СТАБИЛИЗАЦИЯ АМПЛИТУДЫ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕТЕРОДИНА РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА

АЛЕКСАНДР ГУБА, к.т.н., доцент, ДГТУ, Махачкала

В данной статье рассматривается задача автоматического регулирования напряжения гетеродина. Использование функционально завершенных усилителей компании Analog Devices с управляемым коэффициентом усиления в контуре управления параметрами гетеродина позволяет с минимальными аппаратными затратами обеспечить высокие качественные показатели устройства.

Гетеродин — функциональный узел как радиовещательных, так и специализированных радиоприемных устройств, предназначенный для формирования вспомогательного гармонического напряжения, необходимого при преобразовании частоты. Качество его работы во многом определяет параметры радиоприемного устройства в целом, поэтому к гетеродину предъявляется ряд требований, основные из которых заключаются в следующем:

– обеспечение необходимого значения рабочей частоты и перестройка ее в заданном диапазоне;

– стабилизация частоты генерируемых колебаний;

– обеспечение необходимой амплитуды напряжения на выходе и ее постоянство.

Дестабилизирующими факторами, влияющими на изменение частоты гетеродина, являются изменения напряжения питания, нагрузки, параметров колебательных контуров при климатических и механических воздействиях, параметров элементов при изменении температуры среды эксплуатации. Значительно снизить воздействие дестабилизирующих факторов можно путем повышения стабильности питающего напряжения, уменьшения связи колебательного контура с входной цепью гетеродина и выходной с нагрузкой, использования элементов схемы с малыми величинами температурных коэффициентов, а также электронных коммутаторов в многодиапазонных гетеродинах [1]. Однако все эти меры не представляются достаточными для обеспечения стабилизации амплитуды выходного напряжения.

Одним из вариантов решения данной задачи является применение принципа автоматического регулирования напряжения гетеродина, практическая реализация которого осуществлена на компонентах компании ANALOG DEVICES. Структурная схема гетеродина с автоматической регулировкой напряжения (см. рис. 1) состоит из задающего генератора, включающего блок колебательных контуров (БК), мультиплексор (М), усилительный (У) и буферный каскады (Б), а также усилителя с управляемым коэффициентом усиления (УУКУ), детектора (Д), инвертора (И) и усилителя-формирователя (УФ). Постоянство питающего напряжения задающего генератора и напряжения смещения УУКУ обеспечивают стабилизатор (СН) и источник опорного напряжения (ИОН).

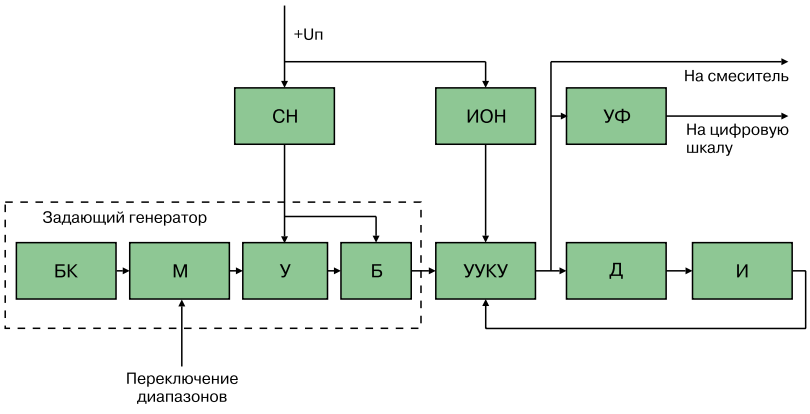


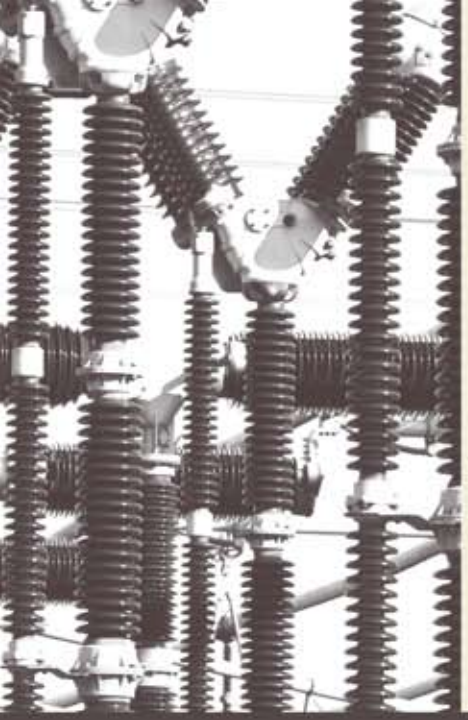
Рис. 1. **Структурная схема гетеродина**

Из данной схемы следует, что стабилизация частоты гетеродина с учетом ранее приведенных рекомендаций осуществляется путем введения стабилизатора напряжения, мультиплексора, производящего коммутацию колебательных контуров, и буферного каскада на выходе задающего генератора. Стабилизацию амплитуды выходного напряжения обеспечивают усилитель с управляемым коэффициентом усиления совместно с детектором и инвертором.

