

УДК 621.391

СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ ПРИЕМА ПРИ ПРЯМОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ

В.А. Нагапетян

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 3 февраля 2004 г.)

Предлагается применение схемы двойного балансного смесителя с синфазным входным сигналом и двойным квадратурным гетеродином в I/Q приемниках прямого преобразования. Показано влияние просачивания гетеродинного напряжения на постоянную составляющую сигнала и, следовательно, на среднюю ошибку приема при наличии цифрового сигнала. Разработана модель приемника, показывающая улучшение чувствительных характеристик при применении предлагаемой схемы.

1. Введение

Растущий интерес к приемникам прямого преобразования (далее приемник) обусловлен несколькими особенностями данного типа приема, благодаря которым его применение в разных отраслях связи становится очень удобным [1]. Наличие большого подавления зеркального канала является их главным преимуществом по сравнению с супергетеродинными приемниками, поскольку есть возможность отказаться от применения громоздких и дорогих фильтров, находящихся вне интегральной схемы.

Одной из основных проблем, препятствующих широкому внедрению приемника, является появление постоянной составляющей (DC) на выходе, одной из причин которой может быть просачивание гетеродинного напряжения на вход по причине не идеальной развязки смесителей и входного усилителя.

При приеме цифрового сигнала постоянная составляющая на выходе приемника приводит к увеличению вероятности ошибки принятого бита и, следовательно, к увеличению потерь принимаемой информации.

2. Двойной балансный приемник

Для избавления от проблемы постоянной составляющей были предложены разнообразные компенсационные и балансные методы [1,2]. Предложенный в данной статье приемник с двойными балансными смесителями (ДБП) (Рис. 1) не компенсирует возникшую

DC, а предотвращает его появление. Это является очевидным преимуществом по сравнению с ранее предложенными схемами. В отличие от известной схемы с квадратурным делением входного и гетеродинного напряжения [3], здесь применяется синфазное деление входного

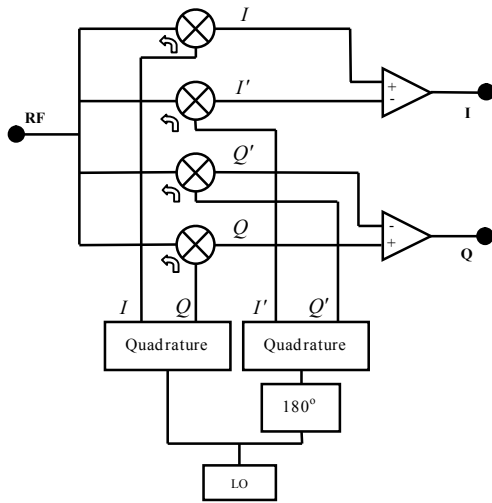


Рис. 1 Двойной балансный приемник

и ортогонально-противофазное деление гетеродина. Подобное построение позволяет подавлять просачивание гетеродина на вход, поскольку на входе синфазного делителя две противофазные компоненты суммируются. Наличие дифференциальных пар (I, I') и (Q, Q') позволяет подавлять постоянное смещение на выходах I и Q. Однако, получение двойного ортогонального гетеродина является наиболее сложной частью данной системы по вине амплитудной и фазовой погрешностей фазовращателей. При

наличии не равных амплитудных $(\Delta_{1,2})$ и фазовых $(\Theta_{1,2})$ смещений, получим следующие сигналы [4]:

$$I = \frac{1}{8}(1 + \Delta_1)[a(t)\sin \Theta_1 + b(t)\cos \Theta_1] + DC_I, \quad I' = -\frac{1}{8}(1 - \Delta_1)[-a(t)\sin \Theta_1 + b(t)\cos \Theta_1] + DC_{I'},$$

$$Q = \frac{1}{8}(1 + \Delta_2)[a(t)\cos \Theta_2 + b(t)\sin \Theta_2] + DC_Q, \quad Q' = -\frac{1}{8}(1 - \Delta_2)[a(t)\cos \Theta_2 - b(t)\sin \Theta_2] + DC_{Q'},$$

где DC-величины являются постоянными составляющими в соответствующих ветвях.

Из этих формул видно, что (I, I') и (Q, Q') являются дифференциальными парами. Таким образом, для выходных сигналов будем иметь:

$$I(t) = I - I',$$

$$Q(t) = Q - Q'.$$

Из вышесказанных рассуждений вытекает, что постоянное смещение и I/Q разбаланс сильно зависят от фазовых и амплитудных погрешностей примененных фазовращателей гетеродина. При наличии идеальных фазовращателей постоянное составляющее принятого сигнала полностью исчезло бы. Тем не менее, существующими на сегодняшний день методами [5,6], возможна реализация фазовращателей с амплитудной и фазовой погрешностями соответственно $0,5^\circ$ и 0,5 дБ, при применении которых в ДБП достигается подавление просачивания на 90 дБ и подавление постоянной составляющей на 40 дБ по сравнению с традиционным приемником [4].

