

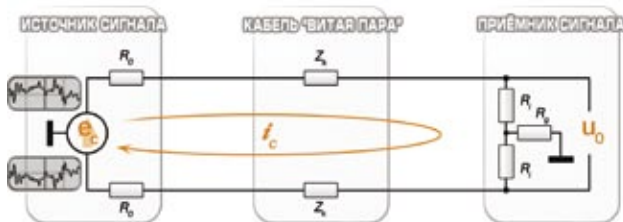
ПАРА ВОПРОСОВ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВИТОЙ ПАРЫ

К. Смарагдин
ООО "Инфотех"

Влияние внешних помех на симметричную линию передачи

Очень часто вызывает сомнения или объявляются голословными утверждения о минимальности влияния внешних помех на симметричную линию передачи. Давайте разберемся. Для удобного восприятия картины, представлен упрощенный эквивалент витой пары – симметричной линии передачи. Формулы цепей составлены в соответствии со вторым законом Кирхгофа.

Идеальный вариант - внешние помехи отсутствуют



Здесь Z_k – приведенное сопротивление несущей жилы одного провода витой пары

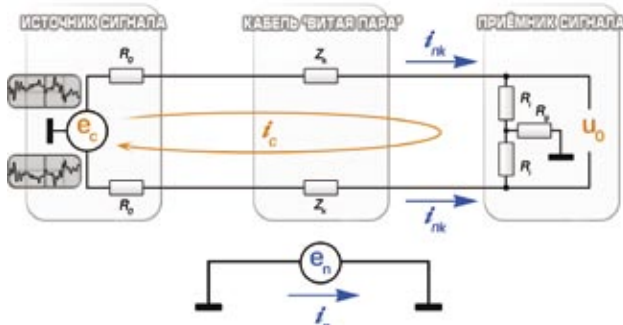
Тогда

$$e_c = i_c * (R_0 + Z_k + R_1 + R_2 + Z_k + R_0)$$

$$U_0 = i_c * 2 * R_1 = e_c - i_c * 2 * (R_0 + Z_k)$$

Напряжение U_0 на нагрузке $2 * R_1$ пропорционально току источника сигнала i_c .

Общий случай - внешний источник помехи



Здесь Z_k – приведенное сопротивление несущей жилы одного провода витой пары

e_n – внешний источник помехи

i_{nk} – наведенные токи

Тогда

$$e_c = (i_c + i_{nk} - i_{nk}) * (R_0 + Z_k + R_1 + R_2 + Z_k + R_0)$$

$$U_0 = i_c * 2 * R_1 + (i_{nk} - i_{nk}) * 2 * R_1 = e_c - (i_c + i_{nk} - i_{nk}) * 2 * (R_0 + Z_k)$$

Следовательно, приведенное напряжение помехи

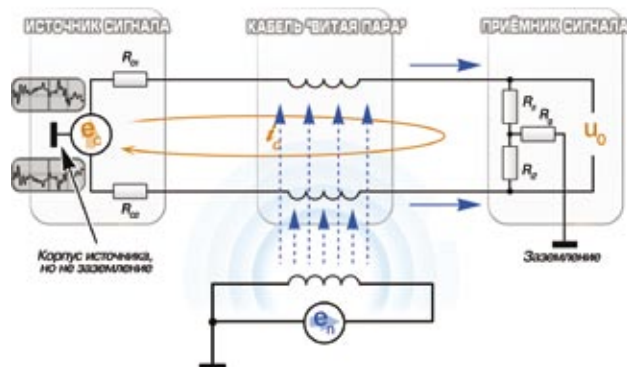
$$U_n = (i_{nk} - i_{nk}) * 2 * R_1$$

Внешняя помеха e_n наводит в каждом проводе витой пары одинаковые токи i_{nk} .

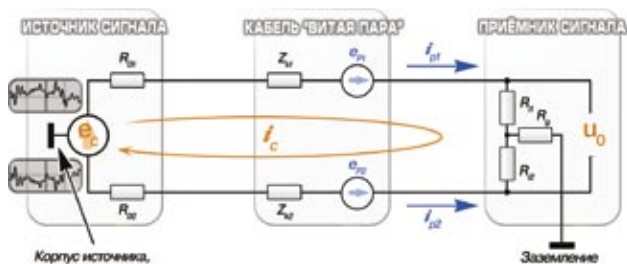
Приведенное напряжение дифференциальной помехи U_n пропорционально разности наводимых токов $i_{nk} - i_{nk}$ и соответственно стремится к нулю при равенстве наводимых токов i_{nk} . Необходимо заметить, что равенство наводимых токов зависит от качества кабеля, в частности от равномерности скрутки (симметричности) витой пары.

