

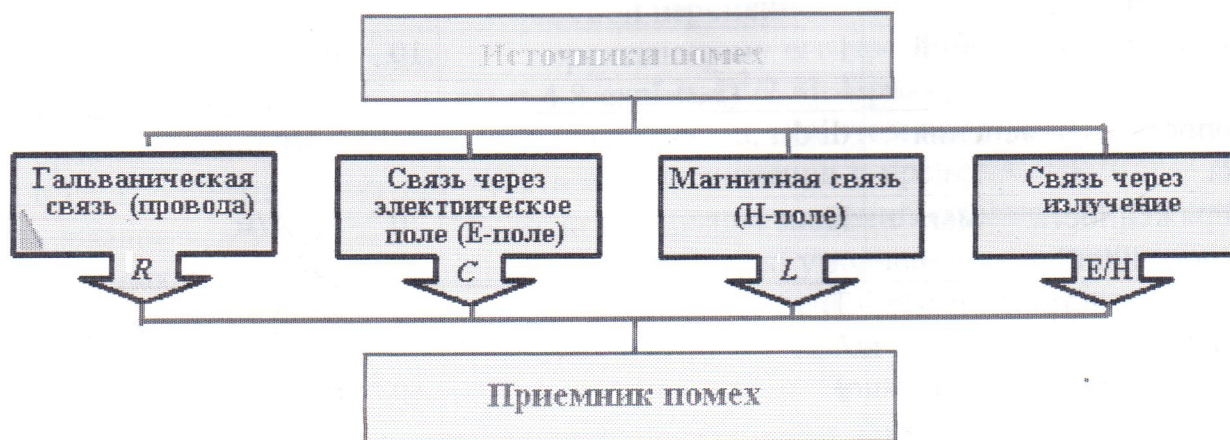
Чтобы видеть общее-  
надо разобраться с частностями

## 2. Механизмы и пути передачи помех

### 2.1. Механизмы связи

Природа электромагнитных помех всегда электрическая. Основной принцип возникновения помех относительно прост — помехи возникают из-за полей, создаваемых быстрыми изменениями тока или напряжения. В зависимости от среды распространения и удаления от источника помехи достигают приемного электрического контура различными путями и их комбинациями (по проводам, через контур заземления и другими путями). Различают четыре механизма связи — гальванический, индуктивный, емкостной и посредством электромагнитного поля. (рис. 1, 2).

Первый вид помех часто называют кондуктивными. Кондуктивные ЭМП представляют собой токи, текущие по проводящим конструкциям и земле. Остальные три вида помех, распространяющиеся в виде электромагнитных полей в непроводящих средах, иногда называют индуктивными, хотя они включают в себя не только, собственно, индуктивные.

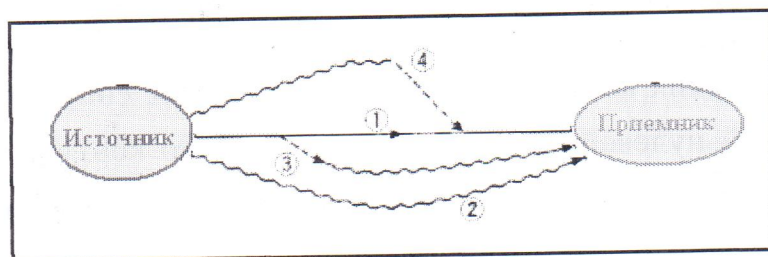


### Механизмы прохождения помех

Деление помех на индуктивные и кондуктивные является, строго говоря, условным. В реальности протекает единый электромагнитный процесс, затрагивающий проводящую и непроводящую среду. В ходе распространения многие помехи могут превращаться из индуктивных в кондуктивные и наоборот. Так, переменное электромагнитное поле способно создавать наводки в кабелях, которые далее распространяются как классические кондуктивные помехи. С другой стороны, токи в кабелях и цепях заземления сами создают электромагнитные поля, т.е., индуктивные помехи.



