

45° регистрируются цифроречатающим устройством ЦПУ. Время опроса каждого датчика постоянно, и поэтому можно получать и временные характеристики исследуемого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хицце И. О. Турбулентность. Ее механизм и теория. Физматгиз, М., 1962.
2. Disa. Scientific research equipment. Complete catalog. June 1970.
3. Карпов Е. М., Меркулов К. Г., Евдокимов М. А. Устройство для измерения вектора скорости воздушного потока. Авт. свид. № 301617 01 р 5/00.
4. Степанов Н. Н. Сферическая тригонометрия. Л.-М., Техтеоретиздат, 1948.

В. К. Мовчан

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ОЦЕНОК СЛУЖЕБНЫХ ПАРАМЕТРОВ (ЧАСТОТЫ И ФАЗЫ) СИГНАЛА, ПРОШЕДШЕГО МНОГОЛУЧЕВОЙ КАНАЛ СВЯЗИ

Повышение быстродействия систем последовательной передачи информации с фазовой манипуляцией приводит к укорочению информационных посылок. С укорочением фазоманипулированных посылок при связи в многолучевых каналах существенно возрастают их искажения по амплитуде и по фазе, значительно ухудшая помехоустойчивость системы передачи информации. Периодическая передача испытательного импульса с защитными промежутками для изучения реакции канала на элементарную посылку [1] позволяет путем коррекции формы элементарных посылок устранить вредное действие многолучевости, резко повысить помехоустойчивость системы связи с последовательной передачей информации и сделать ее выше, чем в системах параллельной передачи информации [2]. Искажения фазы информационных посылок из-за внутри- и межсимвольной интерференции вследствие многолучевости таковы, что, например, в бинарной системе сигналы на приеме имеют значительно большее число вариантов фаз, чем два, причем эти варианты могут отличаться друг от друга на любой угол. Это обстоятельство не позволяет использовать для выделения когерентных колебаний (синхронизации по высокой частоте) классические устройства снятия фазовой манипуляции, основанные на умножении частоты принимаемого сигнала или разностной частоты (в схеме Костаса [3]). Однако наличие периодически передаваемого испытательного импульса с защитными промежутками позволяет осуществить синхронизацию по высокой частоте иными

методами. Периодичность испытательной комбинации приводит к появлению в спектре принимаемого сигнала дискретных составляющих, в том числе и на частоте несущей. Задача системы синхронизации по высокой частоте — получить оценки частоты и фазы несущей с тем, чтобы на основе этих оценок сформировать опорное колебание, когерентное несущей, необходимое для дальнейшей обработки сигнала согласно алгоритму работы приемной части системы связи, иными словами, получить оценки для служебных целей. Реализация устройств оценки частоты и фазы затрудняется следующими обстоятельствами.

1. Уже на передаче прием дискретной составляющей спектра на частоте несущей сопровождается манипулятивными помехами, обусловленными случайным характером передаваемой информации в рабочем пакете. Максимум спектральной плотности мощности энергетического спектра дискретного случайного процесса в рабочем пакете приходится именно на частоту несущей. Между тем уровень несущей много меньше уровня ближайших боковых дискретных составляющих. Таким образом, даже без воздействия канала со своими мультипликативными и аддитивными помехами выделить дискрету несущей весьма трудно [4].

2. Как правило, принимаемый сигнал поступает на обработку с выхода промежуточной частоты магистрального приемника. Из-за нестабильности гетеродинов приемника, неточной настройки его на частоту принимаемого сигнала, нестабильности возбuditеля передатчика, точное значение промежуточной частоты отличается от номинала и может находиться в некотором интервале, образуя зону неопределенности, ширина которой зависит от параметров конкретного приема-передающего оборудования.

3. Существенно затрудняют получение оценок несущей аддитивные помехи — шумовые и сосредоточенные по спектру (станционные).

4. Прием сопровождается замираниями сигнала. Из-за этого соотношение «сигнал—помеха» становится переменным.

5. Случайная зависимость аргумента передаточной функции канала от времени и частоты приводит к селективным по частоте замираниям и доплеровским сдвигам несущей частоты. Кроме того, доплеровские сдвиги возможны при связи с подвижными объектами.

