

К. т. н. В. В. ВАСИЛЕВСКИЙ, к. т. н. В. Г. ГОЛОВАНЬ,
к. ф.-м. н. М. А. ДРОЗДОВ, к. т. н. Т. А. ХИЖНЯК

Украина, г. Одесса, Военный институт ОНПУ;
г. Киев, НТУУ «Киевский политехнический институт»
E-mail: drozd48@mail.ru

Дата поступления в редакцию
06.05 2009 г.

Оппонент д. т. н. П. Е. БАРАНОВ
(ОНПУ, г. Одесса)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДОПЛЕРОВСКОГО СИГНАЛА

Предложено два способа управления амплитудно-частотной характеристикой многоканального доплеровского фильтра с целью совмещения зоны его режекции со спектром пассивной помехи.

Зона режекции суммарной амплитудно-частотной характеристики неуправляемого по частоте многоканального фильтра настроена на нулевую частоту Доплера пассивной помехи, что не позволяет эффективно подавлять отклики от подвижных гидрометеорообразований или искусственных объектов [1, 2].

Считается, что пассивная помеха является неизменной по дальности и частоте. Авторами была поставлена задача повышения эффективности фильтрации доплеровского сигнала цели при наличии протяженной подвижной пассивной помехи.

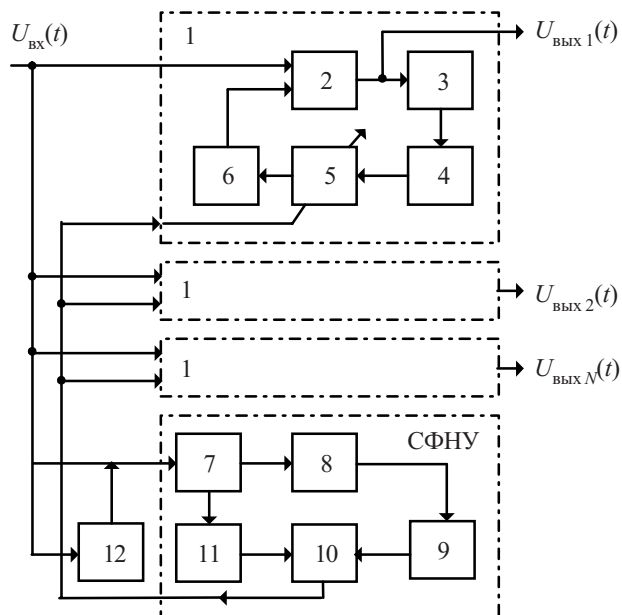


Рис. 1. Структурная схема многоканального доплеровского фильтра стационарных пассивных помех (блоки 1—11) и нестационарных (дискретных) помех (блоки 1—12): 1 — гребенчатые фильтры накопления; 2 — сумматор; 3 — блок задержки на период повтора зондирующих сигналов; 4 — фазовращатель; 5 — фазовращатель, управляемый напряжением с выхода СФНУ; 6 — усилитель; 7 — ограничитель; 8 — блок задержки на период повтора зондирующих сигналов; 9 — фазовращатель на 90° ; 10 — коррелятор; 11 — фазовращатель

Для этого в [3] предлагался многоканальный фильтр (рис. 1), который состоит из N гребенчатых фильтров накопления и схемы формирования напряжения управления (СФНУ) (блоки 7—11).

Фильтр функционирует следующим образом. Предположим, что в начальном состоянии на вход многоканального фильтра поступает стационарная по дальности и частоте пассивная помеха с нулевым сдвигом частоты Доплера. Зона режекции суммарной амплитудно-частотной характеристики многоканального фильтра в данном случае устанавливается на нулевую частоту.

С приходом пассивной помехи, которая имеет какой-либо сдвиг частоты, например Ω_d , на выходе коррелятора 10 формируется напряжение управления, под действием которого амплитудно-частотные характеристики всех гребенчатых фильтров накопления l сдвигаются по оси частот на Ω_d , т. к. напряжение управления на выходе коррелятора пропорционально Ω_d . Операцию учета коэффициента пропорциональности можно реализовать как в схеме коррелятора, так и в цепи управления фазовращателя 5. Таким образом, зона режекции суммарной амплитудно-частотной характеристики многоканального фильтра также сдвигается на величину Ω_d , спектр пассивной помехи снова попадет в зону режекции и помеха будет подавлена (компенсирована).

Можно показать, что напряжение управления на выходе коррелятора 10 пропорционально доплеровскому сдвигу частоты Ω_d пассивной помехи, которая поступает на вход многоканального фильтра.

На вход фильтра подается пассивная помеха

$$U_{\text{вх}} = U_1(t) \cos(\omega + \Omega_d)t,$$

где $U_1(t)$ — амплитуда помехи;

ω — частота помехи;

Ω_d — доплеровский сдвиг частоты пассивной помехи.

Напряжение на выходе ограничителя 7 имеет вид

$$U_{\text{огр}}(t) = U_0(t) \cos(\omega + \Omega_d) \cdot t,$$

где U_0 — напряжение, которое характеризует уровень ограничения.

На входе и выходе блока 8 получим соответственно

$$U_{\text{вх лз}}(t) = U_0(t) \cos(\omega + \Omega_d) \cdot t,$$

$$U_{\text{вых лз}}(t) = U_0(t) \cos(\omega + \Omega_d) \cdot (t - T),$$

где T — период повтора радиолокационного сигнала.

