как на коаксиальных кабелях, так и на других типах линий, нормируются. Исходя из допустимой величины шумов в каналах связи в $1,1$ мВ, величина защищенности цепей от переходных помех должна быть не менее $54,7$ дБ (или $6,3$ Нп).

НОРМИРОВАНИЕ ШУМОВ В ЦИФРОВЫХ ТРАКТАХ.

Важнейшим критерием является обеспечение требований по качеству работы тракта, которое оценивается рядом событий ошибок.

Контроль основан на наблюдении за четырьмя различными событиями ошибок:

- блок с ошибками (errored block, B) – блок в котором имеется одна или несколько ошибок по битам;
- секунда с ошибками (errored second, ES) – отрезок времени в одну секунду, в котором имеется один или несколько блоков с ошибками;
- секунда пораженная ошибками (severly errored second, SES) – отрезок времени в одну секунду, который содержит > 30% блоков с ошибками или, по крайней мере один период с большим количеством ошибок (severly disfurbed period, SDP) или сильно пораженный период;
- фоновая блочная ошибка (background block errored, BBE) – блок с ошибками не относящийся к секунде с ошибками.

Измерение, указанных выше событий, ошибок дает абсолютные величины. По практическим соображениям, однако, целесообразнее работать с относительными величинами, которые определяются как:

- отношение секунд с ошибками к общему числу секунд в измерительном интервале (Errored Second Ratio, ESR);
- отношение секунд с большим количеством ошибок к общему числу секунд в измерительном интервале (Severely Errored Second Ratio, SESR);
- отношение количества блоков с ошибками к общему числу блоков в измерительном интервале (Background Block Errored Ratio, BBER).

В соответствии с определением событий с ошибками при расчете коэффициента BBER исключаются все блоки во время секунд с большим количеством.

Во всех трех определениях следует учесть, что для соотношения могут браться только периоды готовности измеряемой системы передачи.

В таблице приведены целевые величины из конца в конец для опорного тракта ЦСП ПЦИ длиной 27500 км значения некоторых параметров ошибок.

Скорость передачи, кбит/сек	64	2048	8448	34368	139264
Бит/блок	-	2048	4224	4296	17408
Длительность блока, мкс	-	1000	500	125	125
ESR	0,08	0,04	0,05	0,075	0,16
SESR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
BBER	-	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$

В общем случае суммарная мощность линейных помех возникающих в кабельных цепях без учета помех от внешних электромагнитных полей может быть представлена в следующем виде: $N_{\Sigma} = N_{\text{пвдк}} + N_{\text{пвбк}} + N_{\text{пп}} + N_{\text{тш}}$, где, $N_{\text{пвдк}}$ – мощность помех за счет переходных влияний на дальнем конце, обусловленная значением защищенности на дальнем конце цепи A_3 ; $N_{\text{пвбк}}$ – мощность помех за счет переходного влияния на ближнем конце, обусловленная значением защищенности на ближнем конце цепи A_0 ; $N_{\text{пп}}$ – мощность помех за счет попутных и встречных потоков, обусловленная неоднородностями волнового сопротивления линии $\Delta Z_{\text{в}}$; $N_{\text{тш}}$, - мощность теплового шума, и для различных типов металлических направляющих систем (симметричный или коаксиальный кабель) преобладают те или иные составляющие суммарной мощности помех.

Закон распределения мощности суммарных помех близок к нормальному и, учитывая, что для большинства линейных кодов (например 5B6B) с амплитудой импульса, равной A , модуль порогового напряжения $D \approx A/2$, вероятность ошибки на длине участка регенерации (P_{yp}) может быть определена следующим образом:

$$P_{yp} = 1 - \Pi\left(\frac{A}{2\sqrt{N_{\Sigma}}}\right)$$

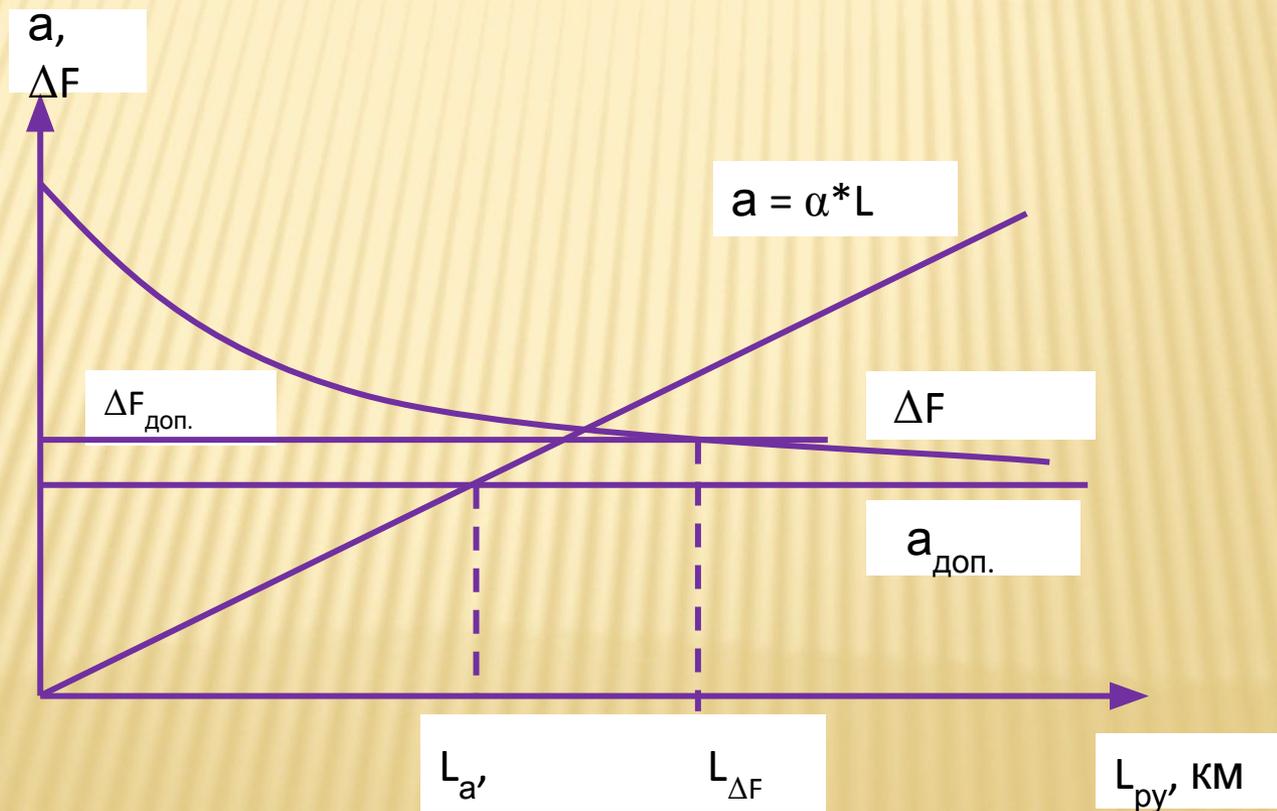
где, Π – интеграл Лапласа – Гаусса; N_{Σ} – суммарная мощность линейных помех на входе линейного регенератора.

