

3. ИЗУЧЕНИЕ КАНАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ. ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ.

Цель работы: Ознакомится с каналами распространения электромагнитных помех и способами их ограничения при гальванической связи.

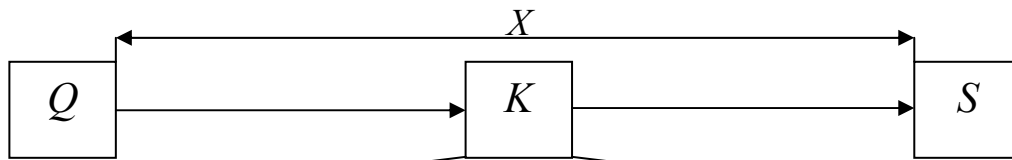
Краткие сведения

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

Знание путей передачи помех является решающим в обеспечении электромагнитной совместимости устройств, так как дает возможность изолировать источники помех, повышать устойчивость устройства к внешним воздействиям и подавлять помехи на пути от их источника к приемнику. Существенным является значение механизмов связи K между источником помех Q и чувствительным к помехам элементом прибора S , обусловленных этими механизмами воздействий и соответствующих основных правил, по которым можно эффективно противостоять этим воздействиям уже на стадии проектирования, создания устройств. Между передатчиком помехи и приёмником энергия может переноситься посредством гальванической связи (по проводам) или через поле (излучение) (рис. 1).

Идентификация механизмов связи, включённых между источником и приёмником помех, является непростой задачей, так как часто речь идёт о не предусмотренных конструктором путях передачи, например через паразитные ёмкости, индуктивности рассеяния, которые часто проявляются лишь в виде вызванных ими электромагнитных влияний. Блоки не должны быть соединены непосредственно для того, чтобы существовала связь между ними. Как только по проводнику протекает ток, вокруг него возникает магнитное поле; как только между проводниками появляется напряжение, между ними возникает электрическое поле. Каждое из этих полевых явлений способно к индукции мешающего сигнала во вторичной цепи, охваченной полем. Эти принципиальные положения используются в трансформаторах и конденсаторах; полевые задачи ЭМС, относящиеся к связи в ближней зоне, есть не что иное, как управление нежелательными трансформаторами и конденсаторами в конструкции. Их называют «распределёнными» или паразитными. На высоких частотах они становятся весьма значительными.

На практике в большинстве случаев действуют несколько видов помех и одновременно по нескольким каналам связи, что существенно затрудняет их достоверное описание.



Влияние по проводам	Влияние через поле		
Гальваническая связь	Емкостная связь (E-поле)	Индуктивная связь (H-поле)	Электромагнитная связь (E/H-поле)
$U_{st} = iR + L \frac{di}{dt}$	$U_{st} = RC_{12} \frac{dU}{dt}$	$U_{st} = M_{12} \frac{di}{dt}$	$U_{st} \approx E \cdot l$
	ближнее поле, $X < \lambda/2\pi$		дальнее поле, $X > \lambda/2\pi$

Рисунок 1. Механизмы электромагнитных связей источников (1) и приемников помех (2)

Гальваническая связь через цепи питания

Если два или несколько электрических контуров имеют общее полное сопротивление Z , то ток одного контура создает в другом контуре падение напряжения, которое появляется в другом контуре как напряжение противофазной помехи. На рис. 1,а изменения тока в контуре 1 вызывают падение напряжения на общем сопротивлении, величина которого рассчитывается как:

$$U(t)_{st} = i(t) \cdot R + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

При передаче высокочастотного или импульсного сигнала падение напряжения на индуктивности чаще всего превосходит падение напряжение на сопротивлении.

Для снижения помех через гальваническую связь в соединительных проводах сетей питания и сигнальных контурах рекомендуют следующие мероприятия:

1. выполнение соединения между двумя и более контурами с возможно низким полным сопротивлением, особенно низкой индуктивностью. Для этого используются проводники с большим сечением или плоские шины.

