

Перекрестные помехи, электромагнитные помехи и дифференциальный импеданс

В этой статье пойдет разговор о следующих четырех понятиях: перекрестные помехи, дифференциальный импеданс, электромагнитные помехи и передача телевизионного сигнала. Какова взаимосвязь между ними? Попробуйте выбрать ответ из следующих вариантов:

- a) Все они обуславливаются одним и тем же фундаментальным явлением;
- b) Это совершенно независимые явления;
- c) Два из них диаметрально противоположны двум другим.

Мы не часто думаем об этих четырех явлениях в одно и то же время. Перед тем как обсуждать поставленный вопрос, нам, наверное, следует освежить в памяти понятие электромагнитного излучения. Две части слова “электромагнитный” помогут в этом.

Первая часть – “электро” – относится к понятиям “электрический” или “электронный”, или, более фундаментально, к понятию “электрический заряд”. Все мы помним, что одноименные (то есть заряды одинаковой полярности) отталкиваются, а разноименные – притягиваются, что описывается законом, открытым Шарлем де Кулоном в 1785 году и названным его именем.

Под током понимается движение электронов, имеющих отрицательный заряд. Допустим, что поток электронов (отрицательный заряд) достигает одной обкладки конденсатора. При этом от другой обкладки они будут отталкиваться, создавая на ней недостаток отрицательного заряда и “заряжая” ее положительно. Если при этом имеется неизменяющийся заряд, то в результате воздействия будет электростатическим (“электро” относится к электрону или заряду, а “статическое” относится к неизменяющейся величине). Это воздействие проявляет себя как напряжение между обкладками конденсатора.

Существует сходное воздействие, выступающее как протекание тока (потока электронов) по проводнику (т.е. уже нестатическое поведение). Электроны, являющиеся частицами протекающего тока, создают электрическое поле вдоль проводника, которое имеет тенденцию противостоять (отталкивать) другим близлежащим электронам. Интенсивность этого поля зависит от количества протекающих электронов, т.е. от величины тока.

Понятие “электромагнитное” относится к магнитному полю, окружающему проводник, по которому протекает электрический ток. Плавающие на судах знакомы с этим явлением довольно хорошо. Протекающий ток может создавать магнитное поле, изменяющее направление стрелки компаса, что описывается в учебниках по мореплаванию. Закон магнитной индукции Фарадея, открытый в 1831 году, констатирует, что изменения протекающего по проводнику тока вызывают изменения магнитного поля вокруг этого проводника. Эти изменения магнитного поля могут создавать (индуцировать) электрический ток в близлежащем проводнике.

Таким образом, когда ток протекает по проводнику, вокруг этого проводника существуют два силовых поля – электрическое и магнитное – откуда и происходит термин “электромагнитное поле”. При изменении протекающего тока обе составляющие могут индуцировать изменения токов в близлежащих проводниках.

Перекрестные помехи

Когда два проводника располагаются близко друг от друга, ток, протекающий по одному из них (именуемому агрессором) создает вокруг себя электрическое поле, которое, в свою очередь, индуцирует ток в другом (именуемому жертвой). Этот ток протекает в проводнике-жертве в обоих направлениях вдоль проводника. Каждый единичный заряд в проводнике-агрессоре создает поле, отталкивающее заряды в проводнике-жертве. Часто такой вид взаимодействия называется емкостной связью.

Ток, протекающий по проводнику-агрессору, также порождает магнитное поле, которое, в свою очередь, вызывает протекание тока в проводнике-жертве, но в обратном направлении по отношению к первичному току. Такой вид взаимодействия называется индуктивной связью.

Эти два типа взаимодействий стремятся усилить друг друга в противоположном направлении и ослабить друг друга в прямом (полностью они компенсируются в конфигурации микрополосковой линии передачи). Следовательно, обратное взаимодействие или перекрестные помехи вызывают трудности в такой ситуации.

Таким образом, перекрестные помехи являются прямым результатом излучения проводником-агрессором электромагнитного поля.

Дифференциальный импеданс

Дифференциальными считаются равнопротивоположные сигналы. Проводники таких сигналов располагаются вблизи друг от друга. При разводке дифференциальных проводников необходимо учитывать, что дифференциальный импеданс цепи подчиняется следующей зависимости

$$Z_{\text{diff}}=2Z_0(1-k),$$

где Z_0 – однопроводный (несимметричный) импеданс каждого отдельного проводника, а k – коэффициент связи между ними.

Этот коэффициент связи **в точности равен** коэффициенту взаимовлияния при возникновении перекрестных помех! Данный случай взаимовлияния является специфичным по следующим причинам: 1) каждый проводник в одно и то же время является и агрессором и жертвой, и 2) взаимодействие между проводниками симметрично (поскольку сигналы равнопротивоположны). Поэтому, в то время как перекрестные помехи в обычном виде приносят вред, в случае же дифференциальной передачи сигналов они работают во благо!

Электромагнитные помехи

Электромагнитное воздействие, вызывающее помехи в сигнале близлежащего проводника (перекрестные помехи), может также наводить помехи на проводник, расположенный в удалении. В этом случае, когда проводник-жертва находится от источника помех на значительном расстоянии от проводника-агрессора, речь идет уже не о перекрестных, а об электромагнитных помехах, которые могут доставлять большие неприятности.

Передача телевизионного сигнала

Но что, если электромагнитное поле в достаточной мере контролируемо и излучение происходит на одной определенной частоте? В этом случае любой проводник-жертва, являющийся приемной антенной, должен быть настроен на эту определенную частоту. И если электромагнитное излучение модулируется чем-то, что содержит информацию, то настроенный на требуемую частоту приемник должен демодулировать и обработать эту информацию. В этом состоит базовый принцип радиопередачи, в том числе и передачи телевизионного сигнала.

Заключение

Таким образом, любой проводник, по которому протекает переменный ток, излучает изменяющееся электромагнитное поле. Это излучение может доставлять неприятности, когда поле является причиной возникновения перекрестных или электромагнитных помех, но также может оказывать и положительное влияние при использовании дифференциальной или радиочастотной передачи сигналов. Задача инженеров и разработчиков электронных устройств состоит в понимании возникновения электромагнитного поля, минимизации отрицательных воздействий и извлечении максимальной пользы от положительных.