Отношение $\frac{A}{2\sqrt{N_{\Sigma}}}$ принято называть отношением сигнал – шум. Если, в качестве примера, принять вероятность ошибки (значение ВВЕР) на длине участка регенерации $P_{yp} = 10^{-10}$, получим $\frac{A}{2\sqrt{N_{\Sigma}}} = 6,47$, при этом $N_{\Sigma} = 0,006A^2$, а $20\lg\left(\frac{A}{2\sqrt{N_{\Sigma}}}\right) = 16,2$ дБ.

В общем случае длина регенерационного участка будет определяться двумя факторами.

Первый – это перекрываемое аппаратурой ЦСП затухание, второй – это широкополосность линии связи, которая в металлических кабелях ограничена шумами.

Сказанное можно пояснить на графике. Здесь a – затухание линии, ΔF – широкополосность линии, ограниченная существующими шумами.



Для уменьшения взаимных влияний применяют различные меры защиты цепей и трактов линий связи.

1. Применение систем передачи и направляющих систем, обеспечивающих малые взаимные влияния:

- оптических кабелей,**
- коаксиальных кабелей,**
- цифровых систем передачи.**

2. При производстве кабелей связи:

- повышение однородности линий,**
- согласованная скрутка в элементарных группах, групп между собой и повивах,**
- экранирование кабельных цепей.**

3. Симметрирование кабелей связи:

- комплекс мер, в процессе строительства или реконструкции линии,**
- комплекс мер, в процессе эксплуатации линии,**

П.1. Применение систем передачи и направляющих систем, обеспечивающих малые взаимные влияния.

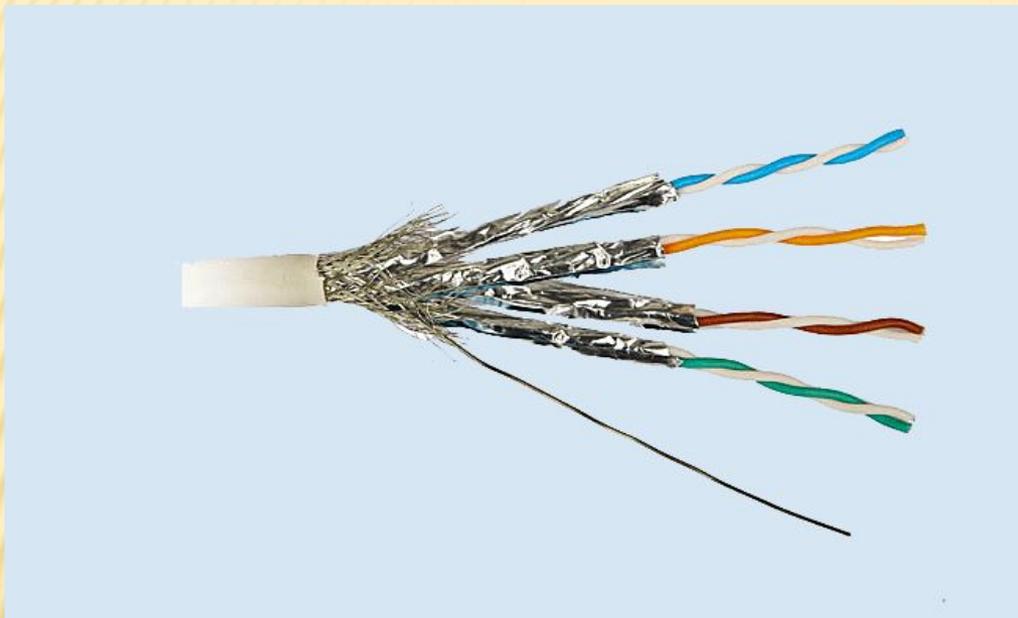
Эта задача предполагает использование современных технологий передачи всех видов информации, предоставления всего объема услуг мультисервисных сетей по существующим направляющим системам в соответствии с их пропускной способностью и проектирование новых сетевых транспортных коммуникаций на базе более совершенных волоконно-оптических линий связи, которые позволят реализовать широкополосный доступ ко всем современным потребностям в услугах связи.

2. ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ:

Согласованные шаги скрутки в элементарных группах, группах между собой и повивов, проведение работ по уменьшению допусков на технологические отклонения размеров токоведущих жил и изоляции, строгое соблюдение технологического процесса производства кабелей, что позволит снизить величины отклонений волнового сопротивления от номинального значения и уровень неоднородности кабельной цепи. Экранирование элементарных групп, коаксиальных пар, кабельного сердечника.

НАПРИМЕР

ВИТАЯ ПАРА ЭКРАНИРОВАННАЯ



Кабель предназначен для передачи данных, разработанных для современных приложений, основанных на линиях класса D, класса E и класса F (до 600 МГц). Кабель специально оптимизирован для широкополосной передачи сигналов в системах кабельного телевидения на частоте до 900 МГц и для современных приложений типа SOHO.

Кабель соответствует стандарту 10 GBASE-T и превышает требования стандарта IES 61156-5 для категории 7 (600 МГц), категории 7e (1000 МГц), категории 6 (250 МГц), категории 6e (500 МГц), категории 5e.

Кабель состоит из 4 индивидуально экранированных витых пар в общей оплетке и покрыт оболочкой из LSZH материала. Благодаря индивидуальному экранированию пар алюминиевой фольгой, кабель обладает крайне высокими значениями переходных затуханий NEXT и FEXT, а параметр ACR имеет значение 30 дБ на частоте до 900 МГц. Для этой серии кабеля характерны стабильные значения волнового сопротивления и затухания, а также отсутствие резонанса на частоте до 900 МГц.