Далее рассмотрим частные случаи.

Помеха образованная магнитной связью (с замкнутыми контурами) или электромагнитной связью (с проводами, работающими как антенна).



После преобразования



Как мы видим, после преобразования получен тот же результат. Напряжение на нагрузке $(R_1 + R_2)$

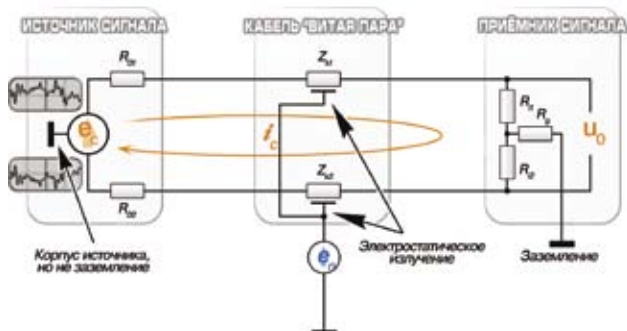
$$U_0 = i_c * (R_1 + R_2) + (i_{p1} - i_{p2}) * (R_1 + R_2).$$

В этом случае приведенное напряжение дифференциальной помехи $U_n = (i_{p1} - i_{p2}) * (R_1 + R_2)$.

Равенство наводимых токов i_{p1}, i_{p2} зависит от качества кабеля, в частности от равномерности скрутки витой пары.

Помеха образованная электростатической связью (емкостная связь, наиболее серьезна для точек с большим полным сопротивлением). Токи образованные этой помехой очень малы, так как выходное сопротивление источника сигнала и входное сопротивление приемника обязаны иметь крайне малое значение. Приведенное дифференциальное напряжение помехи на нагрузке, как и в предыдущем случае, зависит от качества кабеля. Если по какой то причине присутствует заземление не только на приемной стороне, но и у источника – то имеем земляную помеху (напряжения, наведенные от сети, гармоники частоты сети, радиочастотные сигналы, разные всплески и прочий "мусор").

Как и в предыдущих вариантах, подавление дифференциальной помехи зависит от качества кабеля. Подавление же приведенной синфазной помехи – работа принимающей части оборудования для передачи видеосигнала по витой паре.

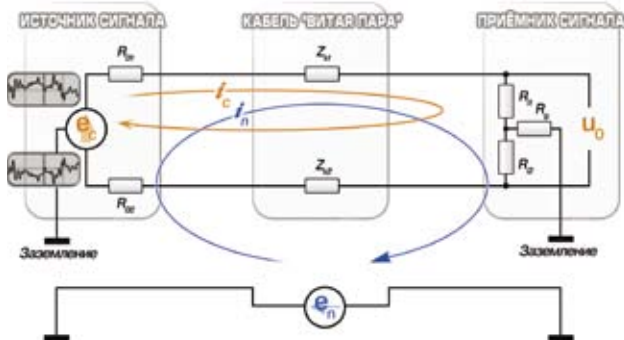


Отметим, что применение кабеля "витая пара" с экраном, позволяет снизить наводимый ток i_{nk} , что в свою очередь спо-

способствует уменьшению разности $i_{nk}-i_{nk}$. При этом экран кабеля не является сигнальным.

Для сравнения приведу те же самые выкладки применительно к коаксиальному кабелю.

Идеальный вариант - внешние помехи отсутствуют



Здесь

Z_a – приведенное сопротивление центральной несущей жилы кабеля

Z_3 – приведенное сопротивление экрана кабеля,

Тогда:

$$e_c = i_c \cdot (R_0 + Z_a + R_i + Z_3)$$

$$U_0 = i_c \cdot R_i = e_c \cdot i_c \cdot (R_0 + Z_a + Z_3)$$

Напряжения U_0 на нагрузке R_i пропорционально току источника сигнала i_c .



