БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ ИРАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра метрологии и стандартизации

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Измерение параметров и характеристик четырехполюсников. Идентификация неоднородностей и повреждений в линиях связи»**

МИНСК, 2008

**Измерение параметров и характеристик четырехполюсников**

**Измерение группового времени запаздывания**

Общие сведения. Классификация методов и приборов для измерения группового времени запаздывания

Отклонение частотной характеристики фазового сдвига от линейной называют фазовым искажением.

Многочастотный широкополосный сигнал проходя по линии связи искажается, т.е. его форма на выходе не совпадает с формой на входе. Это искажение возникает вследствие того, что различные частотные составляющие запаздывают на разное время. Для количественной оценки фазовых искажений введено понятие группового времени запаздывания (ГВЗ). Абсолютное ГВЗ определяется производной абсолютного фазового угла по групповой частоте

, (1)



где - абсолютный фазовый угол, на который изменяется фаза синусоидального сигнала при распространении его по какой-либо цепи за время tрас.



Абсолютный фазовый угол

. (2)



Подставляя (2.2) в (2.1), получаем

. (3)



Второе слагаемое в формуле (3) показывает зависимость времени распространения сигнала от частоты.

При практических измерениях ГВЗ бесконечно малые приращения фазы и частоты заменяют конечными приращениями и определяют относительное ГВЗ

, (4)



где ϕ′ и ϕ″ – фазовые сдвиги на частотах ω′ и ω″ соответственно

Значение ГВЗ однозначно определяет величину фазовых искажений сигнала.

Четырехполюсник (ЧП) не вносит искажений, если ГВЗ сохраняется постоянным во всем диапазоне частот. В противном случае ЧП вносит фазовые искажения. При измерении ГВЗ наиболее часто используется два метода:

– метод измерения по точкам (по фазовой характеристике);

– метод передачи модулированных сигналов (метод Найквиста).

**Измерение ГВЗ по фазовой характеристике**

Суть метода заключается в измерении фазовых сдвигов четырехполюсника (ЧП) в различных частотных точках рабочей полосы частот. По результатам этих измерений строится ФЧХ ЧП (рисунок 1).

По этой характеристике определяется значение ∆φ и ∆f для различных участков частотного диапазона, а затем по формуле (2.4) вычисляется ГВЗ. В свою очередь по результатам этих вычислений строится зависимость tгр от частоты. Такой метод аппаратурно прост, но обладает большой трудоемкостью и относительно низкой точностью. Поэтом на практике чаще используют метод Найквиста.

∆f

∆φ

φ

f

Рисунок 1

**Метод Найквиста**

Суть метода заключается в сравнении фазового сдвига огибающих модулированных по амплитуде сигналов на входе и выходе исследуемого ЧП. На рисунке 2 приведена упрощенная структурная схема прибора, реализующего данный метод.

ВЧ

генератор

ЧП

Амплитудный детектор 2

Фазометр

Амплитудный детектор 1

Рисунок 2



Высокочастотный генератор вырабатывает сигнал, который модулируется по амплитуде низкочастотным сигналом от внутреннего либо внешнего источника. Этот сигнал одновременно поступает на амплитудный детектор 1 непосредственно и через ЧП на амплитудный детектор 2. После детектирования огибающие с выходов детекторов подаются на фазометр, который измеряет фазовый сдвиг между ними, описываемый выражением:

.



Из этого выражения можно определить tгр

. (5)



Так как частота модуляции Fм величина постоянная, то шкалу фазометра градуируют в единицах ГВЗ.

Для автоматизации процесса измерения ГВЗ в полосе частот в качестве ВЧ генератора используют ГКЧ. Указатель фазометра устанавливают на нулевую отметку на средней частоте диапазона. Тогда при качании частоты показания фазометра будут соответствовать ГВЗ.

**Идентификация неоднородностей и повреждений в линиях связи**

**Импульсный метод**

Общая характеристика импульсного метода

Импульсный метод измерения параметров линий связи основан на явлении отражения электромагнитных волн в местах изменения волнового сопротивления линии (W).