В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

На основе симметричных кабелей:

- низкочастотные линии – выбор операторов скрещивания и снижение значений коэффициентов емкостных связей.
- высокочастотные линии для аналоговых систем передачи – применение концентрированного симметрирования по усилительным участкам путем скрещивания цепей и установки контуров противосвязей;
- высокочастотные линии для цифровых систем передачи – скрещивание цепей при монтаже строительных длин кабеля;

НА ОСНОВЕ КОАКСИАЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

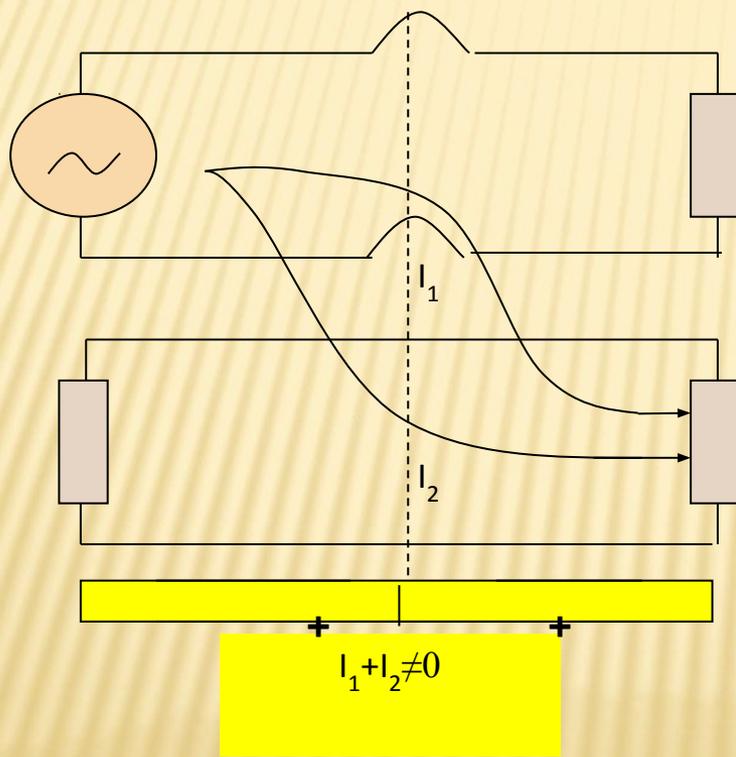
Группирование строительных длин коаксиального кабеля таким образом, что бы концевые величины отклонений волновых сопротивлений от номинального значения увеличивались (уменьшались) к середине усилительного (регенерационного) участка и стремились к номиналу к концу и началу участка.



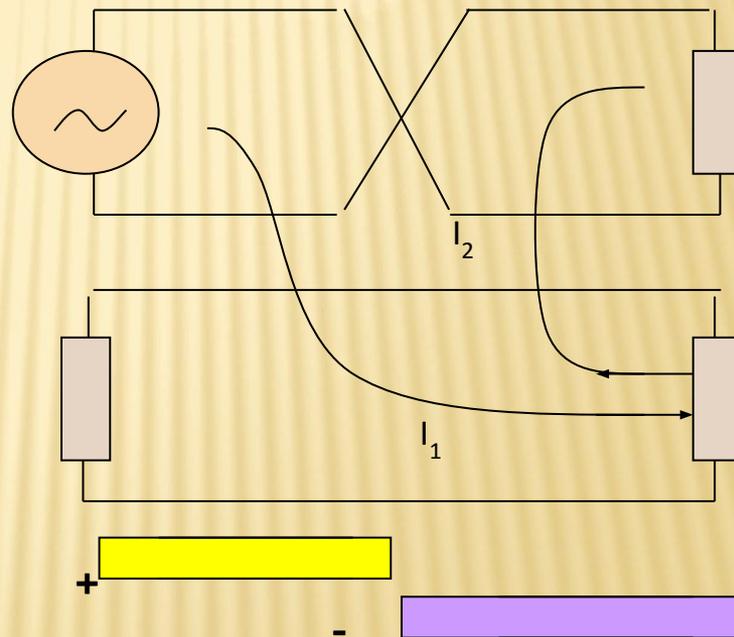
СИММЕТРИРОВАНИЕ НЧ КАБЕЛЕЙ

Скрещивание в кабелях связи.

Принцип скрещивания состоит в том, что токи помех с одного участка линии компенсируются токами помех с другого участка линии.



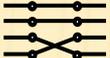
а)



б)

