**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**кафедра ЭТТ**

**РЕФЕРАТ на тему:**

**«Измерения параметров сигнала. Структура оптимального измерителя»**

**МИНСК, 2008**

Сущность, условия решения и критерий оптимальности задачи измерения параметров сигнала

Измеряемые параметры сигнала (время запаздывания, доплеровское смещение частоты, наклон и кривизна волнового фронта) изме­няются во времени. Поэтому задача измерения по существу сводится к наиболее точному воспроизведениюэтих параметров, во времени. Для систем радиолокационных систем это означает наиболее точное воспроизведение во времени дальности, скорости и угловых координат объекта наблюдения. Для радиосистем передачи информации это означает на­иболее точное воспроизведение во времени передаваемого информа­ционного сообщения.

Постановка задачи измерения параметров сигнала, как и всякой другой задачи, предполагает формулировку некоторых условий ее решения. К числу таких условий относятся следующие исходные предполо­жения, выступающие в роли постулатов:

- самостоятельность задачи измерения,

-независимость измерения искомого параметра от других, считающихся известиями.

Самостоятельность задачи измерения воспринимается с некото­рой степень» условности.

В действительности, решая задачу обна­ружения, т.е. принимая решение о наличии или отсутствии сигнала по каждому элементу разрешения пространства наблюдения, мы тем самым вместе с решением о наличии сигнала в данном элементе разрешения формируем оценку о параметрах сигнала с точностью до элемен­та разрешения (по дальности, скорости, угловым координатам). Од­нако для задачи измерения параметров сигнала характерны принци­пиально другие» более высокие, точности. Поэтому процесс обнару­жения сигнала и измерения его параметров целесообразно рассматри­вать раздельно. Предполагается наличие обнаружителя, с помощью которого достоверно (D =1; *F =0)* устанавливается факт наличия сигнала в каком-либо элементе пространства наблюдения и осуществляется первоначальное грубое определение параметров сиг­нала (с точностью до элемента разрешения), позволяющее перейти к точному измерению.

Итак, согласно первому постулату о самостоятельности задачи измерения и достоверности обнаружения источником информации и объектом обработки (анализа) при решении задачи измерения пара­метров сигнала является аддитивная смесь принятого полезного сигнала и помех:

*f(t)=m(t,α,β)+n(t)*

Принятый полезный сигнал зависит от некоторого числа изме­ряемых (α1, α2,…αk*)* параметров (время запаздывания, доплеровское смещение частоты, наклон и кривизне волнового фронта) и некоторого числа неизменяемых (β1, β2,… βl*)* или пара­зитных параметров (случайные амплитуда и фаза). Измеряемые па­раметры α1, α2,…αk в общем случае являются функциональ­ноили статистически зависимыми. Это обстоятельство приводит к необходимости совместного измерения взаимозависимых параметров, что сильно усложняет решение задач синтеза и анализа измерителей параметров сигнала. Поэтому в дальнейшем рассматривается лишь случай независимого от других измерения одного параметра, когда все остальные параметры предполагаются известными. В случае ма­лых ошибок измерения, когда справедливы линейные приближения, раздельный синтез и анализ измерителей отдельных параметров впол­не допустим.

Под упомянутой выше ошибкой измерения параметра подразумева­ется разность между измеренным значением параметра α и его ис­тинным значением αц*,* закодированным в принятом сигнале:

**Δ**αц**=** α**—** αц**.**

В общем случае ошибка измерения является функцией времени и пред­ставляет собой разность



где *αц(t -* изменявшийся во времени измеряемый параметр, закодированный в принятом сигнале (задающее воздействие измерителя);

*α(t)* - измеренное значение параметра, т.е. результат воспроизведения задающего воздействия.

Естественным критерием качества измерения параметра являет­ся минимум ошибки измерения *Δαц.* Однако формулировка критерия качества в такой форме не позволяет обеспечить осознания преем­ственности основных задач радиосистем (обнаружения, распознавания-различения и измерения) с точки зрения единства центрального звена решенияэтих задач - пространственно-временной и поляриза­ционной обработки сигнала на фоне помех.

 Действительно, в результате пространственно-временной и по­ляризационной обработки принятого сигнала на фоне помех формиру­ется отношение правдоподобия (или любая однозначно связанная с ним величина). При этом фактически происходит сопоставление при­нятого сигнала и его прообраза по измеряемым параметрам.