3. Ошибка приема цифрового сигнала

В последнее время все более широкое применение получает применение цифрового сигнала в разных отраслях связи (сотовая связь, компьютерные сети и т.д). Для рассмотрения работы ДБП с цифровым сигналом разработана модель в среде Matlab с применением широкоизвестного QPSK-модулированного сигнала как для традиционной, так и для предложенной схемы.

Четырехуровневый информационный сигнал разделяется на два бинарных потока, которые подаются соответственно на I и Q входы I/Q модулятора. Значение демодулированного бита выдается решающим устройством, которое сравнивает накопленную в одном периоде энергию со значением нейтрального положения. Полученные в результате демодуляции четырехуровневые сигналы вместе с оригинальным информационным

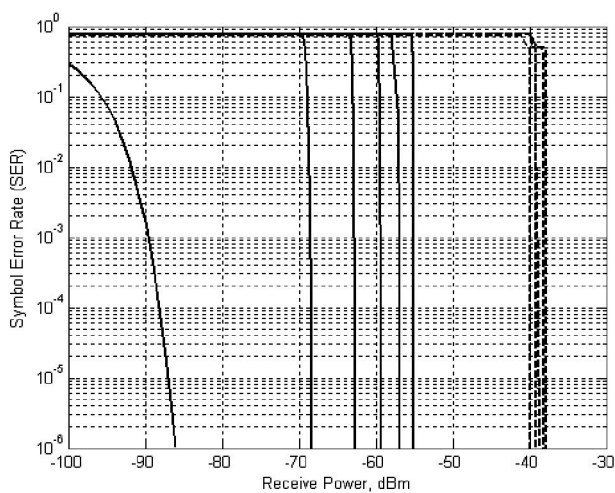


Рис. 2 Зависимость ошибки приема от входной мощности

сигналом подаются на входы блока выделения ошибки. При постоянном входном уровне шумов (который обусловлен собственными шумами приемника) мощность входных сигналов изменялась в широких пределах как для традиционного так и для ДБП приемника. Полученные при таких условиях ошибки приема для различных величин фазового разбаланса приведены на рис. 2. Сплошные линии характеризуют ДБП соответственно при 0, 1, 2, 3, 4, 5 градусах фазового разбаланса, а штриховые линии – традиционный приемник.

4. Заключение

Как видно из рис.2, для обеспечения ошибки приема величиной 10^{-6} требуемая входная мощность для ДБП при фазовом разбалансе 1° на 30 дБ меньше, чем для традиционного приемника. ДБП более чувствителен к фазовому разбалансу, но даже при большом разбалансе выигрыш очевиден.

Автор выражает благодарность А.Ахумяну, Ю.Аветисяну и Н.Погосяну за многочисленные полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **A.Parssinen.** Direct Conversion Receivers in Wide-Band Systems. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 2001.
2. **B.Razavi.** IEEE Transactions on Circuits and Systems—II: Analog and Digital Signal Processing, **44**, 428 (1997).
3. **J.Crols, M.S.J.Steyaert.** IEEE J. Solide-state circuits. **31**, 1483 (1995).
4. **V.Nahapetyan, A.Hakhoumian, A.Hakhumyan.** IEE - Ninth International Conference on HF Radio Systems and Techniques, 78-81, 2003.
5. **M.J.Gingell.** Ellectical Comman., **48**, 21 (1973).
6. **A.W.Buchwald, K.W.Martin.** Electron. Lett., **27**, 309 (1991).

ԸՆԴՈՒՄՄԱՆ ՍԽԱԼԻ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՓՈՔՐԱՑՈՒՄԸ ՈՒՂԻՂ ՁԵՎԱՓՈԽՄԱՆ ՈԱԴԻՈԸՆԴՈՒՄՆԻՉՆԵՐՈՒՄ

Վ.Ա. Նահապետյան

Առաջարկված է սինֆազ մուտքային ազդանշանով և կրկնակի քառակուսային հետերոդինով երկբալանսային խառնիչի սխեմա I/Q ուղիղ ձևափոխման ռադիոընդունիչներում կիրառելու համար: Ցույց է տրված հետերոդինային լարման թափանցման ազդեցությունը ելքային ազդանշանի հաստատուն բաղադրիչի վրա և, հետևաբար, ընդունված թվային ազդանշանի միջին սխալի վրա: Մշակված է ռադիոընդունիչի մոդել, որի միջոցով ցույց է տրված ընդունիչի զգայունության մեծացումն առաջարկվող սխեմայի կիրառման դեպքում:

BER IMPROVEMENT IN DIRECT CONVERSION RECEIVERS

V.A. Nahapetyan

The double balance mixer scheme with in-phase signal input and double-quadrature local oscillator is suggested for application in I/Q direct conversion receivers. The LO leakage influence on DC component and BER of the digital signal is shown. A model of the receiver illustrating the improvement of sensitivity in the case of usage of the proposed scheme is described.