$$I_1 + (-I_2) = 0$$

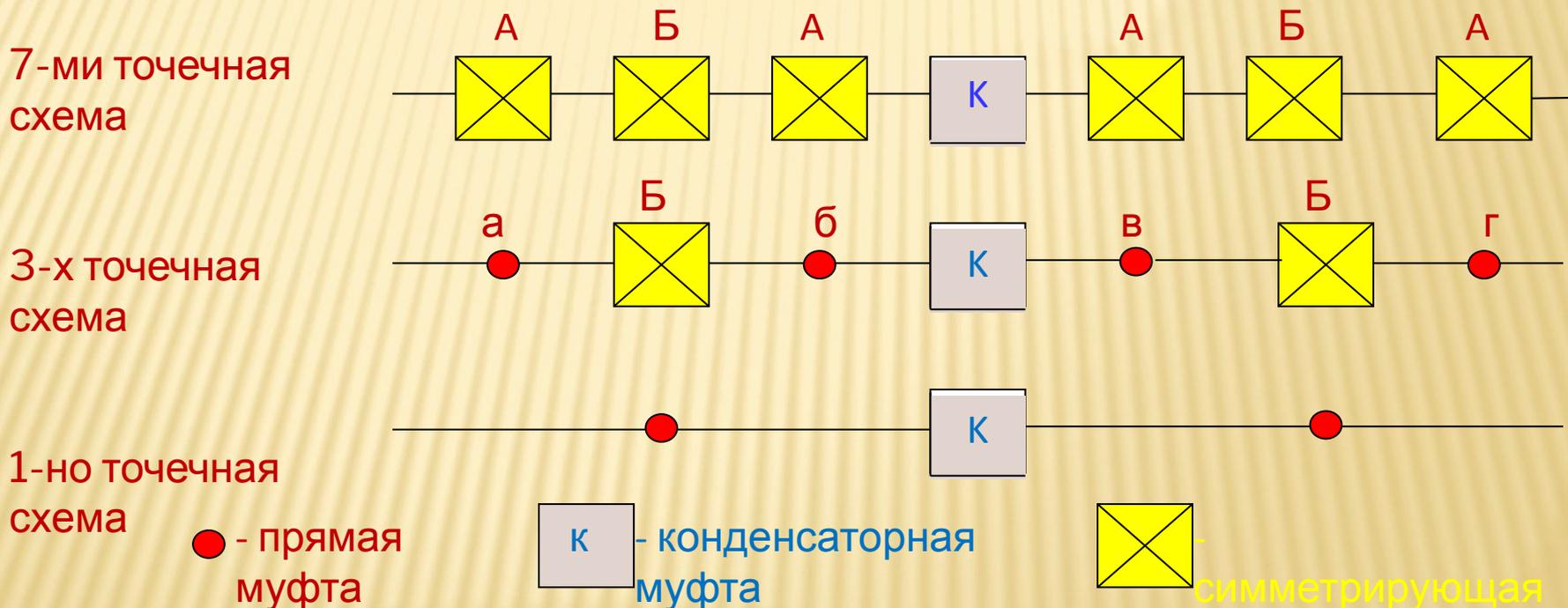
ОПЕРАТОРЫ СКРЕЩИВАНИЯ

№ схемы	1	2	3	4	5	6	7	8
Обозначение оператора	...	x..	.x.	xx.	..x	x.x	.xx	xxx
Схема оператора								

Оператор скрещивания содержит три позиции. Знак первой позиции определяет соединение жил в первой паре, второй – соединение жил второй пары, третьей – соединение в искусственной цепи. В НЧ кабелях, используемых в тональном диапазоне частот преобладают емкостные связи, а магнитные связи незначительны. Поэтому в НЧ кабелях проводится симметрирование скрещиванием и конденсаторное симметрирование для уменьшения только емкостных связей. Симметрирование НЧ кабелей производится в 3 этапа: внутри шагов симметрирования, при соединении шагов симметрирования и на смонтированном участке.

Конечной целью симметрирования НЧ кабелей является обеспечение требуемой защищенности. Шаг симметрирования - это участок линии, на котором проводится симметрирование, его длина не превышает 1,7 – 2км.

Скрещивание цепей внутри шага симметрирования осуществляется по одной из схем: **семиточечной, трехточечной и одноточечной**



В случае невозможности достижения нормативных значений K_1, K_2, K_3 при скрещивании применяется симметрирование дополнительными конденсаторами.

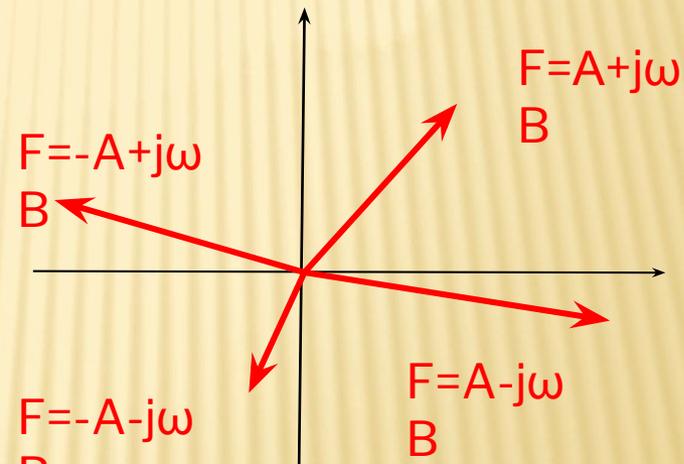
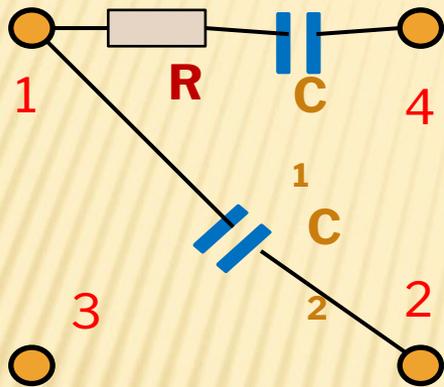
СИММЕТРИРОВАНИЕ ВЧ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ. КОНЦЕНТРИРОВАННОЕ СИММЕТРИРОВАНИЕ.

Основной способ снижения помех от переходных влияний при строительстве линий связи на основе симметричного кабеля состоит из нескольких этапов и применяется на длине усилительного или регенерационного участков (УУ, УР).

1. Систематическое скрещивание пар в четверке при монтаже муфт, соединяющих строительные длины, по оператору – х.. . Это существенно снижает уровень влияния через третьи цепи.
2. Выбор места расположения симметрирующих муфт. Их, как правило, на длине УУ, УР используется одна или три (не на скомпенсированных участках).
3. Подготовка измерительного оборудования по концам участка – комплект ВИЗ-600 или ИКС-600, позволяющего определить величину переходных помех на данном участке.
4. Выбор оператора скрещивания пар в четверке, который обеспечивает соответствующее норме значение переходного затухания на заданном участке по результатам измерений.
5. Установка контуров противосвязей (только для аналоговых трактов).