Схема электрическая гетеродина приведена на рисунке 2. За основу устройства выбран восьмидиапазонный гетеродин, что позволяет в основном перекрыть весь радиовещательный диапазон за исключением отдельных поддиапазонов АМ-вещания. С учетом значения промежуточной частоты $F_{пр}$ = 455 кГц и при условии выбора частоты гетеродина выше несущей устройство генерирует частоты, приведенные в таблице 1 [1].

Задающий генератор выполнен по схеме индуктивной трехточки. Каждый из восьми колебательных контуров схемы содержит одну катушку индуктивности и группу конденсаторов. Частота колебательного контура в пределах выбранного диапазона меняется при помощи конденсатора переменной емкости С32. Конденсаторы постоянной емкости в составе колебательных контуров имеют малое значение ТКЕ, что обеспечивает стабильность частоты генератора.

Подключение контуров к соответствующим цепям электронной части схемы и к конденсатору С33 осуществляется посредством аналоговых мультиплексоров DA1, DA2, DA3 типа ADG708, функциональная схема которого приведена на рисунке 3 [2]. Основные параметры мультиплексора ADG708: 8 каналов, параллельный интерфейс, напряжение коммутируемого сигнала от V_{CC} до V_{DD},



Конференция

«СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

WWW.RUSSIANELECTRONICS.RU

г. МОСКВА

6 ИЮНЯ 2008 г.

Участники:

- российские и зарубежные производители компонентов силовой электроники;
- российские и зарубежные дистрибьюторы компонентов силовой электроники и измерительного оборудования;
- производители силовых дискретных электронных компонентов;
- разработчики изделий силовой электроники

Вопросы конференции:

- обзор российского рынка силовой электроники: представление ведущих разработчиков, производителей и поставщиков компонентов для силовой электроники;
- обзор силовых полупроводниковых компонентов и сборок, анализ продукции ведущих российских и зарубежных производителей;
- обзор микросхем „Power management";
- пассивные и электромеханические компоненты для силовой электроники;
- особенности разработки и производства изделий силовой электроники: возможности кооперации, развития рынка специализированных услуг и продукции производственного назначения.

Темы конференции по секциям:

- российские полупроводниковые компоненты и сборки: обзор технологий, рынка кристаллов,
- представление возможностей российских производителей;
- источники питания малой мощности (до 1 кВт): схемотехника, проектирование, новинки, продвижение на российском и мировом рынке;
- преобразовательная техника и источники питания большой мощности: схемотехника и элементная база современного сварочного оборудования, источников питания большой мощности; новые компоненты;
- электропривод: схемотехника, новые компоненты, продвижение российских разработок.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

Елена Домрачева
confer@ecomp.ru

Динара Бараева
conf@ecomp.ru

Тел.: (495) 741-77-01
(доб. 2331 — Елена,
доб. 2233 — Динара)

