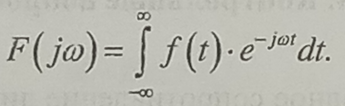
ЗАТУХАНИЕ ОДНОРОДНЫХ ЛИНИЙ И АМПЛИТУДНЫХ ВЫРАВНИВАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить частотную зависимость волнового затухания однородной линии, ее влияние на передачу сигналов, а также способы и устройства коррекции амплитудных искажений.

7.1. Краткие сведения из теории

При передаче разговора, музыки и различной информации по электричес ким цепям распространяются несинусоидальные токи, являющиеся сложными функциями времени. Периодические напряжение и ток удобно представлять рядами Фурье в виде суммы гармонических составляющих. Совокупность комплексных амплитуд гармонических колебаний кратных частот, воспроизво- дящих исходное напряжение (ток), образует его дискретный спектр.

Непериодические (конечные во времени) напряжение и ток представля- ются в виде суммы бесконечно большого числа бесконечно малых слагаемых интегралом Фурье. Спектр непериодического сигнала (напряжения или тока) является непрерывным и полностью определяется его временной зависи- мостью:

(7.1)

Таким образом, при передаче электрических сигналов по цепи связи рас- пространяется большое количество гармонических составляющих с разными частотами, амплитудами и начальными фазами. Составляющие сигнала имеют разные частоты, претерпевают при передаче по линии различные изменения амплитуд и фазовые сдвиги, а в случае несогласованной нагрузки отражения. Вследствие этого соотношения между амплитудами и фазами составляющих сигнала в конце цепи не такие, как в ее начале, поэтому при суммировании составляющих в конце цепи сигнал (напряжение или ток) отличается по форме от исходного.

Амплитудно-частотные искажения возникают вследствие неодинакового изменения токов различных частот: более высокие частоты передаются по ли- ниям с большим ослаблением, т. е. амплитуды колебаний более высоких частот уменьшаются в большее число раз, чем амплитуды колебаний более низких частот. В результате этого соотношение амплитуд колебаний в конце цепи мо- жет существенно отличаться от соотношения амплитуд в начале цепи, что при- водит к изменению формы сигнала (рис. 7.1)

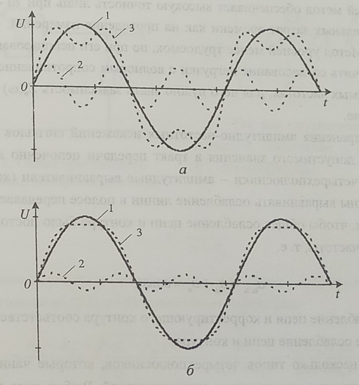


Рис. 7.1. Амплитудно-частотные искажения: а - неискаженный сигнал на входе; б искаженный сигнал на выходе цепи; 1 - основная гармоника; 2- третья гармоника; 3 – сигнал.Степень амплитудно-частотных искажений оценивается разностью вол- новых затуханий цепи при двух частотах, и чем больше эта разность, тем боль- ше амплитудные искажения. На тональных частотах амплитудные искажения

меньше на воздушных цепях из цветных металлов и больше на стальных цепях и в симметричных кабелях.

Частотную зависимость волнового затухания однородной линии можно рассчитать теоретически, если известны ее конструктивные параметры: матери- ал и диаметр проводов, расстояние между ними, тип изоляции и т. д., однако при теоретическом расчете осложняется учет влияния соседних цепей, состоя- ния погоды, изоляции и других факторов на величину ав. Наиболее достовер- ные данные для конкретной реально существующей цепи получают экспери- ментальным путем.

Для измерения волнового затухания целесообразно использовать метод моста переменного тока или метод уровней.

Первый метод обеспечивает высокую точность лишь при al <5дБ и тре- бует значительных затрат времени как на проведение измерений, так и на их обработку. Метод уровней менее трудоемок, но при его использовании необхо- димо обеспечить согласование нагрузки с волновым сопротивлением линии на всех измеряемых частотах, для чего нужно знать зависимость (о) в исследуе- мом диапазоне.

Для устранения амплитудно-частотных искажений сигналов или умень- шения их до допустимого значения в тракт передачи цепочечно включаются специальные четырехполюсники – амплитудные выравниватели (корректоры), которые должны выравнивать ослабление линии в полосе передаваемых частот таким образом, чтобы общее ослабление цепи и контура было постоянным и не зависящим от частоты, т. е.



где ад, а ослабление цепи и корректирующего контура соответственно;

анк - общее ослабление цепи и контура.

Имеется несколько типов четырехполюсников, которые чаще всего ис- пользуются в качестве амплитудных выравнивателей. Выбор типа звена опре- деляется в первую очередь требованиями к входному сопротивлению и точ- ностью воспроизведения заданной частотной характеристики.

Так как входные сопротивления различных элементов (фильтры, одно- родные линии, трансформаторы) в полосе передаваемых частот часто близки к чисто активным сопротивлениям, то входное сопротивление амплитудного вы- равнивателя также должно быть постоянным, не зависящим от частоты. Этим

меньше на воздушных цепях из цветных металлов и больше на стальных цепях и в симметричных кабелях.

Частотную зависимость волнового затухания однородной линии можно рассчитать теоретически, если известны ее конструктивные параметры: матери- ал и диаметр проводов, расстояние между ними, тип изоляции и т. д., однако при теоретическом расчете осложняется учет влияния соседних цепей, состоя- ния погоды, изоляции и других факторов на величину ав. Наиболее достовер- ные данные для конкретной реально существующей цепи получают экспери- ментальным путем.

Для измерения волнового затухания целесообразно использовать метод моста переменного тока или метод уровней.