КОНТУРА ПРОТИВОСВЯЗИ

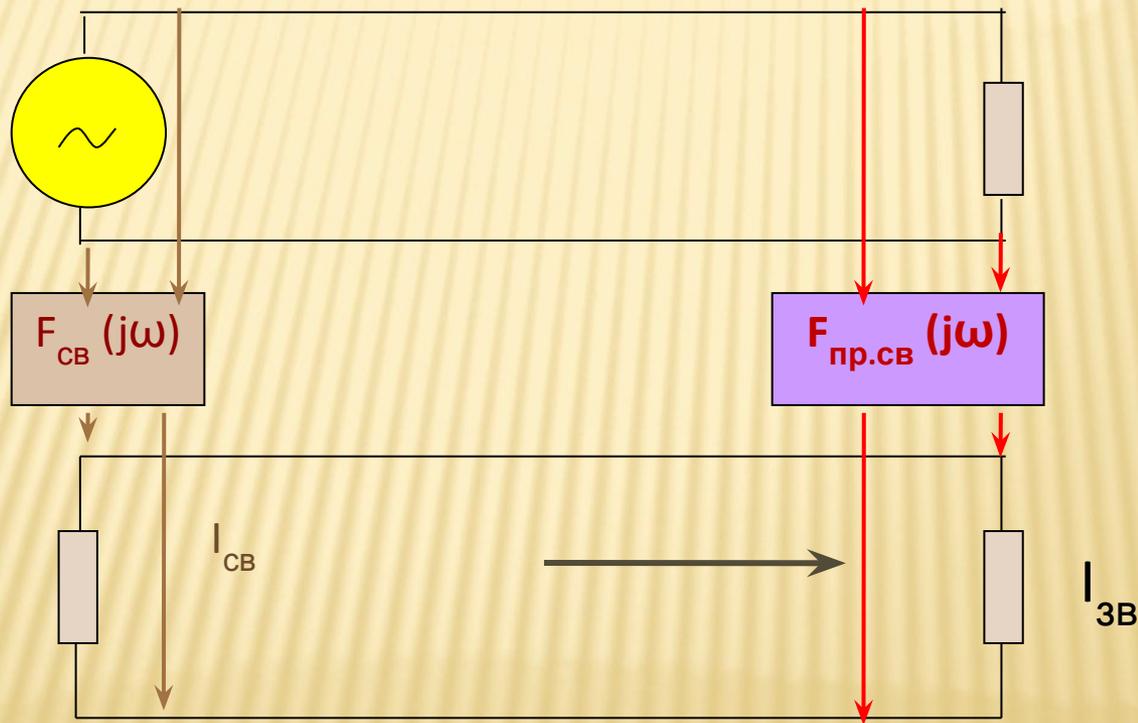
Включаются между взаимовлияющими цепями в симметрирующих муфтах по следующей схеме в зависимости от расположения вектора связи на комплексной плоскости.



Контра противосвязи включаются только в том случае если путем скрещивания не удалось добиться требуемых нормами значений уровня переходных помех. На участках цифровых систем передачи они не исполбзуются.

В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

В процессе эксплуатации осуществляется наблюдение за состоянием линейных трактов на участке ОУП-ОУП, и при обнаружении отклонения параметров переходных влияний от установленных нормами на данном участке значений, применяется компенсационный метод повышения защищенности



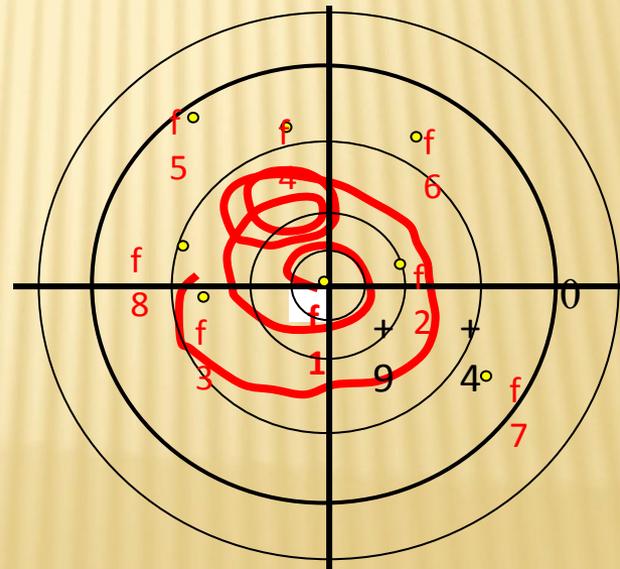
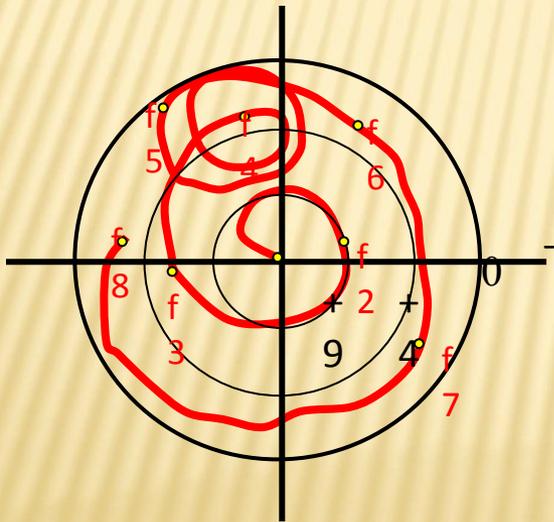
КОНТУРА ПРОТИВОСВЯЗИ

Контуровы противосвязи применяются только для компенсации помех на дальнем конце. Для компенсации взаимных влияний на ближнем конце контур противосвязи по этой схеме не эффективен. Контур противосвязи представляет четырехполюсник, содержащий элементы R , C , L , а также линии задержки. Синтез контура противосвязи является сложной задачей и осуществляется в два этапа: структурный и параметрический. На первом этапе по виду годографа определяется структура контура, на втором – осуществляется подбор параметров звеньев контура. Отдельно осуществляется синтез действительной и мнимой частей годографа таким образом, чтобы выполнялись условия

ПРОДОЛЖЕНИЕ

где ε и δ - поле требуемых нормами значений.

В идеальном случае годограф результирующей ПФВП стягивается в область с радиусом r не превышающим величины уровня помех для заданного варианта системы передачи.

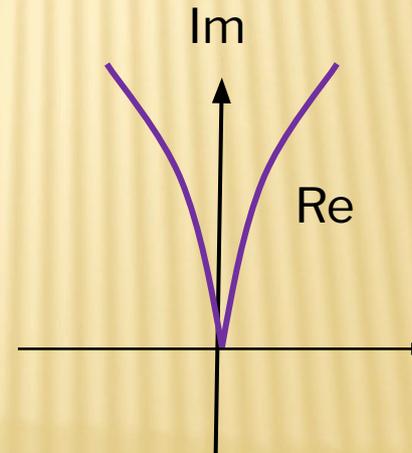
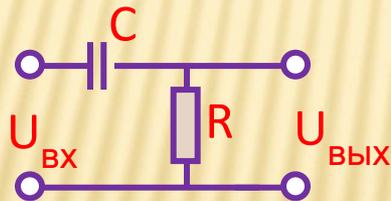