6. Подстроить промежуточную частоту сигнала путем воздействия на гетеродин приемника практически невозможно из-за особенностей конструкции большинства современных отечественных магистральных приемников [5].

Поскольку реакция канала на испытательный импульс не перекрывается во времени с рабочим пакетом, являющимся источником манипулятивных помех для системы синхронизации

по высокой частоте, то рабочий пакет можно «вырезать» из принимаемого сигнала, оставив для синхронизации только часть испытательной комбинации, непораженную полезной информацией. Импульсы управления «вырезанием» должны поступать от устройства тактово-цикловой синхронизации, выдающего оценку времени прихода испытательного импульса (вопрос оценки времени прихода сигнала мы в этой статье не рассматриваем). Таким образом, манипулятивные помехи полностью исключаются.

При построении устройства синхронизации по высокой частоте, в котором оценка частоты сигнала используется для подстройки частоты опорного управляемого генератора, интересно знать не абсолютное значение оценки частоты, а оценку и знак взаимной расстройки искомой частоты сигнала и частоты управляемого опорного генератора. Это обстоятельство позволяет упростить тракт оценки частоты и ее учета при формировании опорного колебания. При этом вместо оптимальных устройств оценки частоты, отличающихся большой сложностью, можно в качестве устройства оценки расстройки использовать дискриминатор частоты с нулевой рабочей частотой [6]. Особенность таких дискриминаторов состоит в том, что частота настройки их (частота сигнала, при которой напряжение на выходе дискриминатора равно нулю) равна частоте управляемого опорного генератора. Следует заметить, что ширина зоны неопределенности частоты в этом случае увеличивается из-за нестабильности начальной частоты управляемого опорного генератора. Для уменьшения зоны неопределенности следует применять управляемые генераторы с повышенной начальной стабильностью: управляемые кварцевые генераторы, кварцевые генераторы с косвенным управлением [7]. Для уменьшения дисперсии оценки частоты, имеющей место из-за манипуляции и действия помех, на выходе дискриминатора следует ставить фильтр нижних частот с большой постоянной времени или интегратор со скользящими пределами интегрирования. Дискриминатор частоты совместно с источником сигнала и управляемым генератором образуют схему частотной автоподстройки частоты (ЧАП). Как известно, схема ЧАП в принципе не может обеспечить абсолютную синхронизацию по частоте 2-х генераторов. В режиме удержания в схеме ЧАП всегда имеется некоторая остаточная разность частот [6]. Лучшими свойствами в этом смысле обладает схема фазовой автоподстройки частоты (ФАП), в которой в качестве датчика рассогласования используется фазовый дискриминатор. Эта схема в режиме удержания обеспечивает точное равенство частот синхронизируемых генераторов. Однако наличие множества дискретных боковых составляющих в спектре принимаемого сигнала не позволяет непосредственно использовать схему ФАП для синхронизации, поскольку создается опасность синхронизации управляемого генератора по любой из дискретных

составляющих (опасность ложной синхронизации). В связи с этим целесообразно для оценки частоты и ее учета использовать два кольца автоподстройки. В режиме захвата следует использовать только кольцо ЧАП (частотный дискриминатор — управляемый генератор), которое должно обеспечивать точность синхронизации по несущей не хуже $\frac{1}{2T_{\text{пн}}}$ ($T_{\text{пн}}$ — период следования испытательной комбинации). При наступлении режима удержания в кольце ЧАП, включается кольцо ФАП, которое и обеспечивает окончательную синхронизацию по частоте. Сигналом включения ФАП является минимум напряжения на выходе дискриминатора частоты.

Само собой разумеется, что оценка фазы сигнала может быть произведена, когда известна частота его, т. е. при использовании вышеописанной системы она должна находиться в режиме удержания по частоте. В нашем случае необходимо знать не абсолютное значение оценки фазы несущей сигнала, а расхождение фаз несущей и колебаний управляемого опорного генератора с тем, чтобы с помощью схемы автоподстройки свести это расхождение фаз к нулю. В связи с этим в качестве устройства оценки фазы можно использовать фазовый дискриминатор. Поскольку фазовый дискриминатор уже присутствует в кольце ФАП окончательного учета оценки частоты, то это кольцо можно использовать и для синхронизации по фазе, если его сделать астатическим по отношению к фазе. Система ФАП, астатическая к фазе эталонного генератора, это система с петлей второго порядка в цепи обратной связи (после фазового дискриминатора и до управляющего элемента опорного генератора [8, 9]). Петля второго порядка образуется параллельно работающими на общий сумматор безинерционным усилителем и интегрирующим усилителем.

