БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ ИРАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра метрологии и стандартизации

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Селективные вольтметры, частотно-селективные вольтметры или вольтметры несущей частоты»**

МИНСК, 2008

Анализаторы гармоник служат для измерения напряжения на определенной - частоте. Применяются при измерении амплитуд сложных сигналов на отдельной частоте (например, для измерения амплитуды сигналов в присутствии шумов). В низкочастотном диапазоне (до МГц) используются анализаторы гармоник без преобразования частоты, а в мегагерцовом диапазоне с преобразованием частоты.

Анализаторы гармоник без преобразования частоты представляют собой электронный вольтметр, в состав которого входит узкополосный перестраиваемый фильтр и индикаторное устройство, которое показывает частоту настройки этого фильтра. Индикаторное устройство состоит из аналогового или цифрового измерителя, который показывает амплитуду сигнала на выбранной частоте и механические или электронные устройства, которые показывают выбранную частоту.

Для измерения в мегагерцовом диапазоне используются гетеродинные анализаторы гармоник. Структурная схема такого анализатора представлена на рисунке 1.

Частотная селекция входного сигнала осуществляется с помощью перестраиваемого гетеродина, смесителя и усилителя промежуточной частоты (УПЧ), который обеспечивает высокую чувствительность и требуемую избирательность. Если избирательность недостаточная, то применяют двух- или трехкратные преобразователи частоты. Для хорошей стабильности промежуточной частоты в таких анализаторах гармоник часто используют автоматическую подстройку частоты гетеродина под частоту входного сигнала.

**Анализ спектра сигналов**

Анализатор спектра (АС) показывает зависимость амплитуды сигнала от частоты, т.е. работает в частотной области. Прибор разлагает сигнал на отдельные частотные компоненты и представляет их на экране ЭЛТ в виде вертикальных линий, положение которых соответствует частоте, а высота отражает амплитуду сигнала на данной частоте.

Реальный спектр бесконечен, поэтому при его экспериментальном анализе ограничиваются определением ширины спектра, под которой понимают интервал частот, где сосредоточена основная часть энергии сигнала.

Экспериментальный анализ спектра всегда ограничен во времени, поэтому вместо реального спектра и его составляющих определяется так называемый аппаратурный спектр, который является функцией не только частоты, но и времени анализа и поэтому получил название текущего спектра.

АС принято классифицировать в зависимости от метода анализа и способа его проведения.

В зависимости от метода анализа АС делятся на:

1) фильтровые АС, реализующие метод фильтрации;

2) цифровые АС, реализующие алгоритмы дискретного преобразования Фурье;

3) дисперсионные АС, реализующие дисперсионно-временной метод;

4) рециркуляционные АС, реализующие рециркуляционный метод.

Возможны три способа анализа спектра:

1) параллельный;

2) последовательный;

3) комбинированный.

Соответственно АС делятся на:

1) АС параллельного действия;

2) АС последовательного действия;

3) комбинированные АС.

**Фильтровые АС параллельного действия**

Параллельный анализ спектра позволяет выделить и проанализировать все составляющие спектра одновременно. Он реализуется с помощью совокупности идентичных фильтров, каждый из которых настроен на определенную частоту и выделяет одну гармонику. Суть этого способа анализа спектра иллюстрируется на рисунке 2,а.

Рисунок 2

а)

б)

f

f

f

Структурная схема фильтрового анализатора АС параллельного действия представлена на рисунке 3.

**Ф1**

**Д1**

**И1**

**Фi**

**Фn**

**ВУ**

**Дn**

**Иn**

**Дi**

**Иi**

Рисунок 3

Ф – узкополосый фильтр; Д – детектор; И – индикатор; ВУ – входное устройство

Как видно из рисунка 3 исследуемый сигнал после ВУ одновременно поступает на n – фильтров, каждый из которых выделяет одну спектральную составляющую. После детектирования квадратичными детекторами напряжения соответствующие составляющие регистрируются индикаторами.

