

#### 4. ИЗУЧЕНИЕ КАНАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ. ИНДУКТИВНАЯ СВЯЗЬ.

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

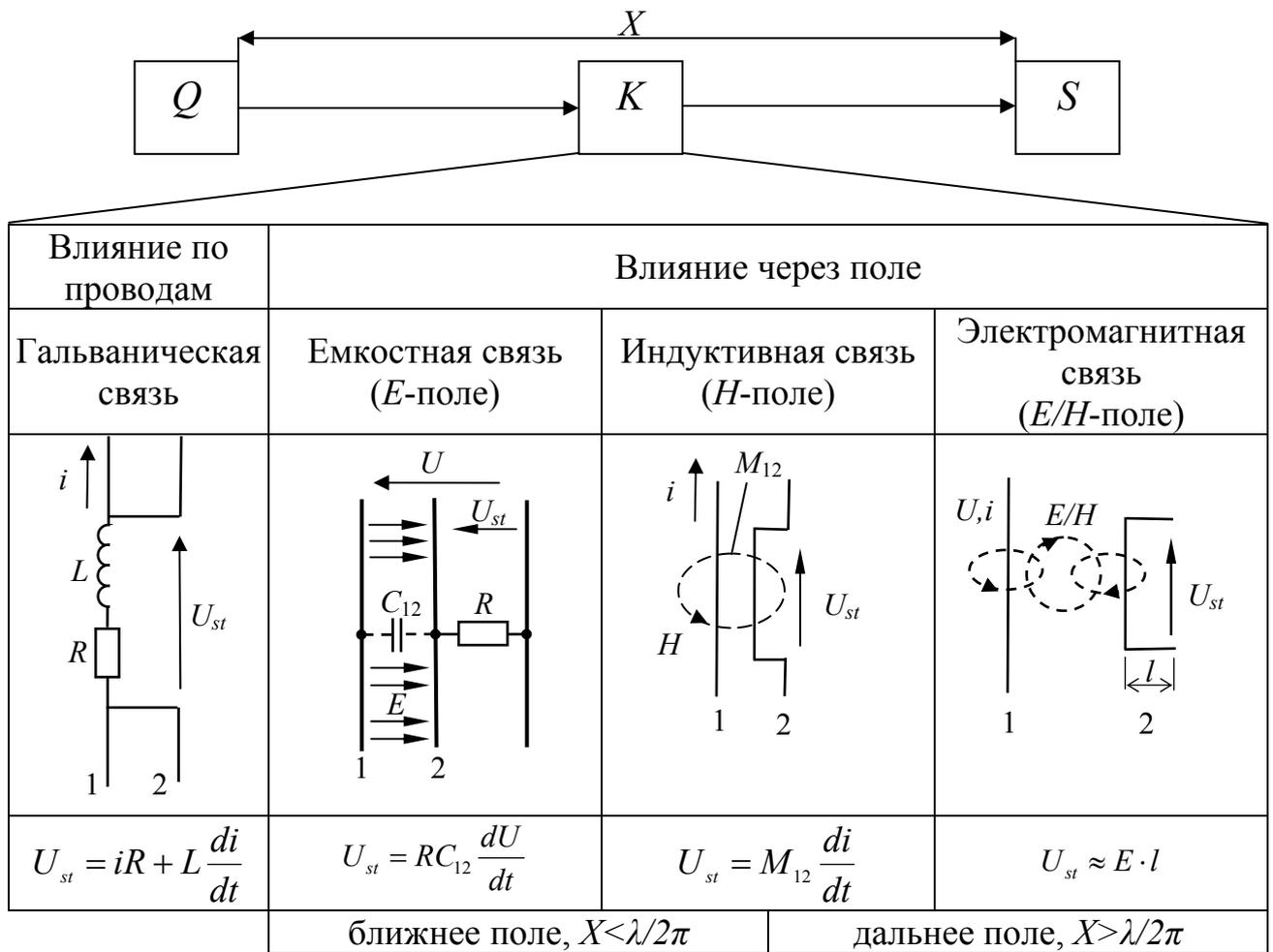


Рисунок 1. Механизмы электромагнитных связей источников (1) и приемников помех (2)

**Индуктивная или магнитная связь** возникает между двумя или несколькими контурами с токами (рис. 1, в и рис. 2, а). Ток  $I$  вызывает переменное магнитное поле, которое индуцирует в контуре 2, подверженном помехе, напряжение, накладывающееся на полезный сигнал. Воздействие магнитного поля контура 1 на контур 2 в эквивалентной схеме соответствует взаимной индуктивности  $M$  или индуцируемой ЭДС.

Кроме этого индуктивная связь обусловлена паразитным потокоцеплением, между контурами промышленных устройств, возникающим при ударах молнии или разрядах статического электричества (рис. 3). При этом в контуре, удаленном от проводника с током разряда на среднее расстояние  $r_0$ , индуцируется напряжение

$$U_{st} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{al}{r_0} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}, \quad (1)$$

где  $l$  и  $a$  - длина и ширина контура соответственно.