Условность деления помех на индуктивные и кондуктивные наглядно проявляется, например, в ходе анализа пути проникновения высокочастотных помех внутрь электронной аппаратуры. Часто выясняется, что реальный путь проникновения помехи представляет собой комбинацию металлических проводников и “дорожек” на платах аппаратуры (“кондуктивные” участки) и паразитных емкостных и индуктивных связей (“индуктивные” участки). В результате помеха достигает высокочувствительных контуров аппаратуры, минуя защитные элементы типа фильтров, установленные в расчете на чисто кондуктивный характер помехи.



- 1 Кондуктивный путь;
- 2 Излучение;
- 3 Кондуктивный путь - излучение (антенный эффект);
- 4 Излучение - кондуктивный путь (эффект приемника)

Способы прохождения помех

Отмеченные только что паразитные связи и проходящие по ним паразитные наводки — это не предусмотренная электрической схемой и конструкцией передача напряжения, тока или мощности от одного радиотехнического устройства к другому или одной части электронной системы в другую. Наводки возникают вследствие паразитных связей между ними или их частями. Паразитные связи невозможно указать на принципиальной электрической схеме, т.к. они зависят от конструкции, компоновки элементов и РЭС в целом и почти не поддаются расчету.

При анализе наводок, как уже отмечалось, выделяют *триаду электромагнитной совместимости* - источник наводимого напряжения, приемник этого напряжения и паразитную связь между ними. Любая электронная система или часть ее может стать источником или приемником. Все зависит от отношения между выходной энергией данного элемента электронной системы и чувствительностью к восприятию этой энергии другого элемента. Наводка возникает чаще всего на основной частоте и на гармониках. Но возможны и наводки на комбинированных частотах. Паразитные помехи, по сути, возникают при соединении источника и приемника помехи “короткими” связями и они проникают в электронные приборы в большинстве случаев по входным и выходным сигнальным линиям и шинам питания.

Пути прохождения помех или механизмы связи не всегда легко идентифицировать. Например, любая токовая дорожка в ИМС будет как излучать, так и принимать излучение от соседних токовых дорожек. Но могут существовать и более сложные пути взаимодействия токовых дорожек между собой посредством паразитных емкостей, которые трудно идентифицировать. По-

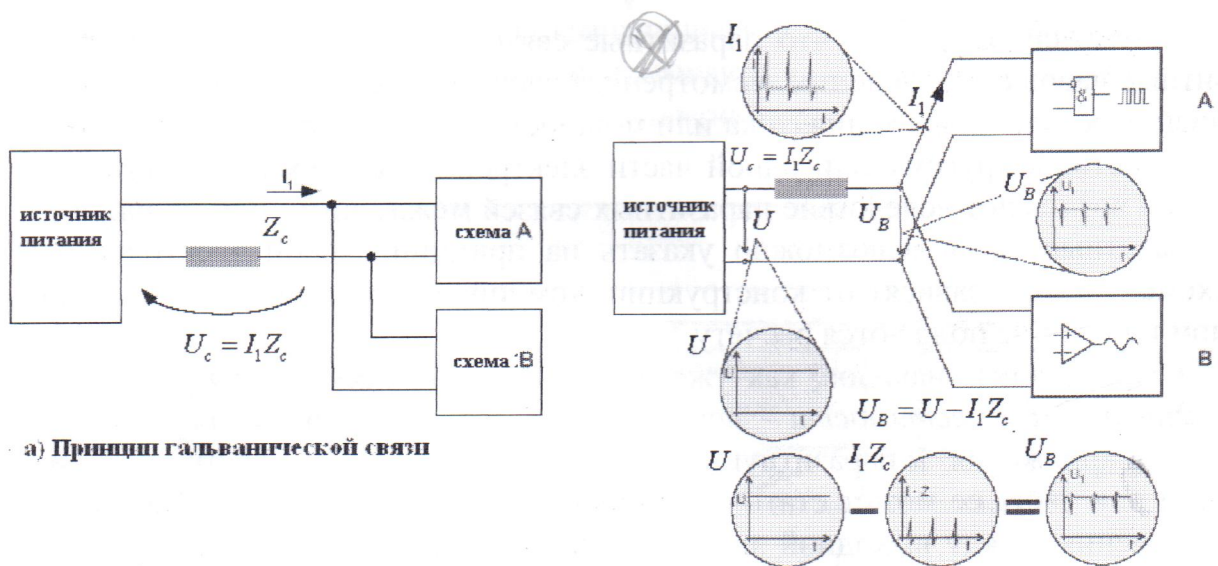


этому проектировщик должен хорошо знать работу всех используемых приборов, материалы и структуру компонентов ИМС, методы намотки обмоток в трансформаторах и т.д., чтобы правильно оценить возможные паразитные связи между токовыми дорожками.