Достоинства этого способа анализа:

– высокая скорость анализа и возможность его проведения в реальном масштабе времени как для периодических, так и для непериодических сигналов.

Недостаток:

– сложность аппаратурной реализации.

**АС последовательного действия**

При таком анализе используется только один узкополосный фильтр (рисунок 2,б), который перестраивается в широком диапазоне частот и последовательно выделяет спектральные составляющие. Структурная схема АС последовательного действия представлена на рисунке 4.

ВУ

Ф

Д

И

*Ux(t)*

Рисунок 4

Достоинство этого способа анализа:

- простота аппаратурной реализации.

Недостатки:

- малая скорость анализа;

- невозможность анализа спектра непериодических сигналов.

В реальных приборах перестраивается не фильтр, а специальный гетеродин (рисунок 5), который перемещает исследуемый спектр относительно фиксированной частоты настройки фильтра (рисунок 1.6). При таком подходе увеличивается скорость анализа спектра.

f1

f2

f3

f4

f

fГ1

fГ2

t1

t2

fПР

fПР

f

Рисунок 6

СМ

УПЧ

Гетеродин (ГКЧ)

Ux(t)

fC

fПР

fГ

Рисунок 5

fПР= fГ – fС

**Широкодиапазонный гетеродинный АС**

Структурная схема такого АС представлена на рисунке 5.

Часть схемы, включающая первые гетеродин, смеситель и усилитель промежуточной частоты (Г1, СМ1 и УПЧ1), предназначена для переноса исследуемого спектра из любой части рабочего диапазона АС на первую промежуточную частоту ∆fпр1, на которую настроен УПЧ1. С помощью УПЧ1 происходит основное усиление сигнала. Гетеродин перестраивается вручную и имеет точную шкалу частот. При постоянной и известной fпр1 шкала частот Г1 может быть проградуирована в частотах исследуемого сигнала. При этом полоса пропускания УПЧ1 должна быть больше максимальной ширины исследуемого спектра.

Непосредственно анализ спектра начинается со второго смесителя (СМ2), на второй вход которого подается модулированное по частоте напряжение с частотно-модулированного гетеродина (ЧМГ), представляющего собой генератор качающейся частоты (ГКЧ). Перестройка по частоте ЧМГ осуществляется по линейному закону с помощью генератора развертки (ГР), который одновременно через усилитель горизонтального отклонения (УГО) подает напряжение развертки на пластины Х ЭЛТ. Таким образом, формируется частотная ось вместо временной.

Роль узкополосного фильтра выполняет УПЧ2 резонансного типа.

В процессе качания частоты ЧМГ из спектра сигнала вырезается участок ∆fпр2, который последовательно перемещается по оси частот по мере перестройки ЧМГ.

ВУ

СМ1

УПЧ1

СМ2

УПЧ2

Д

УВО

Г1

ЧМГ

(ГКЧ)

ГР

УГО

Калибратор

Г2

М

Рисунок. 7



После усиления по промежуточной частоте, детектирования и последующего усиления в видеоусилителе УВО сигнал подается на пластины У ЭЛТ в виде вертикальной полосы, высота которой пропорциональна амплитуде соответствующего участка спектра.

Измерение амплитуд (относительные), производится либо по масштабной сетке ЭЛТ, либо с помощью входного аттенюатора и аттенюатора, включенного в тракт УПЧ2.

Измерение ширины спектра или отдельных его лепестков производится с помощью калибрационных меток, которые накладываются на изображение исследуемого спектра. Для их формирования используется калибратор. Перестройка калибратора по частоте перемещает метку по оси частот и позволяет ее совместить с любым интересующим нас участком спектра.

Гетеродинные АС работают в диапазоне частот от кГц до ГГц.

Погрешности измерения амплитуд и частотных интервалов порядка 10 %.