2. гальваническая развязка (рис.2), т.е. устранение совместных проводящих соединений между различными контурами или гальваническое разъединение контуров таким образом, чтобы ток наиболее мощного контура не протекал по слаботочному контуру:

- отказ от общих обратных проводников в цепях передачи сигнала (рис.2,а);
- систему опорного потенциала необходимо присоединять лишь к точкам заземления или к корпусу прибора (рис.2,б);
- системы питания компонентов автоматизации целесообразно соединять звездой (рис.2,в);
- разделение питания силовых, измерительных устройств (рис.2,г).

3. Выбор скорости изменения тока не большей, чем требуется по условиям функционирования.

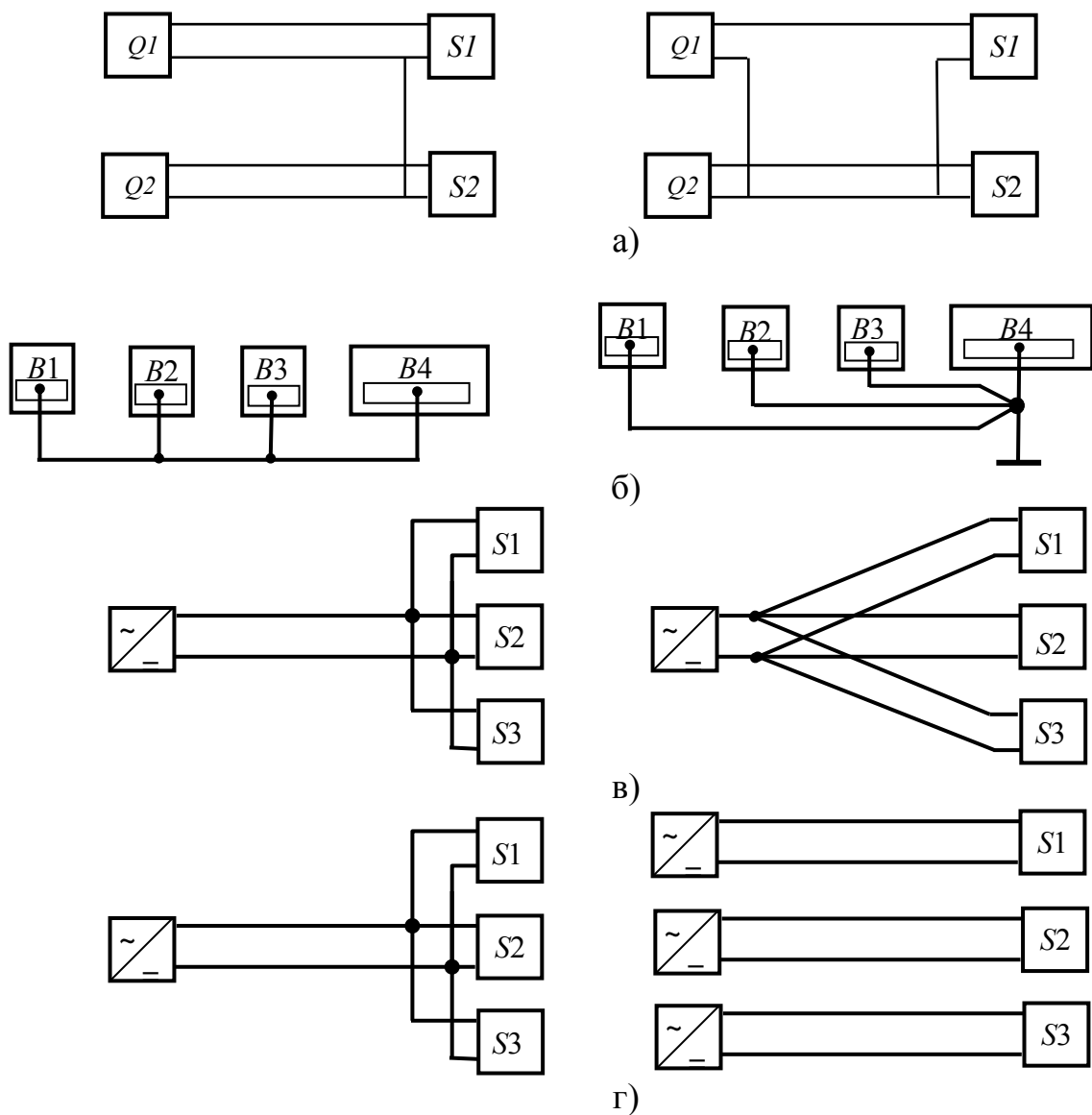


Рисунок 2. Примеры гальванической развязки:
слева - неправильно; справа - правильно

Гальваническая связь через контур заземления

Контур заземления или петли относятся к наиболее частым причинам электромагнитных влияний. Рассмотрим типичный пример при выполнении высоковольтных измерений: датчик сигнала соединен коаксиальным кабелем с осциллографом. Корпусы обоих приборов и их соображений безопасности заземлены через защитные контакты сетевых проводов (рис.3). Синфазное напряжение U_c , индуктированное в контуре заземления или вызванное