Структурная схема устройства, позволяющая устранить зоны неопределенности частоты и фазы принимаемого сигнала и сформировать опорное колебание когерентное несущей принимаемого сигнала в системе связи с зондированием многолучевого канала с помощью испытательного импульса с защитными промежутками, приведена на рис. 1. Принимаемый сигнал после двустороннего амплитудного резонансного ограничителя 1, устраняющего амплитудные искажения сигнала, обусловленные внутри и межсимвольной интерференцией, поступает на дискриминатор частоты 2 и через ключевой каскад 3 на фазовый дискриминатор 4, напряжение от управляемого опорного генератора 5 также подается на дискриминатор частоты 2 и непосредственно на фазовый дискриминатор 4. Напряжение оценки расхождения частот с выхода дискриминатора частоты осредняется интегрирующим звеном 6 и через суммирующий элемент 7 подается на управляющий вход опорного генератора. Ключевой каскад 3 в режиме захвата частоты (когда напряжение на выходе

интегрирующего звена 6 не равно нулю), закрыт, выключая тем самым цепь ФАП, образованную дискриминатором фазы 4, безынерционным усилителем 8, интегрирующим усилителем 9, суммирующим элементом 7, управляемым опорным генератором. При близком к нулю напряжении на выходе частотного дискриминатора включается кольцо ФАП и производится окончательная синхронизация по частоте и по фазе.

Описанное устройство, формируя опорное напряжение, когерентное несущей принимаемого сигнала, выполняет следующие функции: устраняет рассогласование частот принимаемого сигнала и управляемого опорного генератора; осуществляет слежение за случайно меняющимся аргументом передаточной функции канала связи на несущей;

компенсирует возможные доплеровские сдвиги частоты сигнала;

фильтрует сигнал (несущую) от помех (система ФАП) это по существу весьма узкополосный следящий фильтр [8].

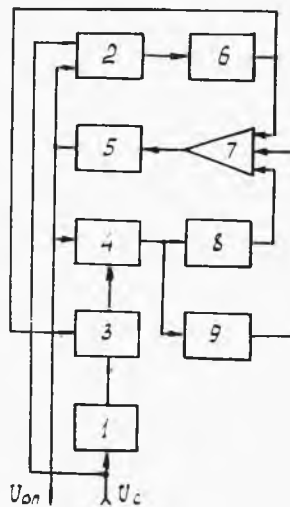


Рис. 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кловский Д. Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. М., изд-во «Связь», 1969.
2. Аппаратура передачи дискретной информации МС-5, М., изд-во «Связь», 1970.
3. Петрович Н. Т. Передача дискретной информации в каналах с фазовой манипуляцией. М., изд-во «Сов. радио», 1965.
4. Мовчан В. К. Снятие фазовой манипуляции с помощью узкополосного кварцевого фильтра. В сб. «Радиоэлектроника в народном хозяйстве СССР», Куйбышев, 1971.
5. Сартасов И. А., Едвабный В. М., Грибин В. В. Коротковолновые магистральные радиоприемные устройства, М., изд-во «Связь», 1971.
6. Капланов Н. Р., Левин В. А. Автоматическая подстройка частоты. М.-Л. Госэнергоиздат, 1962.
7. Мовчан В. К. Схемы автоподстройки частоты с косвенным управлением. В сб. «Статистическая радиофизика и радиоэлектротехника», тезисы докладов, Казань, 1971.
8. Шагильдян В. В., Ляховкин А. А. Фазовая автоподстройка частоты, М., изд-во «Связь», 1966.
9. Витерби Э. Д. Принципы когерентной связи. М., изд-во «Сов. радио». 1970.