Факс: (495) 741-77-02

www.russianelectronics.ru

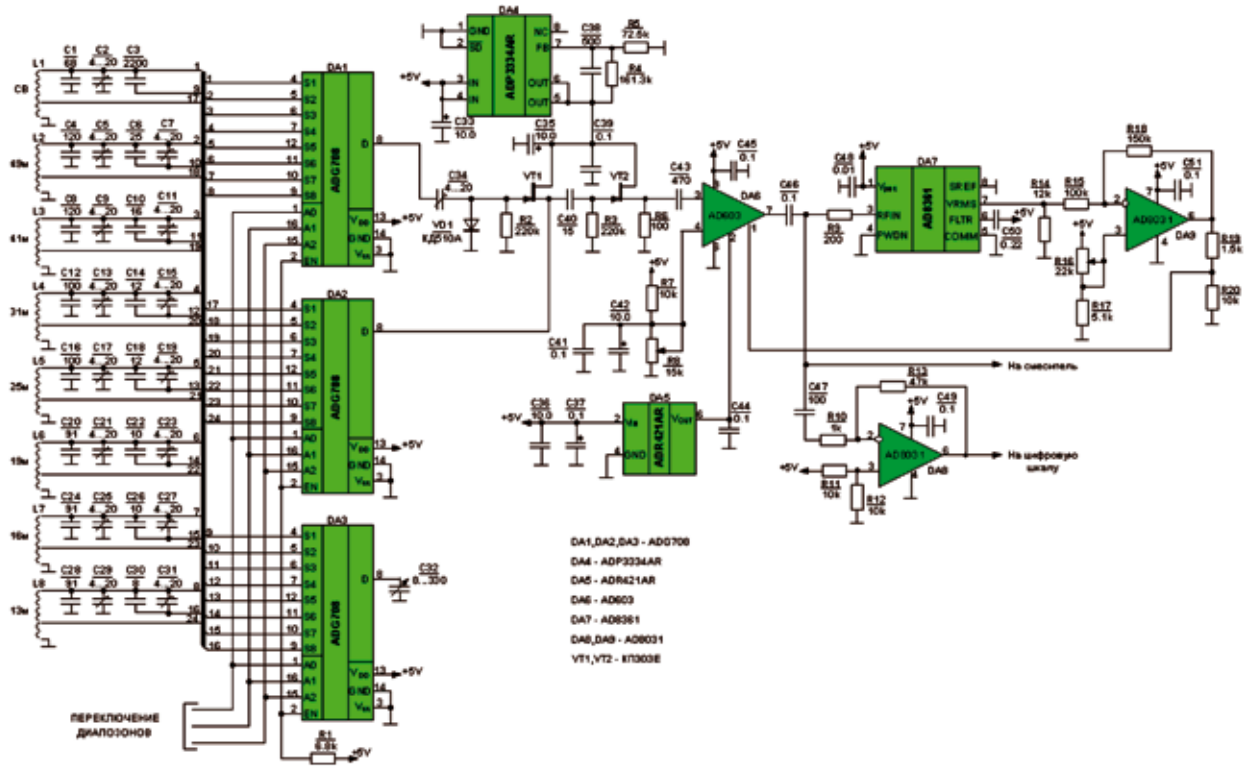


Рис. 2. **Схема электрическая восьмидиапазонного гетеродина**

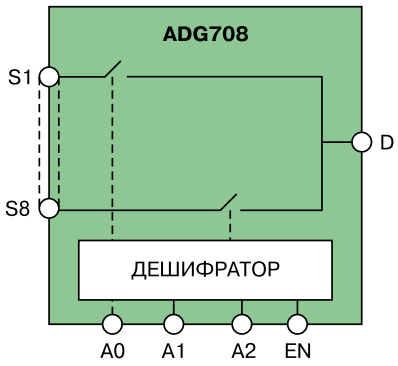


Рис. 3. **Функциональная схема ADG708**

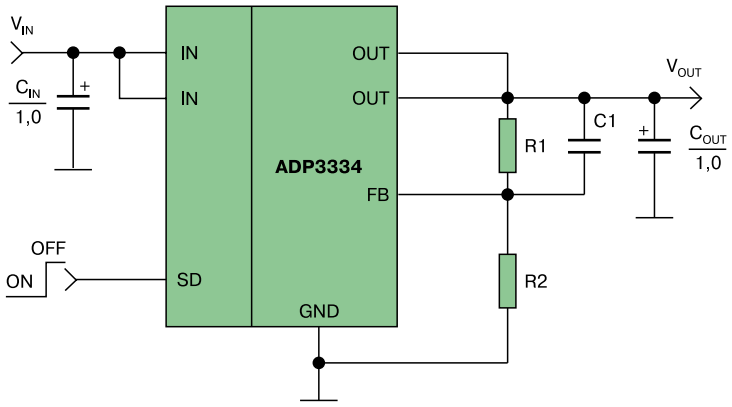


Рис. 4. **Схема включения ADP3334**

сопротивление канала 3 Ом, граничная частота 55 МГц.

Мультиплексор ADG708 выполняет коммутацию одного из восьми каналов при наличии соответствующего адреса на входах A0, A1 и A2, а также активного (высокого) уровня напряжения на входе EN. Так как мультиплексор работает с однополярным источником питания (V_{DD} = 5 В), вывод V_{CC} подключен к общей шине. Каждый из трех мультиплексоров в схеме коммутирует одинаковые цепи различных колебательных контуров, поэтому для синхронизации их работы одноименные адресные входы и входы EN объединены.