Рассмотрим пути проникновения помех с помощью эквивалентных схем.

## 2.2 Гальваническая (кондуктивная) связь

Гальваническая связь возникает по цепям питания, сигнальным цепям и цепям заземления, когда несколько электрических цепей делят между собой источники напряжения, токопроводящие дорожки, линии и т. п.. Так, если два или несколько электрических контуров имеют **общее полное сопротивление**  $Z_c$ , например, общий нулевой провод, то ток  $I_1$  одного контура А создает на сопротивлении  $Z_c$  падение напряжения, которое проявляется в другом контуре В как напряжение помехи  $U_c = I_1 Z_c$  (рис. 2).



а) Принцип гальванической связи

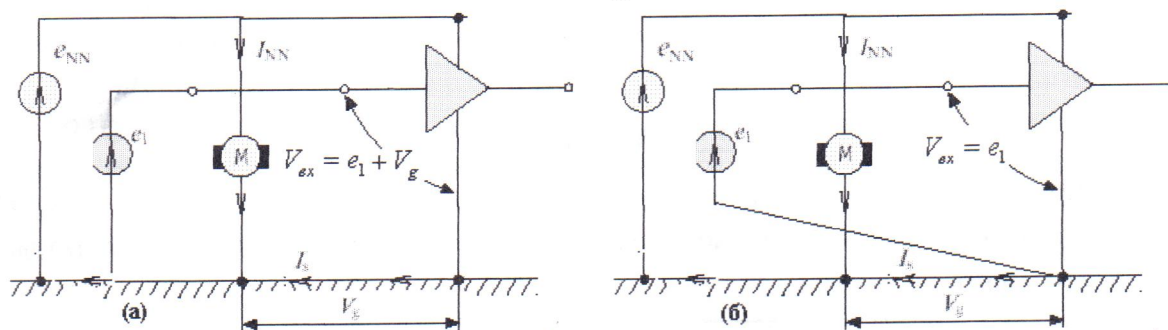
б) Пример гальванической связи

### Гальваническая связь по цепи питания и общему токопроводу

Это падение напряжения дает о себе знать в электрической цепи В (аналоговая схема) просадкой питающего напряжения. Падение напряжения тем больше, чем больше ток и общее полное сопротивление связи  $Z$ . Чтобы снизить взаимное влияние схем, сопротивление  $Z_c$  следует сделать равным нулю.

Очень часто на практике такой резистивной паразитной связью является система заземления. Источником погрешности при передаче сигнала может быть падение напряжения  $V_g$  на участке провода, общем для сигнала и неко-

торой нагрузки (рис. а). Нагрузкой в данном случае может быть, например, некоторая вспомогательная схема, заземляющий провод компьютера или случайный проводник, замкнувший провод "земля" с корпусом энергетического оборудования, через который протекает ток  $I_{NN}$  от эквивалентного источника  $e_{NN}$ . Особенно большие проблемы может создать цифровая схема, работающая в момент передачи аналогового сигнала. В результате входное напряжение  $V_{ex}$  будет складываться из напряжения источника сигнала  $e_1$  и напряжения помехи  $V_g$ :  $V_{ex} = e_1 + V_g$



Паразитный ток  $I_g$ , протекающий по общему участку провода «земля», создает падение напряжения  $V_g$  (а)

Решение проблемы: «земли» источника сигнала и приемника следует соединять отдельным проводом (б) в одной точке

Решением описанной проблемы является подсоединение "земли" источника сигнала к "земле" приемника отдельным изолированным проводом, который не используется ни для каких иных целей (рис. б).

В общем случае, чтобы заранее предотвратить возникновение данной проблемы, следует различать понятия "сигнальная земля", "аналоговая земля", "цифровая земля". Все эти "земли" должны быть выполнены разными проводами, и их можно соединять только в одной общей точке. Сигнальные цепи нельзя использовать для питания даже маломощной аппаратуры. Но об этом мы еще поговорим.