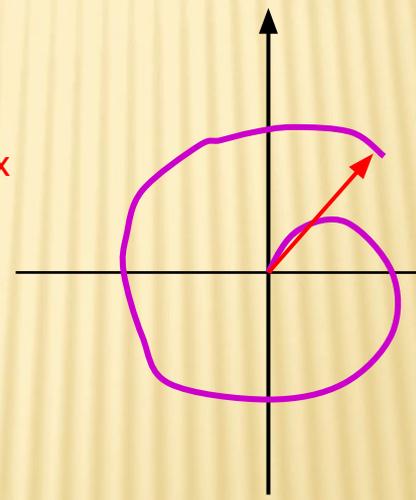
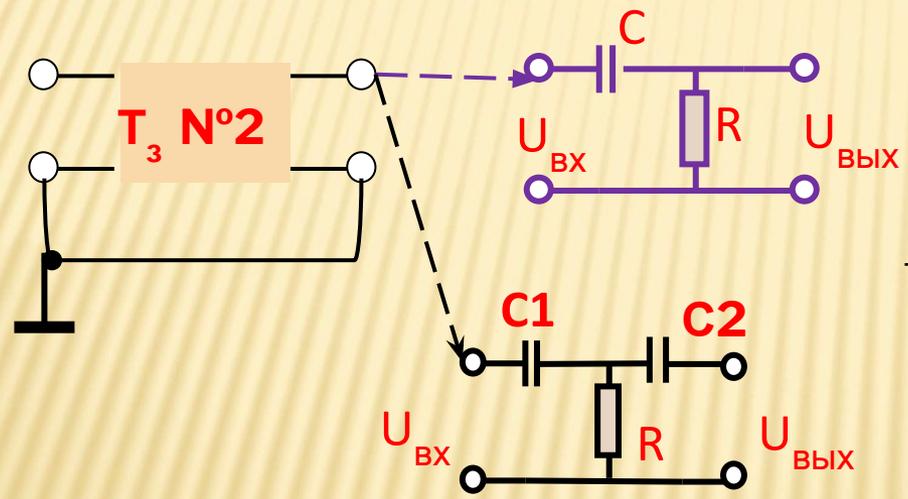
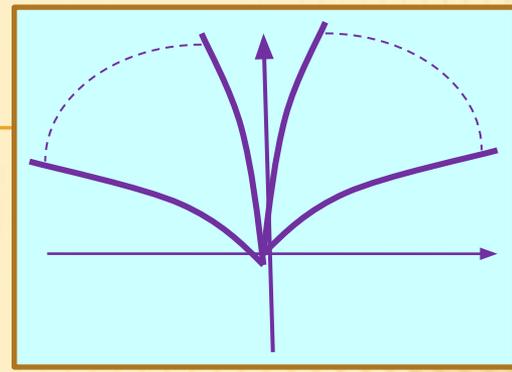
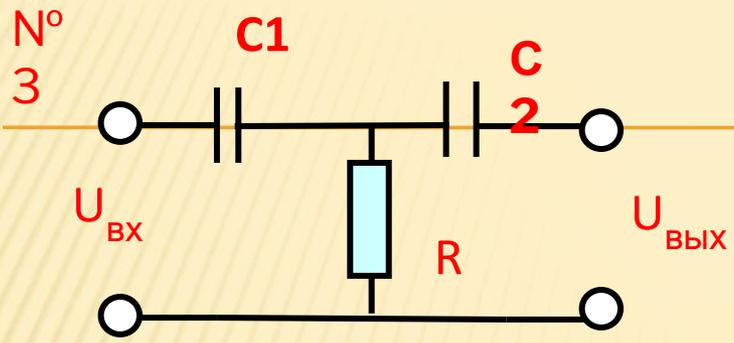
Это достигается включением контуров противосвязей, передаточная характеристика которых в той или иной степени соответствует передаточной характеристики естественных влияний. Процесс выбора амплитудно-фазочастотных характеристик звеньев противосвязей очень сложный и длительный процесс, связанный с аппроксимацией естественной ПФВП искусственным образом и в конкретном месте.

Синтез контуров противосвязей может быть осуществлен аппаратно-итерационным методом, что означает последовательное приближение к заданному результату.

Некоторые элементы контуров противосвязи и вид годографа:

№1





Годограф вектора
 противосвязи №1 и
 №3

Для №1 $|F_{пр}| \sim \omega$
 Для №3 $|F_{пр}| \sim \omega^2$

ЦСП

В трактах ЦСП применение методов концентрированного симметрирования оправдано только на половину. В этом случае можно применять только скрещивание цепей при соединении строительных длин кабеля (в том числе и выбор оператора скрещивания по критерию максимального значения защищенности на полутактовой частоте), т.к. включение дополнительных элементов противосвязи существенно ухудшает дисперсионные свойства кабельных цепей, что не приемлемо для передачи сигналов линейного кода ЦСП.

В отношении норм на величины переходных помех необходимо обращаться к характеристикам применяемой ЦСП, в самом среднем случае величина защищенности между трактами двух ЦСП работающих по одному кабелю в одном направлении не должна быть менее 28 дБ на полутактовой частоте линейного кода.

НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ПЕРЕХОДНЫХ ПОМЕХ

Для ВЧ симметричных кабелей типов:

МКСАШп - в алюминиевой оболочке, с защитным покровом типа Шп;

МКСАСтпШп - то же, с защитным покровом, состоящим из слоя вязкого подклеивающего состава или битума и полиэтиленового шланга, стальной гофрированной брони и наружного покрова типа Шп;

МКСАБпШп - то же, с защитным покровом типа БпШп;

МКСАБп - то же, с защитным покровом типа Бп;

МКСАБпГ - то же, с защитным покровом типа БпГ;

МКСАКпШп - то же, с защитным покровом типа КпШп;

МКССтШп - в стальной гофрированной оболочке, с защитным покровом типа Шп;

МКГСАШп - с повышенной защищенностью от внешних влияний, с усиленной поясной изоляцией, в алюминиевой оболочке с защитным покровом типа Шп;

МКГСАБпШп - то же, с защитным покровом типа БпШп;

МКГСАСтпШп - то же, с защитным покровом, состоящим из слоя вязкого подклеивающего состава или битума и полиэтиленового шланга, стальной

Примечания:

1. Значения параметров приведены для кабелей с токопроводящими жилами диаметром 1,20 мм
2. Отклонение значения коэффициента затухания от номинального не должно быть более:
на частоте 4200 кГц- \pm 3 %, на частоте 17000 кГц- \pm 4 %