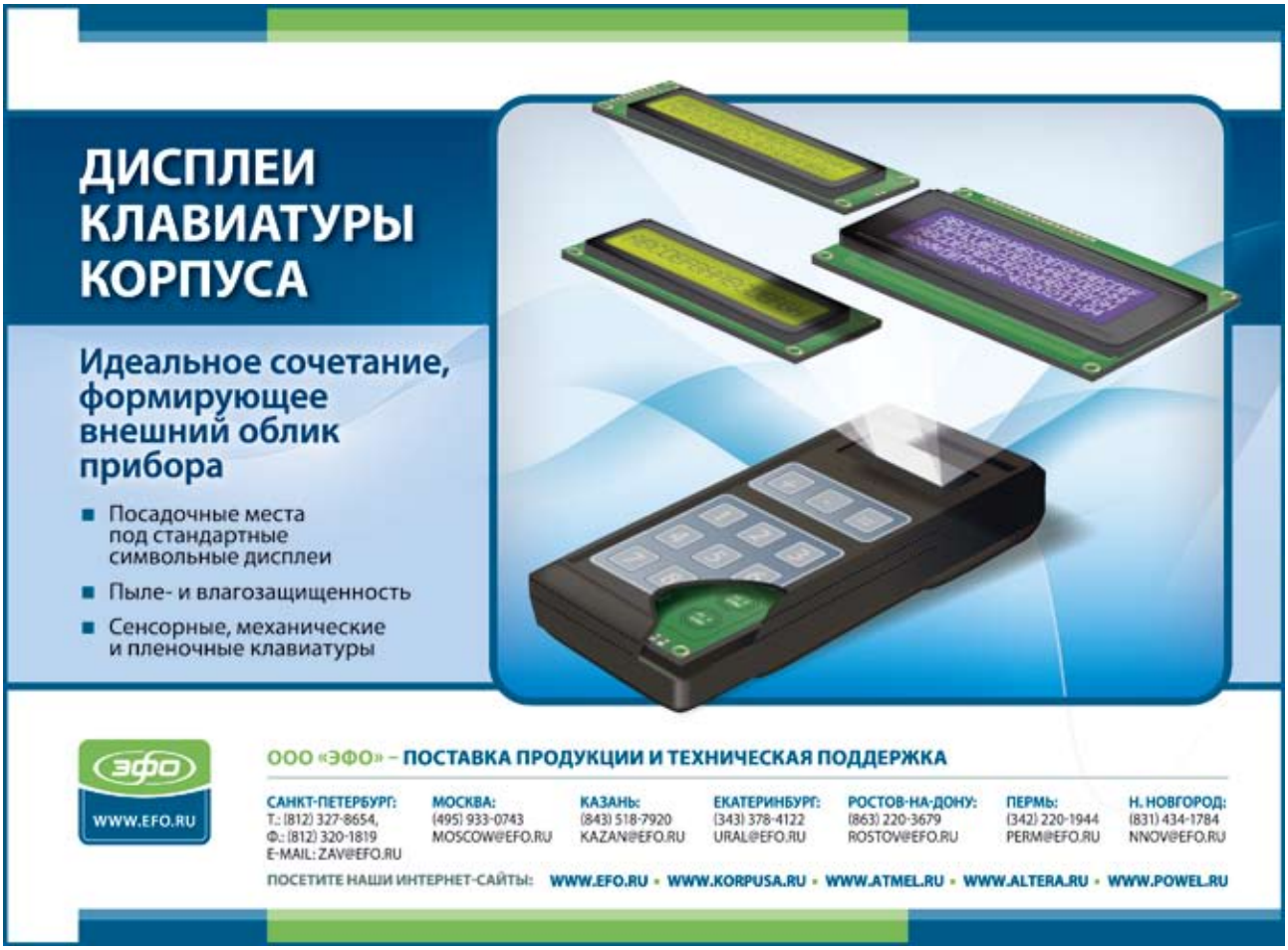
Таблица 1. **Частоты восьмидиапазонного гетеродина**

№ п/п	Частота гетеродина, МГц	Диапазон, м
1	0,98…1,607	СВ
2	6,305…6,755	49
3	7,455…7,855	41
4	9,955…10,230	31
5	12,155…12,555	25
6	15,555…16,155	19
7	18,005…18,355	16
8	21,905…22,315	13

Связь контура с цепью затвора транзистора VT1 определяется конденсатором C35, диод VD1 в цепи затвора способствует стабилизации амплитуды колебаний задающего генератора. На транзисторе VT2 выполнен буферный каскад по схеме истокового повторителя. Его высокое входное сопротивление практически исключает шунтирование контуров задающего генератора, а сам каскад обеспечивает согласование с малым входным сопротивлением последующего усилителя.