 Если характеристики и параметры принятого сигнала и его прообраза согласованы, то отношение правдоподобия максимально.

Факт согласованности характеристик и параметров привитого сигнала и его прообраза, устанавливаемый по максимуму отношения правдоподобия, может быть использован для формулировки критерия оптимальности в форме, удовлетворяющей сформулированному выше требованию: оптимальный измеритель должен обеспечить или минимум ошибки измерения, или максимум отношения правдоподобия.



Сформировав отношение правдоподобия и подобрав тем или иным способом такое значение измеряемого параметра, при котором отношение правдоподобия максимально, можно тем самым измерить с минимальной ошибкой тот или иной параметр сигнала. В зависи­мости от способа выбора измеряемого параметра различают измери­тели, классификация которых излагается ниже.

Классификация измерителей

Измерители различаются по следующим классификационным приз­накам;

- по степени участия человека (эргатические - с участием человека в системе "индикатор-оператор" и автоматические - без участия человека),

* по используемому времени (с формированием разовой оценки, т.е. с оцениванием по результатам

одного обращения к объекту наблюдения  *Ta = Tн**<< Tob* и с формированием объединен­ной оценки, т.е. оцениванием по результатам нескольких обраще­ний к объекту наблюдения *Ta >> Tн**>>* ), *Tн Tob*

- по наличию или отсутствию обратной связи (следящие или замкнутые измерители и неследящие или разомкнутые измерители).

Неотъемлемой частью эргатических измерителей является сис­тема "индикатор-оператор". Человек-оператор, наблюдая за экра­ном индикатора, используя либо неподвижные калибрационные метки (механические или электронные), либо подвижные метки, осуществляет максимально правдоподобную оценку координат или параметров движения целей. При этом оценивание измеряемого па­раметра возможно как по результатам одного обращения к цели ( *Та = Тн << Тоб* ), что характерно для РЛС кругового обзора с большим периодом обзора (единицы секунд), так и по результатам нескольких обращений к цели (*Та >> Тоб >> Тн*), что характерно для РЛС секторного обзора с высокой частотой обзора (десятки герц и более).

Эргатические измерители могут находиться как в следящем, так и неследящем режимах. Неследящий режим измерения (рис. 1) характерен для систем "индикатор-оператор" с неподвижными калибрационными метками, когда оценка измеряемого параметра осущест­вляется оператором непосредственно по максимуму отношения прав­доподобия, т.е. путем выбора такого значения измеряемого пара­метра, при котором сигнал на выходе многоканального обнаружите­ля, отображаемый на экране индикатора, максимален.

Следящий режим измерения (рис. 2) характерен для систем "индикатор-оператор" с подвижными метками (механическимиилиэлектронными). При этом имеет место визуальная оценка величины и знака рассогласования между истинным значением измеряемого па­раметра (положением Метки на экране индикатора) и измеренным его значением (положением подвижной механической или электронной мет­ки). Наблюдая и оценивая это рассогласование, оператор с учетом обретенного им опыта рассчитывает мышечную реакцию (управлявшее воздействие), прикладываемую к исполнительному устройству (меха­низму перемещения механической или электронной метки) для того, чтобы ликвидировать наблюдаемое им рассогласование.

 Автоматические измерители работающие без участия человека (рис. 3), могут формировать как разовую (или единичную) оцен­ку измеряемого параметра заодно обращение к цели - время наблю­дения (*Та = Тн << Тоб*), так и объединенную оценку за нес­колько обращений к цели ( *Та >> Тоб >> Тн)*.

Рис. 1 Эргатические неследящие измерители:

 а) с формированием разовой оценки:

 б) с формированием объединенной оценки

Рис. 2 Эргатические следящие измерители:

 а) с формированием разовой оценки

 б) с формированием объединенной оценки

Д(,u)=

Рис 3 Автоматические слядящие (а) и неследящие (б) измерители с формированием разовой и объединенной оценок



ТТ<<Т

Uг



 Многока

 нальный

 по

параметру

 

обнаружи

 тель

 Выбор

 канала

 с

 max

выходом

Преоб

 нома

 канала

 в значение

 

Фильтра

 ция

 (селажи

 вание)