различными потенциалами земли, возбуждает ток как во внутреннем проводнике, так и в оболочке сигнального кабеля, причем тот и другая по отношению к источнику синфазного напряжения включены параллельно. Тогда полные сопротивления источника и приемника образуют для синфазного напряжения U_c делитель, так что из отношения напряжения противофазной помехи на полном сопротивлении приемника получается следующий коэффициент преобразования синфазной помехи в противофазную:

$$K = \frac{|Z_s|}{|Z_s + Z_q|}. \quad (2)$$

При этом принято, что полными сопротивлениями внутреннего проводника и оболочки по отношению к полным сопротивлениям источника и приемника можно пренебречь. В часто встречающемся случае $Z_s \gg Z_q$ синфазная помеха появляется на входе приемника в полном объеме как противофазная. Если эти сопротивления равны, например $Z_q = Z_s = 50 \text{ Ом}$, противофазная помеха ослаблена наполовину.

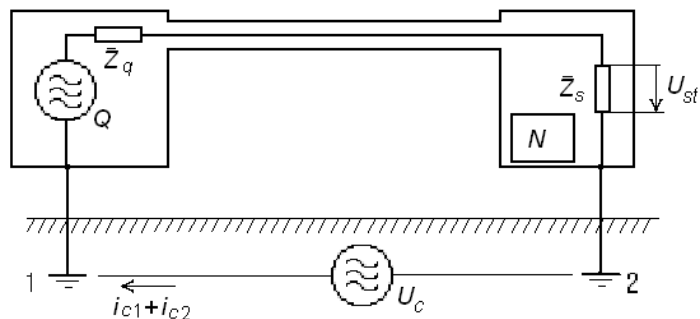


Рисунок 3. Контур, возникающий из-за заземления в нескольких точках (полное сопротивление кабеля не изображено).

Для уменьшения сопротивления между точками заземления цепей используется выполнения пола в виде эквипотенциальной поверхности (рис.4,а) или их соединения массивными проводниками (рис.4,б).