Стабилизацию напряжения питания задающего генератора выполняет элемент DA4, представляющий собой регулируемый стабилизатор напряжения типа ADP3334. Его основные параметры:

- входное напряжение 2,6…11 В;
- выходное напряжение 1,5…10 В;
- выходной ток 500 мА;



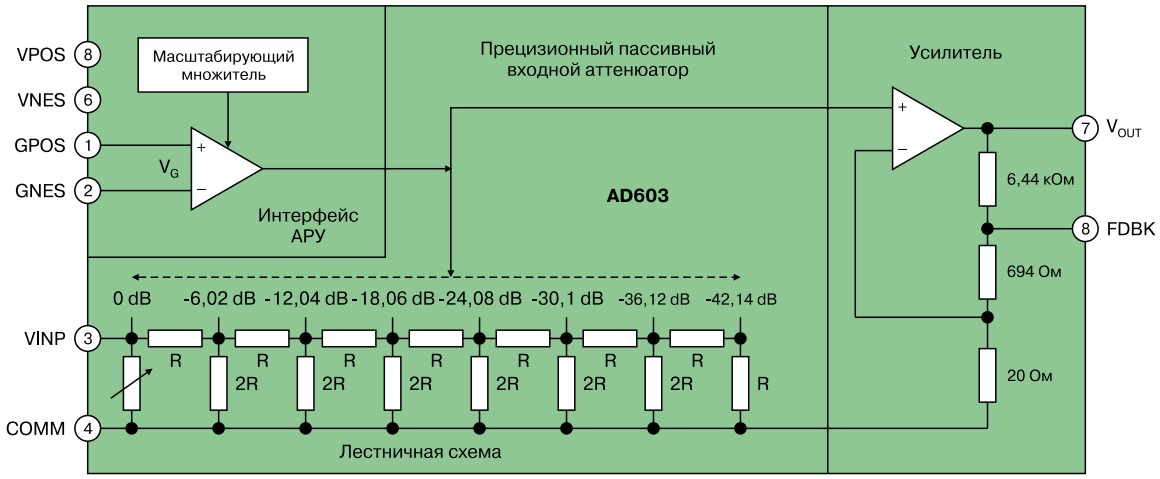


Рис. 5. **Функциональная схема AD603**

– ток потребления 10 мА.

Рекомендуемая разработчиком схема включения приведена на рисунке 4 [2].

Требуемое напряжение на выходе V_{OUT} устанавливается делителем из резисторов R1 и R2, подключенным к выводу FB, напряжение на котором равно

$$V_{FB} = V_{OUT} [R2/(R1 + R2)] = 1{,}178 \text{ В}.$$

Величина напряжения V_{FB} = 1,178 В рекомендована изготовителем как номинальная с учетом температурной нестабильности.

Сопротивления резисторов R1 и R2 определяются следующим образом:

$$R1 = 50 \text{ кОм} \cdot (V_{OUT} / V_{FB});$$

$$R2 = 50 \text{ кОм} /[1 — (V_{FB} / V_{OUT})].$$

С учетом напряжения питания ($V_п$ = 5 В), подводимого к гетеродину, а также падения напряжения на внутреннем регулирующем элементе стабилизатора ADP3334 (см. табл. 3), напряжение V_{OUT} выбрано равным 3,8 В. Для данного применения R1 = 161,3 кОм, R2 = 72,5 кОм (в схеме на рисунке 2 — соответственно R4 и R5).

Активным элементом устройства, выполняющего функцию стабилизации амплитуды выходного напряжения, является усилитель DA6 типа AD603, относящийся к классу усилителей с регулируемым усилением (Variable Gain Amplifier, VGA) [3], функциональная схема которого приведена на рисунке 5 [2]. Основные параметры:

– граничная частота 90 МГц;
– напряжение питания ±(4,75…6) В;
– ток потребления 20 мА;

– диапазон изменения коэффициента усиления –11…31 (9…51) дБ;
– входное сопротивление 100 Ом.

