

КАК НА САМОМ ДЕЛЕ ВОЗВРАЩАЕТСЯ ВОЗВРАТНЫЙ ТОК?

Известно, что если ток пропускается по сигнальному проводнику линии передачи, он возвращается к источнику сигнала по другому проводнику – проводнику возвратного пути. Но как это происходит, особенно, если между сигнальным и возвратным проводниками имеется диэлектрический изолятор?

Предположим, что наша линия передачи представляет собой 50-омный коаксиальный кабель длиной 10 дюймов (около 25 см). Задержка распространения сигнала в одну сторону на такой длине составит около 15 нс. При возбуждении линии одновольтным сигналом ток будет составлять $I=V/R=1\text{ В}/50\text{ Ом}=20\text{ мА}$. Если на дальнем конце кабеля закоротить центральный проводник с экраном, то через какое время можно ожидать прихода возвратного тока (протекающего через экран) на ближнем конце?

Большая часть инженеров предположит, что прихода возвратного тока следует ожидать через 30 нс. В самом деле, каким же образом может ток, поданный в линию, возвратиться назад к источнику, иначе чем, дойдя по центральному проводнику до соединения с экраном на дальнем конце, протекать далее по экрану до источника?

Реально, это не совсем так. В тоже самое время, когда ток протекает по проводнику, он протекает и через диэлектрик, разделяющий этот проводник и экран. Как может ток (в нашем случае, 20 мА) протекать через изолятор? Точно также как и через конденсатор (рис. 1).

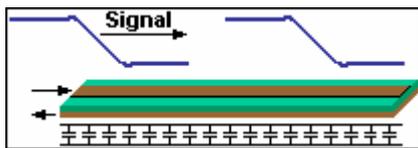


Рис. 1. Возвратный ток в линии передачи возвращается к источнику через емкость между сигнальным и возвратным проводниками.

Конденсатор создается между двумя любыми проводниками, разделенными диэлектриком. Изменение заряда одного из проводников по отношению к заряду другого проводника генерирует напряжение между проводниками.

Емкость между этими двумя проводниками, образующая конденсатор, является величиной удержания

заряда и определяет напряжение между ними. Чем больше заряд при одном и том же напряжении, тем выше емкость.

Емкость определяется геометрией взаимного расположения проводников и диэлектрической постоянной изолятора и, в общем случае, не зависит от напряжения между проводниками.

Поскольку между проводниками находится диэлектрик, постоянный ток не может протекать между ними, а импеданс конденсатора на постоянном токе равен бесконечности.

Тем не менее, попробуем изменить напряжение, приложенное к конденсатору. Единственным способом изменения напряжения на конденсаторе является неодинаковое изменение зарядов его обкладок.

Добавление отрицательного заряда к нижнему проводнику равносильно уменьшению его положительного заряда. Когда напряжение на конденсаторе возрастает, то это выглядит как добавление положительного заряда к верхнему проводнику и отрицательного к нижнему.

Заряд через диэлектрик не протекает, и единственным путем пропускания тока через конденсатор является изменение разности потенциалов между его обкладками.

Когда по сигнальному проводнику линии передачи пропускается ток, как может он протекать через изолятор и достигнуть возвратного проводника? Этот ток протекает через емкость между сигнальным и возвратным проводниками. После этого сигналом является изменение напряжения. При любых изменениях напряжения сигнала (появление фронта) протекает возвратный ток между сигнальным и возвратным проводниками. По этой причине, сигнал формируется не только переходным процессом, формирующимся изменением напряжения и распространяющимся вдоль линии передачи, но и процессом, связанным с возникновением токовой петли между сигнальным и возвратным токами.

Мгновенный импеданс является отношением изменяющегося напряжения к току в контуре. Для однородной линии передачи (т.е. линии с постоянными параметрами) это отношение постоянно по всей длине и является основной характеристикой – характеристическим импедансом линии передачи.