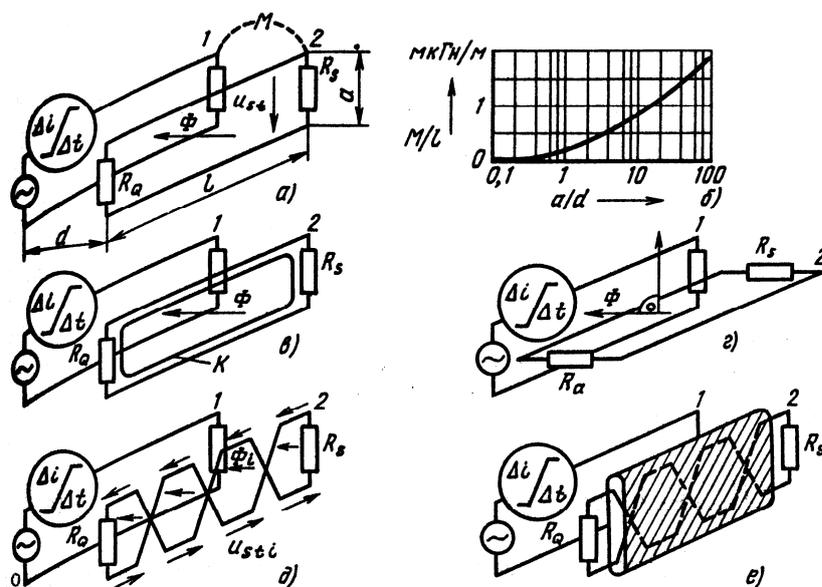


Рисунок 2. Индуктивная связь между токовыми контурами:  
 а - принципиальная схема двух токовых контуров 1 и 2 с расстоянием  $d$  между ними; б - погонная взаимная индуктивность  $M/l$  в зависимости от  $a/d$ ;  
 в-е – меры по снижению влияния (пояснения см. в тексте).

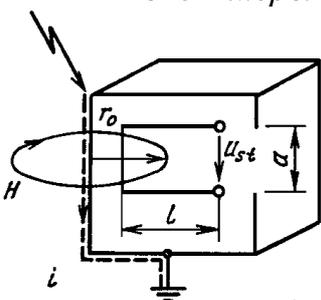


Рисунок 3. Индуктивное влияние разряда статического электричества на петлю  $al$  внутри прибора.

Мероприятия по снижению индуктированных напряжений предусматривают:

- снижение до возможных пределов взаимной индуктивности  $M$ , т.е. уменьшение за счет сокращения длины проводников, увеличение расстояния между сетевыми и информационными проводами, уменьшение площади контура, подвергающегося воздействию;
- уменьшение скорости изменения во времени потока  $\Delta\Phi/\Delta t$  при помощи короткозамкнутой петли  $K$ , расположенной непосредственно у сигнального контура (рис.2,в);
- осуществление связи контуров 1 и 2 ортогонально направлению силовым линиям магнитного поля (рис.2,г). Этот способ эффективен в устройствах, выполненных в виде катушек;
- компенсация индуктированного в контуре 2 напряжения путем скрутки проводов (рис. 2,д). При этом частичные потоки  $\Phi_i$  создают напряжения, направленные противоположно;
- снижение действия созданного магнитного потока скручиванием соединительных проводов контура 1. При этом даются встречно направленные компоненты потока, а их действие на вторичный контур компенсируется;

▪ экранирование кабелей, соединительных проводов (рис. 2,е), модулей и приборов ферромагнитными экранами; (трубами, металлическими шлангами, стальными корпусами), причем экранирующее воздействие тем сильнее, чем магнитная проницаемость материала и толще стенка экрана. Проводящие соединения между экраном и землей необязательны, однако они необходимы для защиты от напряжения прикосновения. Для ослабления воздействий, вызванных молнией, применяется ферромагнитное экранирование кабелей передачи данных, проложенных по воздуху, экраны которых заземляются на обоих концах.

### **Аппаратура для измерений**

Источником синусоидального сигнала является генератор ГЗ-33. Он генерирует синусоидальное напряжение амплитудой с частотой от 20 Гц до 200 кГц. Регистрация импульсов осуществляется цифровым осциллографом PSC500A, совмещенным с компьютером.

### **Порядок работы**

1. Собрать схему для двух контуров с индуктивной связью. Внутреннее сопротивление генератора ГЗ-33 установить 5 Ом
2. Измерить величину помехи  $U_{st}$  при разных частотах сигнала  $f$  и при неизменном расстоянии между контурами  $d$ .
3. Измерить величину помехи  $U_{st}$  при разных расстояниях между контурами  $d$  и при неизменной частоте сигнала  $f$ .
4. Установить приемный контур ортогонально проводнику с током (рис.2,г). Повторить измерения по пп. 2 и 3.
5. Установить приемный контур другой площади и повторить измерения по пп. 2 и 3.
6. Построить зависимости  $U_{st}(lgf)$  при  $d = const$  и  $U_{st}(d)$  при  $f = const$  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 индуктивную связь.
3. Объяснить, почему импульсные токи являются значимым источником помех через индуктивную связь.