Переходное затухание на ближнем конце между всеми парами на длине 825 м, дБ, не менее:	Диапазон частот, кГц	A_0 , дБ	A_0 на другой длине, дБ
Для 100 % измеренных значений	до 252	59	59-10 lg(L/825)
Для 90 % измеренных значений	до 252	65	65-10 lg(L/825)
Защищенность на дальнем конце между всеми парами на длине 825 м, дБ, не менее:	A_3 , дБ		A_3 на другой длине, дБ
Для 100 % измеренных значений	до 252	74 (для межчетверочных комбинаций)	74-10 lg(L/825)
Для 90 % измеренных значений	до 252	68 (для внутрчетверочных комбинаций)	68-10 lg(L/825)
Переходное затухание на ближнем конце на длине 825 м, дБ, не менее	4200	39	39-10 lg(L/825)
	17000	30	30-10 lg(L/825)
Защищенность на дальнем конце на длине 825 м, дБ, не менее, для межчетверочных комбинаций для внутрчетверочных комбинаций	4200	44	44-10 lg(L/825)
	17000	22	22-10 lg(L/825)
	4200	34	34-10 lg(L/825)
	17000	12	12-10 lg(L/825)
Номинальное значение коэффициента затухания, дБ/км	4200	10,59	
	17000	23,19	

ПЕРЕХОДНЫЕ ПОМЕХИ В СКС

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ

В симметричных кабельных системах СКС приходится учитывать множество разновидностей переходной помехи.

Обозначение отдельных разновидностей защищенности строится на основе фиксированного реперного элемента, который по мере необходимости дополняется разнообразными буквенными суффиксами и префиксами по схеме XX-YY-ACR-Z. Расширители реперного элемента можно опустить, если характер описываемой защищенности однозначно следует из контекста.

Функции реперного элемента выполняет аббревиатура ACR. Дополняющие ее односимвольные суффиксы N и F обозначают место измерения защищенности (ближний и дальний концы соответственно). Вид помехи задается префиксами A и PS (межкабельная и суммарная), причем префикс может быть сдвоенным. Отсутствие префикса по умолчанию указывает на то, что речь идет о защищенности от обычной (иначе межпарной) переходной помехи.

РАЗНОВИДНОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ

Для передачи информации в каждом направлении высокоскоростные сетевые интерфейсы задействуют более одной витой пары одновременно. В результате более полно используется потенциальная пропускная способность четырехпарного тракта передачи горизонтальной подсистемы. Нормирования одного лишь значения ACR-N оказывается недостаточно, так как на качество функционирования сетевого интерфейса оказывают влияние и наводки на дальнем конце. По этой причине были введены аналогичные ACR-N параметры:

$$\mathbf{ACR-F = FE_{XT} - IL \text{ и}}$$

$$\mathbf{PS-ACR-F = PS-FE_{XT} - IL.}$$

В современном сетевом оборудовании с интерфейсами 1 Гбит/с и выше применяется схема параллельной передачи по всем четырем витым парам классического горизонтального кабеля. Это ведет к необходимости использования моделей суммарной мощности переходной помехи и соответствующего нормирования параметров:

$$\mathbf{PS-ACR-N = PS-NEXT - IL,}$$

$$\mathbf{PS-ACR-F = PS-FE_{XT} - IL.}$$

Фактически величина ACR-F определяет ту классическую защищенность, которая широко применялась в технике проводных сетей связи общего пользования при так называемой двухкабельной схеме построения тракта передачи.

ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ

Величины NEXT (FEXT) и IL, разность которых при их представлении в логарифмическом масштабе полностью определяет защищенность, зависят от частоты. При этом с ростом частоты показатель NEXT (FEXT) уменьшается, а IL — возрастает. Разнонаправленный характер изменения затухания и переходного затухания при вариациях частоты приводит к тому, что параметр ACR оказывается частотно-зависимым.

Защищенность и верхняя граничная частота.

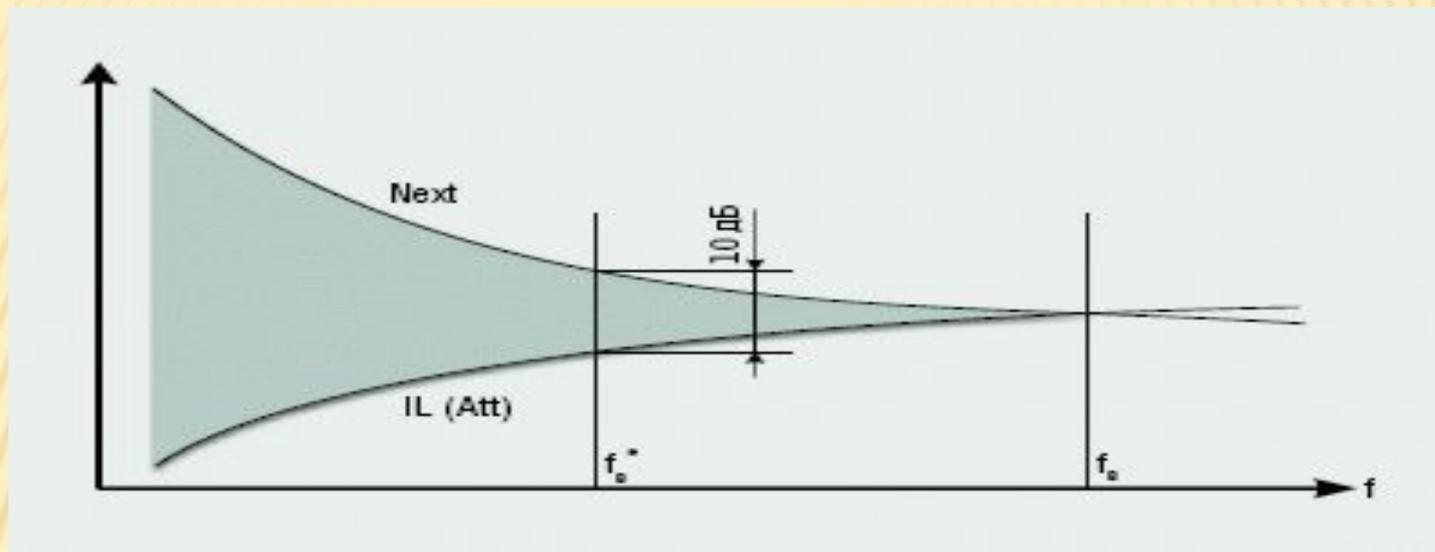
Введение параметра ACR позволяет конкретизировать понятие верхней граничной частоты основных компонентов электрического тракта передачи, стационарной линии и тракта в целом.

Особенности функционирования симметричных кабельных трактов.

Во-первых, основную мощность помех в правильно спроектированной электропроводной подсистеме СКС создают переходные наводки.