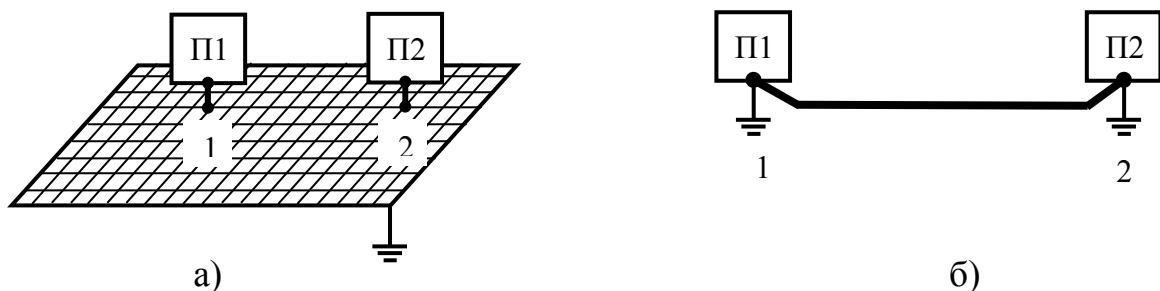


Рисунок 4. Примеры выполнения контуров заземления

Принятой мерой для уменьшения степени преобразования синфазной помехи в противофазную является гальваническое разделение контура заземления за счет того, что либо приемник, либо передатчик используется без защитного заземления. В этом случае гальванически незаземленный прибор имеет паразитную емкость относительно земли, так что при высоких частотах, по-прежнему, существует контур заземления. В этом случае эффективная защита возможна только на постоянном напряжении и низких частотах.

Для ограничения помех через гальваническую связь могут использоваться различные устройства. Они применяются в основном тогда, когда не передатчик, ни приемник не могут использоваться незаземленными, или если они при высоких частотах неоднократно связаны с землей большими паразитными емкостями несмотря на отсутствие гальванического соединения с землей.

Разделительные трансформаторы являются испытанным средством разрыва контуров заземления при полезных сигналах низкой и средней частоты (рис.4.5). В то время как при высоких частотах через межвитковые паразитные емкости C к приемнику будут течь синфазные токи (рис.5.а), они при наличие экрана проходят мимо приемника (рис.5,б). Это шунтирующее действие предполагает малоиндуктивное соединение экрана с землей приемника.

Так как разделительный трансформатор находится в цепи сигнала, его коэффициент трансформации в полосе частот сигнала должен быть постоянным. Часто разделительные трансформаторы используются на стороне сети.

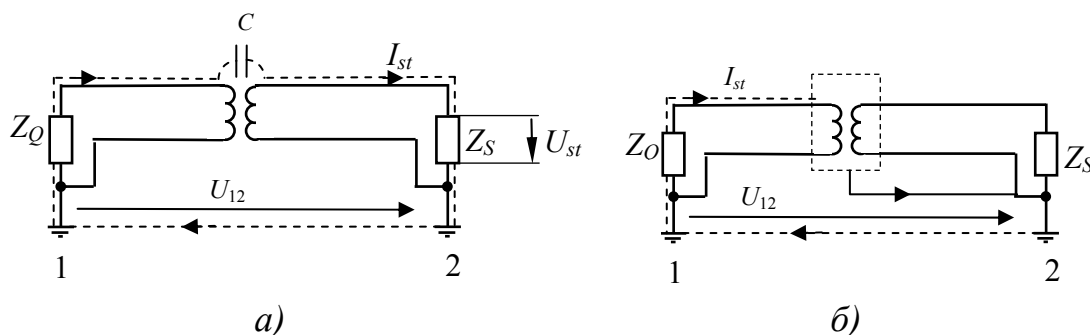


Рисунок 5. Разделительный трансформаторы для разрыва контуров заземления: а – емкостная остаточная связь; б – «шунтирующий» экран для тока I_{st}

Нейтрализующие трансформаторы. Разделительные трансформаторы характеризуются нижней граничной частотой и не передают постоянных напряжений. Если это необходимо, могут быть применены компенсирующие или нейтрализующие трансформаторы (рис.6). Обмотки $W1$ и $W2$ таких трансформаторов выключаются так, чтобы потоки текущих в противоположных направлениях токов компенсировались, поэтому трансформатор представляет для них малое сопротивление.