Общий случай - внешний источник помехи

Здесь

Z_a – приведенное сопротивление центральной несущей жилы кабеля

Z_3 – приведенное сопротивление экрана кабеля,

Тогда:

$$e_c = (i_c + i_{na} - i_{n3}) \cdot (R_0 + Z_a + R_i + Z_3)$$

$$U_0 = (i_c + i_{na} - i_{n3}) \cdot (R_0 + Z_a + Z_3)$$

Следовательно, приведенное напряжение помехи

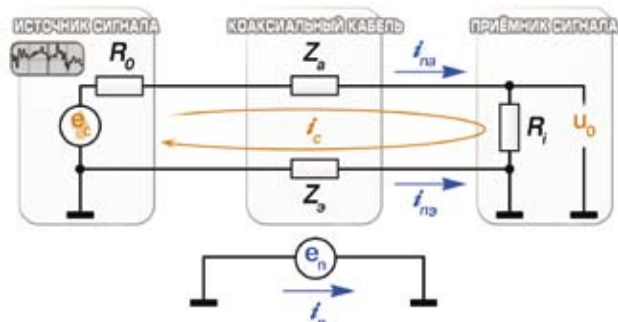
$$U_n = (i_{na} - i_{n3}) \cdot R_i$$

Внешняя помеха e_n наводит в кабеле токи i_{na} и i_{n3} . Ток i_{n3} наводится на экранную оплетку кабеля. Ток i_{na} наводится на центральный провод кабеля, он очень мал в сравнении с током i_{n3} и тем меньше, чем выше качество экранной оплетки. Приведенное напряжение помехи U_n на нагрузке R_i пропорционально наведенному току i_{n3} , так как $i_{n3} \gg i_{na}$.

Различия совершенно очевидны, так как они основаны на физических свойствах среды передачи – симметричной линии.

Взаимное влияние между соседними парами при групповой передаче полезного сигнала в одном кабеле

Очень часто потребителя интересует возможность групповой передачи видеосигнала в одном кабеле, в частности такие вопросы как взаимное влияние соседних несущих пар и возможность встречной передачи видеосигналов в одном кабеле. В кабелях на основе витой пары передача информации происходит по двухпроводным цепям, расположенным рядом под общей оболочкой. Электромагнитные поля соседних цепей естественно оказывают воздействие друг на друга, что приводит к искажениям полезного сигнала и ухудшению качества связи.



Количественно этот параметр оценивают при помощи переходного затухания. Переходное затухание подразделяется на 2 основные величины – переходное затухание на измеренное на ближнем конце, то есть со стороны передатчика (NEXT-Near-End-Crosstalk) и переходное затухание на измеренное на ближнем конце (FEXT-Far-End-Crosstalk) линии.

Для вычисления NEXT используется отношение излученной мощности к мощности, пришедшей вследствие наведенных токов на тот же конец кабеля, на котором расположен источник полезного сигнала (передатчик):

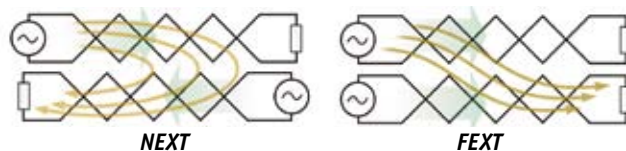
$$NEXT = 10 \lg \frac{P_{10}}{P_{20}}$$

где NEXT – переходное затухание на ближнем конце, дБ. P_{10} – мощность, излученная источником, P_{20} – мощность, пришедшая к ближнему от источника концу подверженной влиянию линии.

$$FEXT = 10 \lg \frac{P_{10}}{P_{21}}$$

где FEXT – переходное затухание на дальнем конце, дБ. P_{10} – мощность, излученная источником, P_{21} – мощность, пришедшая к дальнему от источника концу подверженной влиянию линии.

Зависимости NEXT и FEXT от длины линии показаны на следующем графике:



Как видим из графика, NEXT (переходное затухание, измеренное на ближнем конце кабеля) снижается с ростом длины, приходя к некоему стабильному значению. Это связано с тем, что влияющие токи уменьшаются по амплитуде по длине кабеля, и, следовательно, их вклад в общую картину наводок становится меньше и меньше, и значение NEXT стабилизируется.

Иная картина наблюдается с FEXT (переходное затухание, измеренное на дальнем конце кабеля), где имеется явно выраженный минимум переходного затухания. Переходное затухание NEXT имеет более выраженный характер, поэтому его величина приводится в технических характеристиках кабеля (например: кабель UTP и FTP категории 5 имеет NEXT=62дБ на частоте 1 МГц).

В отличие от затухания полезного сигнала, большее значение переходного затухания соответствует лучшей помехозащищенности, то есть более качественному кабелю. Из выше изложенного следует, что взаимное влияние между соседними витыми парами при сонаправленной передаче уменьшается с ростом длины линии. При встречной же передаче видеосигналов (особенно высокого разрешения) на большое расстояние переходное затухание NEXT создает проблемы, поэтому мы не рекомендуем встречные видеосигналы передавать в одном кабеле. В этом случае все выкладки так же основываются только на свойствах среды передачи.