Во-вторых, помехи от собственных шумов приемника и шумы отражения могут считаться пренебрежимо малыми, по крайней мере в первом приближении (иногда для привлечения внимания к этому факту говорят, что приемник работает в режиме ограничения переходной помехой).

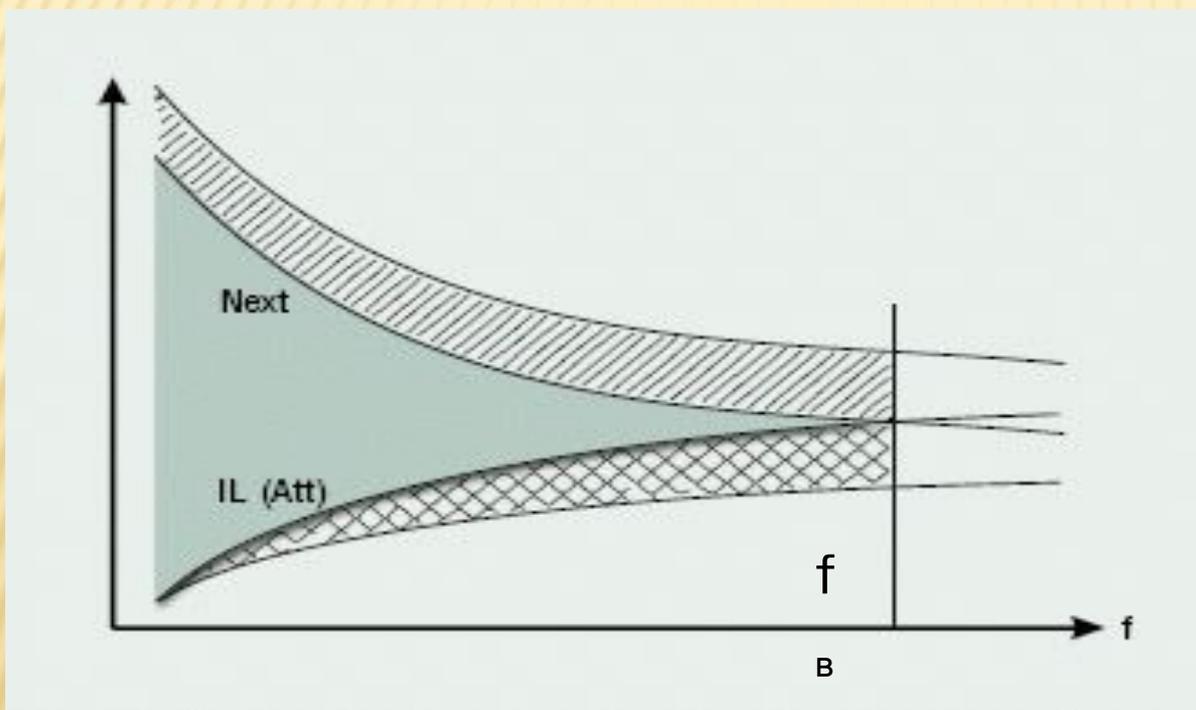
В качестве меры верхней граничной частоты принимают то ее значение, когда величина защищенности от наиболее мощной переходной помехи на ближнем конце (параметр ACR-N) становится равной заранее заданному значению.



В «догигабитную эпоху» в качестве пороговой величины при определении полосы пропускания принималось $ACR-N = 10\text{ dB}$. Выбор именно этого значения объяснялся тем, что на частотах ниже 60–70 МГц, где уровень защищенности снижался до указанного значения в кабельных трактах класса D, была сосредоточена большая часть мощности линейного сигнала наиболее скоростных на тот момент сетевых интерфейсов CDDI и Fast Ethernet.

Оборудование Gigabit Ethernet и 10G Ethernet более полно использует частотный диапазон и возможности кабельных трактов различных классов как среды передачи.

Кроме того, оно задействует схему параллельной передачи информации в нескольких субканалах. После этого при построении локальных сетей было принято более естественное значение $PS\ ACR-N = 0$ дБ.



При нормировании частотных характеристик симметричных кабельных трактов СКС следует различать две группы параметров.

К первой относится верхняя граничная частота спектра линейного сигнала оборудования определенного типа, а также ее значение, задаваемое классом тракта или категорией элементной базы.

Ко второй — максимальные частоты самого тракта передачи или отдельных компонентов, на которые изготовитель сертифицирует его параметры. Обе группы ни в коем случае нельзя отождествлять.

ОТНОШЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ И КЛАССА КАБЕЛЬНОГО ТРАКТА

Согласно международному стандарту ISO/EIC 11801:2002, кабельные тракты СКС делятся на классы по обеспечиваемой ими пропускной способности. При построении горизонтальной подсистемы должны использоваться тракты классом не ниже D, гарантированно поддерживающие скорость передачи 1 Гбит/с.

Потенциальная пропускная способность кабельного тракта определяется теорией Шеннона. При ее применении необходимо учитывать три обстоятельства:

- линейные сигналы современных высокоскоростных сетевых интерфейсов обязательно скремблируются для устранения выбросов и провалов в их спектре;
- линейные сигналы отдельных субканалов не имеют между собой никакой корреляционной связи;
- даже устаревшие 100-мегабитные сетевые интерфейсы используют полосу частот по меньшей мере в несколько десятков МГц, то есть их линейные сигналы могут считать

С учетом данных положений можно записать в интегральной форме:

$$W = (f_2 - f_1) \int_{f_1}^{f_2} \log_2 (1 + SNR) df$$

можно записать в

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Параметр защищенности представляет собой одну из важнейших интегральных характеристик качества функционирования как отдельных компонентов, так и комплексных объектов, в основу которых положены симметричные кабели СКС.

Защищенность имеет большое количество разновидностей. Их конкретный перечень зависит от схемы организации информационного обмена между двумя сетевыми интерфейсами. Определенное влияние на состав указанного перечня имеет тип элементной базы, используемой для построения кабельной системы.

Введение параметра защищенности дает возможность нормировать верхнюю граничную частоту симметричных кабельных трактов и отдельных компонентов для их построения.

Применение параметра защищенности позволяет определить наиболее эффективные направления совершенствования элементной базы для реализации горизонтальной подсистемы классических СКС офисного типа, а кроме того, помогает предельно просто и наглядно решить ряд актуальных задач, возникающих в процессе построения информационных кабельных систем иных разновидностей.