Первый метод обеспечивает высокую точность лишь при al <5дБ и тре- бует значительных затрат времени как на проведение измерений, так и на их обработку. Метод уровней менее трудоемок, но при его использовании необхо- димо обеспечить согласование нагрузки с волновым сопротивлением линии на всех измеряемых частотах, для чего нужно знать зависимость (о) в исследуе- мом диапазоне.

Для устранения амплитудно-частотных искажений сигналов или умень- шения их до допустимого значения в тракт передачи цепочечно включаются специальные четырехполюсники – амплитудные выравниватели (корректоры), которые должны выравнивать ослабление линии в полосе передаваемых частот таким образом, чтобы общее ослабление цепи и контура было постоянным и не зависящим от частоты, т. е.

свойством обладают некоторые схемы симметричных и несимметричных четы- рехполюсников (мостовые, Т-образные мостовые, Г-образные), в последова тельные и параллельные плечи которых включены обратные двухполюсники, причем наименьшее число элементов содержит схема Г-образного четырехпо- люсника.

Схема простейшего Г-образного четырехполюсника содержит по два элемента в последовательном и параллельном плечах (рис. 7.2). Соединение та- кого корректора с другими элементами тракта передачи осуществляется на принципе повторности.

Матрица параметров четырехполюсника, изображенного на рис. 7.2, за- писывается следующим образом:

Значение повторного сопротивления при прямом направлении передачи с учетом соотношений (7.2), (7.3) вычисляем по формуле

Анализируя соотношения (7.5) и (7.6), сделаем следующие выводы:

1) при чисто активном сопротивлении нагрузки, равном R, входное соп ротивление четырехполюсника не зависит от частоты;

2) зависимость повторного затухания четырехполюсника от частоты (при ZZ = = R) полностью определяется частотной зависимостью сопротивления двухполюсника Z

Подбирая в качестве 24 двухполюсники с различными зависимостями сопротивления, можно получать различные частотные характеристики затуха- ния. Необходимо отметить, что точность воспроизведения кривой затухания повышается при усложнении схем двухполюсников 2 и 26.

Так как волновое ослабление однородной линии с ростом частоты увели чивается, а ослабление корректирующего четырехполюсника уменьшается, двухполюсник 2, должен содержать емкость, а 26 индуктивность.

Для получения конечной величины затухания на частоте о 0 (так как волновое ослабление на этой частоте имеет конечное значение) в двухполюс- ники 2 и 26 включаются резисторы. Схема простейшего Г-образного четырех- полюсника, предназначенного для коррекции амплитудных искажений одно- родной линии, приведена на рис. 7.3.

Элементы данной схемы связаны следующими соотношениями:

ака - затухание корректора на частотах 1 и 2 соответственно (рис. 7.4), дБ.

Условие физической реализации элементов схемы: Q <Т, если оно не вы- полняется, необходимо увеличить число цепочечно соединенных контуров или усложнить их схему и повторить

Рис. 7.3. Схема амплитудного Рис. 7.4. Частотные характеристики затухания выравнивателя исследуемых четырехполюсников

1) Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

2) Оформить в виде табл. 7.1 и построить график частотной зависимости

а(ш) однородной линии, используя результаты, полученные при выполнении лабораторной работы 6.

3) Построить графики частотной зависимости соответствующего однород- ной линии корректора а (о), добиваясь устранения амплитудно-частотных иска- жений, т. е. а, + а = с. Числовое значение с принимается таким, чтобы на верх- ней рабочей частоте диапазона, ослабление контура ак, не превышало 0,5 дБ. 4) Определить по формулам (7.7) (7.10) элементы выравнивающего

контура (ВК), отсчитав по полученным графикам для двух частот (fi. 12) coor-

ветствующие значения акт сав аналогично рис. 7.4. При расчете принять

равным модулю волнового сопротивления на средней частоте исследуемого

диапазона = √... Если рассчитанный ВК нельзя реализовать пассивными элементами, то необходимо, увеличивая число цепочечно соединяемых конту- ров, добиться выполнения условия О < Т.

5) Рассчитать ослабление полученного ВК по формуле (7.11).

6) Измерить с помощью лабораторного макета повторное ослабление ВК, собрав схему измерения, приведенную на рис. 7.5. При этом необходимо нагружать ВК на соответствующее повторное сопротивление, рассчитанное по формуле (7.5).

7) Результаты исследования повторного затухания ВК представить в табл. 7.1. Построить графики теоретической и экспериментальной зависимостей ослаб- ления предложенного ВК от частоты, сделать выводы по результатам иссле дования.

8) Ответить на контрольные вопросы.

7.3. Содержание отчета

1) Графики частотной зависимости а = f(w) и требующейся характеристики выравнивающего контура а₂ = (о).

2) Схема ВК, предлагаемого для коррекции амплитудно-частотных иска- жений, расчетные формулы и результаты расчета элементов этой схемы.

3) Схема и результаты измерений и расчетов частотной зависимости за- тухания предложенного контура.

4) Графики теоретической и экспериментальной зависимостей ослабле- ния предложенного ВК от частоты.

5) Подписанный преподавателем черновик с результатами измерений.

6) Ответы на контрольные вопросы.

7.4. Контрольные вопросы

1) Как изменяются напряжение и ток по длине однородной бесконечно длинной цепи?

2) Объясните причину частотной зависимости волнового затухания.

3) Поясните возникновение амплитудно-частотных искажений сигналов.

4) Какие схемы используются в качестве амплитудных выравнивающих контуров и почему?

5) Какое ослабление (рабочее, вносимое, повторное, характеристическое) рассчитано теоретически и какое экспериментально?

6) Укажите виды искажений сигналов, возникающих в электрически ко- роткой линии.