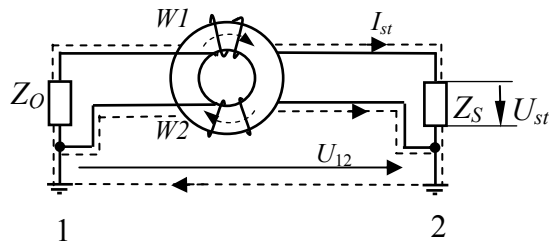


Рисунок 6. Нейтрализующий трансформатор для «разрыва» контура заземления

Для синфазных токов обмотки действуют как индуктивности и этим повышают полное сопротивление контура заземления, что при высоких частотах по смыслу равносильно разделению потенциалов. При частотах выше 1 МГц вместо компенсирующих трансформаторов можно использовать ферритовые бусы и кольца, которые надеваются поверх обеих жил сигнального кабеля, либо ферритовые сердечники, на которые наматываются обе жилы сигнального контура (рис.7). Сами провода тогда образуют равнонаправленные обмотки компенсирующего трансформатора.

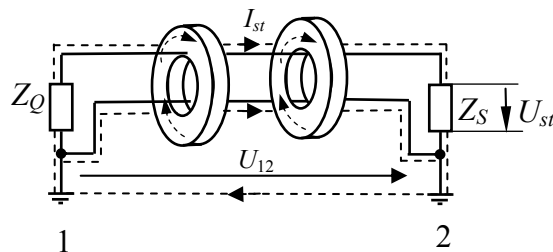


Рисунок 7. Ферритовые кольца для увеличения полного сопротивления контура заземления.

Оптроны и световоды. Светодиод или лазерный диод преобразует сигнала передатчика в световой сигнал, после передачи через электрически изолированную светопроницаемую среду в фотодиоде или фототранзисторе преобразуется в электрический сигнал (рис.8). Обычные напряжения пробоя изоляции оптронов находятся в пределах 500 В до 10 кВ. участки каналов со световодами могут выдерживать разность до мегавольт. Оптроны и световоды идеально передают цифровые сигналы, а во многих случаях с достаточной точностью и аналоговые.

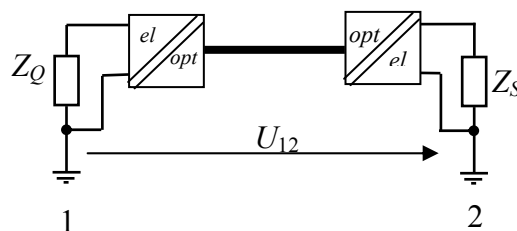


Рисунок 8. Участок линии со световодом.

Аппаратура для измерений

Источником синусоидального сигнала является генератор ГЗ-33. Он генерирует синусоидальное напряжение частотой от 20 Гц до 200 кГц. Регистрация импульсов осуществляется цифровым осциллографом PSC500A, совмещенным с компьютером. В качестве общих проводников используются шины *одинаковой площади*, но разного сечения из стали, меди и латуни.

Порядок работы

1. Собрать схему для двух контуров с гальванической связью. Внутреннее сопротивление генератора ГЗ-33 установить 5 Ом.
2. Измерить величину помехи U_{st} при разных частотах сигнала f и при неизменной длине общего проводника l .
3. Измерить величину помехи U_{st} при разной длине общего проводника l и при неизменной частоте сигнала f .
4. Заменить общий проводник (форма или материал проводника) и повторить измерения по пп. 2 и 3.
5. Рассчитать R и L общих проводников, использованных в работе.
6. Построить зависимости $U_{st}(lgf)$ при $l = \text{const}$ и $U_{st}(l)$ при $f = \text{const}$ по результатам экспериментов. Объяснить полученные зависимости..
7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Перечислить механизмы связи, по которым могут распространяться электромагнитные помехи.
2. Перечислить причины возникновения помех через гальваническую связь.
3. Описать принцип действия, достоинства, недостатки и области применения одного из устройств, применяемых для ограничения помех через гальваническую связь (вид устройства – по указанию преподавателя).