**Цифровые АС (анализаторы с преобразование Фурье)**

Цифровые АС определяют амплитуду и фазу каждой частотной составляющей с помощью серии последовательных измерений входного сигнала. В основу их работы положена математическая операция преобразования Фурье, которая разлагает кривую исследуемого сигнала на сумму синусоидальных гармоник и записывается в виде

. (1)

В таком виде в АС это выражение использовать нельзя, так как в реальных приборах сигнал измеряется в виде дискретных значений за ограниченный интервал времени. Для анализа таких данных разработано дискретное преобразование Фурье (ДПФ), которое математически можно записать в следующем виде

, (2)

где n = 0, 1, 2, …, (N-1);

N – число учитываемых отсчетов сигнала, определяемое для времени анализа Та, как N=Та/∆t.

На рисунке 8 представлена структурная схема АС, основанная на дискретном преобразовании Фурье.

ВУ

Усилитель

ФНЧ

АЦП

Частотная

память

Процессор Фурье

Временная

память

Дисплей

Рисунок 8



Результаты аналого-цифрового преобразования входного сигнала записываются во временную память. Затем процессор Фурье выполняет ДПФ либо программным, либо аппаратным путем, в зависимости от технической реализации АС. Полученные результаты вычислений записываются в частотную память и отображаются в виде спектра на экране дисплея. При необходимости можно вывести изображение сигнала в координатах «напряжение-время». Цифровые АС имеют рабочий диапазон до сотен кГц. Ограниченность частотного диапазона является их основным недостатком.

**Измерение нелинейных искажений**

Под нелинейными искажениями понимается любое изменение сигнала, вызывающее искажение передаваемого сообщения и обусловленное нелинейностью тракта. Нелинейные искажения сигналов оказывают существенное влияние на показания качества радиотехнических устройств и систем, ухудшают точность воспроизведения сигналов, разрешающую способность, помехозащищенность. Для качественной оценки нелинейных искажений используются измерители коэффициента гармоник (Кг), который характеризует степень нелинейных искажений гармонических сигналов. Коэффициент гармоник представляет собой отношение среднеквадратического значения всех гармоник напряжения искаженного сигнала, кроме первой, к среднеквадратическому значению напряжения первой гармоники:

, (3)

Из формулы (1.3) видно, что Кг изменяется от 0 до ∞, что не совсем удобно при измерениях.

Поэтому на практике пользуются несколько видоизмененным значением Кг

, (4.)

Кг′ изменяется от 0 до 1; Кг и К′г связаны между собой следующим соотношением

. (5)

Если искажения невелики  или 10 %), то КГ и  отличаются меньше, чем на 1 %. Поэтому пересчет по формуле (1.5) используют только при больших значениях КГ (КГ> 10 %).

Для измерения коэффициента гармоник используют спектральный и интегральный методы.

Сущность спектрального метода заключается в непосредственном измерении с помощью АС или анализатора гармоник значений U1, U2, … с последующим вычислением значения Кг по формуле (3). Этот метод довольно точный, но очень трудоемкий, поэтому на практике используется в основном интегральный метод. Наиболее распространенной модификацией этого метода является так называемый метод подавления основной частоты.

Сущность этого метода заключается в раздельном измерении среднеквадратичного напряжения всех высших гармоник без первой и среднеквадратичного напряжения всего сигнала, причем с помощью этого метода измеряется значение К’г, а значение Кг рассчитывается по формуле (5).

Структурная схема измерителя нелинейных искажений приведена на рисунке 9.

ВУ

Усилитель

Режекторный фильтр 1-ой гармоники

Вольтметр

К

И

Рисунок 9

Ux(t)



Процесс измерения включает два этапа:

1) калибровка (переключатель в положении «К»);

2) измерение (переключатель в положении «И»).

При калибровке вольтметр измеряет напряжение всего сигнала, и его показания устанавливают на условную единицу. Тогда при измерениях как видно из формулы (4) показания вольтметра будут пропорциональны К′г.

Источники погрешностей:

1) неточность настройки режекторного фильтра и его недостаточное затухание;

2) инструментальная погрешность вольтметра.

**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.