Этот метод позволяет, во-первых, измерить, а затем сравнить с установленными нормами неоднородности и характеристические сопротивления линий, а во-вторых, определить место и характер каждого повреждения.

По виду и величине отраженных импульсов судят о характере неоднородностей и повреждений в линии.

Принцип импульсных измерений заключается в зондировании линии короткими импульсами, которые, распространяясь по линии, частично отражаются от неоднородностей (КЗ, ХХ, обрыв, изменение волнового сопротивления) и возвращаются к тому месту, откуда были посланы. При этом на экране ЭЛТ отраженные импульсы будут смещены на некоторое время t относительно зондирующего импульса. Это время равно времени пробега зондирующего импульса до неоднородности и обратно. Таким образом расстояние до неоднородности lх при известной скорости распространения электромагнитных волн в линии υ можно определить по формуле:

. (6)



В свою очередь ,



где С – скорость света;

- диэлектрическая проницаемость материала линии.



Это выражение показывает, что скорость распространения электромагнитных волн будет различна для различных линий передач. Поэтому, чтобы использовать выражение (6), в качестве алгоритма измерения lх необходимо ввести поправочный коэффициент γ, учитывающий отклонение υ от С. Этот коэффициент называется коэффициентом укорочения электромагнитной волны и определяется как:

.



Значение γ указывается в справочной литературе для различных типов линий связи.

Величина неоднородности характеризуется коэффициентом отражения, который определяется по формуле

, (7)



где - полное сопротивление неоднородности.



Из формулы (7) видно, что амплитуда и фаза отраженного сигнала зависят от соотношения между и W.



Рассмотрим три случая, которые иллюстрируются рисунками 3 а,б,в.

1 Zнд = W, Г=0

UЗ

Рисунок 3 а)



2 Zнд = 0 , Г= –1

UЗ

Рисунок 3 б)

U0



3 Zнд=∞, Г=1

UЗ

Рисунок 3 в)

U0



При зондировании реальной линии передачи на экране прибора появится столько отраженных сигналов, сколько существует неоднородностей в линии, и еще множество мелких отраженных импульсов, возникающих из-за неоднородностей технологического характера и переотражений.

Так для линии передачи длиной l разомкнутой на конце и имеющей на расстоянии l1 плохой контакт, что эквивалентно дополнительному сопротивлению R1, а на расстоянии l2 утечку с сопротивлением R2, эквивалентная схема и ее импульсная характеристика будет иметь следующий вид:

Импульсный рефлектометр

U01

U02

*l*1

*l*2

*l*3

Рисунок 4

R1

Uок

UЗ

Достоинства импульсного метода:

1) позволяет различить несколько неоднородностей или повреждений, существующих одновременно, и определить расстояние до каждой из них;

2) пригоден для определения мест повреждений, имеющих неустойчивый или комбинированный характер;

3) быстро и наглядно проводить сами измерения.

Недостатки:

нечувствительность к некоторым видам повреждений (например, понижение сопротивления изоляции).

**Параметры и характеристики приборов, реализующих импульсный метод**

К наиболее важным характеристикам приборов, реализующих импульсный метод, можно отнести:

- максимальную дальность действия;

* разрешающую способность

- точность.

Максимальная дальность действия определяется двумя группами факторов: энергетическими и временными.

Энергетические факторы сводятся к тому, что энергия отраженного сигнала на входе прибора должна быть больше некоторого порогового значения. Следовательно, максимальная дальность действия зависит от энергии (величины) зондирующего импульса, коэффициента усиления усилителя приходящих импульсов, чувствительности ЭЛТ, уровня шумов и затухания линии.

Временные факторы сводятся к тому, что максимальная длительность развертки (Тр.max) вместе с максимальной задержкой (τр.max) должна быть больше максимальной задержки отраженного импульса:

τ0max < Тр.max + τр.max = Tз.и.,

где Tз.и. период повторения зондирующих импульсов.