Коэффициент усиления AD603 изменяется напряжением, подаваемым на интерфейсные входы GPOS и GNEG, входной же сигнал подается на VINP относительно вывода COMM. Непосредственно усилитель предназначен для работы с двухполярным источником питания, однако и при однополярном включении элемент практически сохраняет основные параметры. Исключение составляет коэффициент усиления, диапазон изменения которого несколько уменьшается и при напряжении питания $V_п$ = 5 В достигает 34 дБ. Наряду с этим требуется дополнительное напряжение смещения для установки начального уровня сигнала на выходе усилителя, получаемое в схеме (см. рис. 2) при помощи делителя из резисторов R7 и R8. Таким образом, формируется выходной сигнал гетеродина, подводимый к смесителю, но для стабилизации амплитуды напряжения этого сигнала введена цепь автоматического регулирования коэффициента усиления VGA, состоящая из широкополосного амплитудного детектора DA7 и инвертора DA9, дополненная источником опорного напряжения DA5. В качестве источника опорного напряжения DA5 применен элемент ADR421, основные параметры которого следующие [2]:

– выходное напряжение 2,5 В;
– погрешность установления 0,04%;
– входное напряжение 4,5…18 В;
– выходной ток 500 мА;
– ток потребления 10 мА.

Выход опорного источника подключен к входу GNEG AD603, обеспечивая на этом входе начальное напряжение смещения, относительно которого производится управление коэффициентом усиления по входу GPOS.

Роль детектора в схеме выполняет элемент DA7 типа AD8361 [2], параметры которого составляют:

– граничная частота 2,5 ГГц;
– максимальная амплитуда входного сигнала 700 мВ;
– нелинейность характеристики ±0,25 дБ;
– напряжение питания 2,7…5,5 В;
– потребляемая мощность 5 мВт.

Использование в качестве детектора AD8361 обусловлено его прекрасными параметрами, в частности, высокой линейностью детекторной характеристики и большим коэффициентом передачи, равным 7,7 во всей полосе рабочих частот. Несмотря на функциональную сложность, он отличается простотой в применении и, как правило, не требует введения дополнительных элементов для обеспечения работы. Однако в схему на рисунке 2 для получения более эффективной фильтрации в области относительно низких частот введен конденсатор C55.

Выпрямленное напряжение с выхода детектора поступает на вход инвертора DA9, выполненного на операционном усилителе типа AD8031 и работающего в формате Rail-to-Rail [2]. Параметры этого компонента:

– граничная частота 80 МГц;
– входное сопротивление 280 кОм;
– выходной ток 15 мА;
– напряжение питания 2,7…12, ±(1,35…6) В;
– ток потребления 1,6 мА.

Наличие инвертирующего усилителя в схеме обусловлено необходимостью согласования фазы сигнала, управляющего коэффициентом усиления регулируемого усилителя, который подается на интерфейсный вход GPOS AD603 для обеспечения отрицательной обратной связи, стабилизирующей амплитуду выходного сигнала гетеродина. Величина напряжения на входе GPOS относительно GNEG определяет значение коэффициента усиления и устанавливается потенциометром R16.

Дополнительно в устройство введен усилитель-формирователь DA8, обеспечивающий согласование гетеродина с внешними устройствами, в частности, с цифровой шкалой. Усилитель-формирователь выполнен на операционном усилителе типа AD8031 по инвертирующей схеме включения и особенностей не имеет. При необходимости коэффициент усиления может быть изменен посредством резистора R13.

Проведенные испытания схемы гетеродина подтвердили высокие качественные показатели устройства. Частотный дрейф на всех диапазонах не превысил 55 Гц в течение часа работы. Изменение амплитуды напряжения выходного сигнала при номинальном значении 500 мВ в пределах каждого диапазона не превышает 15 мВ, что позволяет судить о достижении поставленной цели.

ВЫВОДЫ

Использование функционально завершенных усилителей с управляемым коэффициентом усиления в контуре управления параметрами гетеродина позволяет с минимальными аппаратными затратами обеспечить высокие качественные показатели устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Straw R.D. The ARRL Handbook. The Standard in Applied Electronics and Communications. The American Radio Relay League. 1998. ISBN: 0-87259-181-6.*
2. *Материалы сайта Analog Devices, www.analog.com.*
3. *Губа А.В. Усилители с программируемым коэффициентом усиления. Электронные системы и устройства на основе элементной базы компании Analog Devices. Сб. статей. Махачкала: ИПЦ, ДГТУ, 2006. ISBN: 5-230-12935-2.*