ТТ<<Т

розовая 

a

б

Дискриминатор сигнала ошибки

 Цепи

фильтра-

ции и

сглажива-

ния

ТТ<<Т

розовая 

ТТ<<Т



При этом автоматические измерители могут быть следящими (замк­нутыми) и неследящими (разомкнутыми). В следящих измерителях при­сутствует техническое устройство, называемое дискриминатором, на выходе которого формируется сигнал ошибки *D(t,Δαц),* пропорци­ональный (в определенных пределах) рассогласованию  *Δαu=α-αц* между истинным значением измеряемого параметра *αц* и его измеренным значением *α* :



В неследяших автоматических измерителях присутствует уст­ройство выбора максимума сигнала на выходе многоканального обна­ружителя, фиксирующее номер канала с максимальным выходом и преобразующее номер канала в дискретное значение измеряемой коорди­наты (с возможностью последующего объединения за несколько цик­лов обращения к цели).

Уравнение оптимальной оценки, структура оптимального измерителя.

Согласно сформулированному выше критерию оптимальности сле­дует считать измеренным с максимальной точностью такое значение параметра α, при котором отношение правдоподобия (или его логарифм) максимально. Используя для определения максимума функции математический метод, следует найти производную этой функции по измеряемому параметру и установить такое его значение, при кото­ром эта производная становится равной нулю. Таким образом, опти­мальной оценкой параметра является корень уравнений

, 

Эти уравнения носят название уравнений оптимальной оценки. Они от­ражают структуру и алгоритм работы оптимального измерителя пара­метра. Реализующий операцию получения оптимальной оценки измери­тель состоит из двух устройств (рис. 4):

- устройства, вычисляющего по принятому сигналу производную логарифма отношения правдоподобия по измеряемому параметру;

-устройства, определяющего сглаженную оценку, при которой эта производная равна нулю.



Сигнал

ошибки





Оптимальный

дискриминатор

Цепи фильтрации

и сглаживания

U(t,)

Рис. 4. Оптимальная структура измерителя (автоматического следящего)

Рис. 5 Пояснение процесса формирования оптимальной оценки в автоматическом следящем измерителе

Первое из названных устройств называется оптимальным диск­риминатором, на выходе которого формируется сигнал ошибки, несу­щий информация о величине и знаке рассогласования Δαц.

Второе устройство - цепи фильтрации и сглаживания в составе замкнутой следящей системы, благодаря чему на выходе в установив­шемся режиме формируется такая оценка, параметра α, при ко­торой сигнал ошибки и рассогласование становятся равными нуля (рис. 5).

Таким образом, из всего многообразия измерителей, перечис­ленных в п. 2, оптимальным является автоматический следящий измеритель. Действительно, в этом измерителе отсутствует харак­терная для эргатических измерителей инструментальная ошибка сис­темы "индикатор-оператор", обусловленная такими факторами, как конечный размер пятна фокусировки на экране электронно-лучевой трубки, эффект параллакса, т.е. мнимое изменение положения отметки из-за перемещения глаза оператора. С другой стороны, в следящем автоматическом измерителе по сравнения с неследящим автоматическим измерителем отсутствует инструментальная ошибка, обусловленная отклонением от эталонных некоторых параметров тех­нических устройств, определяющих коэффициент преобразования из­меряемого параметра в некоторую выходную величину»

В рамках оптимальной структуры автоматического следящего измерителя должны решаться две дополнительные задачи оптими­зации :

- определение структуры оптимального дискриминатора, обес­печивающего минимальную спектральную плотность возмущавшего воз­действия, т.е. минимальную флуктуационную ошибку при фиксирован­ной полосе следящего измерителя, т.е. фиксированной динамической ошибке воспроизведения задающего воздействия я фиксированном быстродействии;

- определение структуры оптимального формирующего фильтра (цепей фильтрации и сглаживания),

обеспечивающего минимальную динамическую ошибку воспроизведения задающего воздействия при фиксированной флуктуационной ошибке измерения.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Охрименко А.Е. Основы извлечения, обработки и передачи информации. (В 6 частях). Минск, БГУИР, 2004.
2. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Реброва Т.Б.. Радиоэлектроника и медицина. –Мн. – Радиоэлектроника, 2002.
3. Медицинская техника, М., Медицина 1996-2000 г.
4. Сиверс А.П. Проектирование радиоприемных устройств, М., Радио и связь, 2006.
5. Чердынцев В.В. Радиотехнические системы. – Мн.: Высшая школа, 2002.
6. Радиотехника и электроника. Межведоств. темат. научн. сборник. Вып. 22, Минск, БГУИР, 2004.