Разрешающая способность – минимальное расстояние между двумя неоднородностями, при котором эти неоднородности будут наблюдаться на рефлектограмме раздельно.

Разрешающая способность зависит от длительности зондирующего импульса τзи и равна

. (8)



Из выражения (2.8) видно, что для увеличения разрешающей способности (уменьшения lmin) длительность зондирующего импульса надо уменьшать. Но уменьшение длительности импульса приводит к расширению его спектра и, как следствие, к большим искажениям его в линии и уменьшению его энергии. Поэтому выбор значения τз.и. это всегда компромисс между различными факторами.

Точность измерения импульсным методом достаточно высока и зависит от энергии зондирующих импульсов, скорость распространения в линии передачи, расстояния до места неоднородности и частотной характеристики затухания исследуемой линии.

**Импульсные рефлектометры с зондирующим видеоимпульсом и перепадом напряжения**

Возможны два способа реализации импульсного метода и соответственно два способа зондирования линии: коротким видеоимпульсом и единичным перепадом напряжения.

Первый способ применяется для исследования линий большой протяженности, а второй при исследовании трактов и устройств СВЧ.

Типовая структурная схема импульсного рефлектометра приведена на рисунке 5.

Согласно структурной схеме синусоидальные колебания задающего генератора (ЗГ) преобразуются калибратором в короткие импульсы, используемые для калибровки прибора и синхронизации работы его узлов. Эти импульсы запускают тактовый генератор, задающий временной масштаб в зависимости от измеряемого расстояния. В свою очередь импульсы тактового генератора запускают две схемы задержки: развертки и генератора. Выходные сигналы этих схем запускают генератор развертки и генератор зондирующих импульсов.

Отсчет времени пробега зондирующего импульса до неоднородности и обратно производится с помощью схемы задержки развертки. Время задержки развертки плавно регулируется до совмещения фронта отраженного импульса с вертикальной линией на экране ЭЛТ, с которой до начала измерения был совмещен фронт зондирующего импульса.

Отсчет измеряемого расстояния до неоднородности производится непосредственно по шкале рефлектометра с учетом выбранного поддиапазона и коэффициента укорочения для выбранного типа линии.

Изменение масштаба просматриваемого участка линии на экране ЭЛТ осуществляется регулировкой скорости развертки.

ЗГ и калибратор

Генератор тактовый

Схема задержки запуска генератора

Генератор зондирующих импульсов

Схема задержки развертки

Схема развертки

Усилитель отраженных импульсов

Рисунок 5

ЭЛТ

В зависимости от измеряемого расстояния выбирается длительность зондирующего импульса, так как от нее зависит разрешающая способность.

Калибровка прибора осуществляется с помощью калибрационных меток, которые подаются на ЭЛТ через усилитель.

При исследовании трактов СВЧ используются рефлектометры с перепадом напряжения. Так как эти тракты имеют небольшую протяженность, то повышенное значение у них имеет разрешающая способность. В таких рефлектометрах используются зондирующие импульсы в виде перепада напряжения пикосекундной и наносекундной длительности.

Эти зондирующие импульсы формируются генераторами на основе диодов Ганна и диодов с накоплением заряда (ДНЗ).

Импульсные рефлектометры предназначены для измерений на воздушных линиях связи, позволяют определить повреждения на расстоянии 2 – 300 км, в цепях из цветного металла и до 100 км в цепях из стали с погрешностью 0,5 – 1,5 км.

Измерители неоднородных кабелей имеют диапазон измерения расстояния от нескольких метров до десятков километров. Погрешность измерения зависит от измеренного расстояния и составляет единицы-десятки метров.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Метрология и электроизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов /А.С. Сигов, Ю.Д. Белик. и др./ Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005.
2. Бакланов И.Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2007.
3. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учеб. пособие для вузов /Под ред. Б.П. Хромого. – М.: Радио и связь, 2006.