Для обеспечения нормального функционирования многоканального фильтра фазовращатель 11 должен осуществлять поворот фазы на $\varphi = -\omega T$, а фазовращатель 9 (установленный на выходе блока 8) должен обеспечивать сдвиг фазы на 90° .

Напряжение на обоих входах коррелятора 10 имеет вид

$$U_{\text{вх1}}(t) = U_0(t) \cos[(\omega + \Omega_d)t - \omega T],$$

$$U_{\text{вх2}}(t) = U_0(t) \cos[(\omega + \Omega_d)(t - T) + 90^\circ].$$

Коррелятор выполняет операции умножения и усреднения. Сигнал на его выходе определяется следующим выражением:

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \overline{\gamma U_{\text{вх1}}(t) U_{\text{вх2}}(t)},$$

где черточка над произведением означает операцию усреднения, γ — коэффициент усиления коррелятора (в нашем случае может выбираться произвольно).

Если принять $\gamma = 2/U_0^2$, то

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \overline{\frac{2}{U_0^2} U_0 \cos[(\omega + \Omega_d)t - \omega T] \times U_0 \cos[(\omega + \Omega_d)(t - T) + 90^\circ]}.$$

При сокращении на U_0^2 амплитуда напряжения сигнала на выходе фильтра нормируется.

Последний множитель в полученном выражении можно представить в виде

$$\cos[(\omega + \Omega_d)(t - T) + 90^\circ] = \sin[(\omega + \Omega_d)(t - T)].$$

Таким образом, напряжение на выходе коррелятора равно

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \overline{2 \cos[(\omega + \Omega_d)t - \omega T] \times \sin[(\omega + \Omega_d)(t - T)]}.$$

Преобразовав произведение функций, которые находятся под знаком усреднения, в сумму, получим

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \overline{\sin[(\omega + \Omega_d)t - \omega T] + [(\omega + \Omega_d)(t - T)] + \sin\{[(\omega + \Omega_d)t - \omega T] - [(\omega + \Omega_d)(t - T)]\}}.$$

Первое слагаемое под знаком усреднения представляет собой быстроосциллирующий сигнал с частотой $2(\omega + \Omega_d)$. Поэтому в результате усреднения оно будет равняться нулю.

Таким образом,

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \sin\{[(\omega + \Omega_d)t - \omega T] - [(\omega + \Omega_d)(t - T)]\} = \sin \Omega_d T.$$

При малых углах $\sin x \approx x$, тогда

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \Omega_d T.$$

Поскольку период повторения T является величиной известной, то по условию $\gamma = 2/U_0^2$, имеем

$$U_{\text{вых кор}}(t) = \Omega_d.$$

На выходе коррелятора (в зависимости от величины его коэффициента усиления) формируется напряжение, которое равно доплеровскому приращению фазы (сдвигу частоты) пассивной помехи. Это напряжение поступает на фазовращатели 5 и управляет их работой.

Все фазовращатели одновременно сдвигают амплитудно-частотные характеристики всех гребенчатых фильтров накопления на величину доплеровского приращения фазы пассивной помехи. Таким образом многоканальный фильтр устанавливает свою зону прозрачности в стороне от центральной частоты спектра помехи. Пассивная помеха оказывается в зоне режекции амплитудно-частотной характеристики многоканального фильтра и на его выход не проходит [3].

Если на вход фильтра поступит полезный сигнал, продолжительность которого значительно меньше продолжительности пассивной помехи, то (в силу инерционности коррелятора) амплитудно-частотная характеристика фильтра перенастраиваться не будет, и сигнал проходит на выход фильтра.

Дальнейшее усовершенствование рассмотренного устройства было проведено с целью повышения эффективности многоканального фильтра в условиях влияния на радиолокационную станцию нестационарных дискретных подвижных пассивных помех малой протяжности. Положительный эффект в этом случае достигается введением в структуру СФНУ когерентного гетеродина, который с приходом на вход многоканального фильтра пассивной помехи со сдвигом частоты Ω_d формирует гармоничное колебание с фазой, равной фазе пассивной помехи. На выходе коррелятора 10 формируется непрерывное управляющее напряжение, пропорциональное Ω_d . Под влиянием этого напряжения (как и в первом устройстве) амплитудно-частотные характеристики всех гребенчатых фильтров накопления 1 сдвигаются на величину доплеровского приращения фазы (сдвига частоты Ω_d) пассивной помехи. На такую же величину сдвига частоты перемещается и зона режекции многоканального фильтра. При этом пассивная помеха оказывается в зоне режекции амплитудно-частотной характеристики фильтра и подавляется [4].

После прекращения действия пассивной помехи (или первой по дальности ее дискретной части) когерентный гетеродин 12 продолжает формировать гармоническое колебание с фазой пассивной помехи. При этом на выходе коррелятора продолжает существовать управляющее напряжение, которое удерживает зону режекции амплитудно-частотной характеристики многоканального фильтра на центральной частоте пассивной помехи (она равняется сдвигу частоты Ω_d). В случае прихода с этого же направления новой пассивной помехи, она тоже будет подавлена фильтром, если скорость ее движения такая же, как и у предыдущей помехи.

Многоканальный фильтр с когерентным гетеродином 12 на момент прихода очередной по дальности пассивной помехи оказывается уже предварительно настроенным на ее подавление. Если в дальнейших

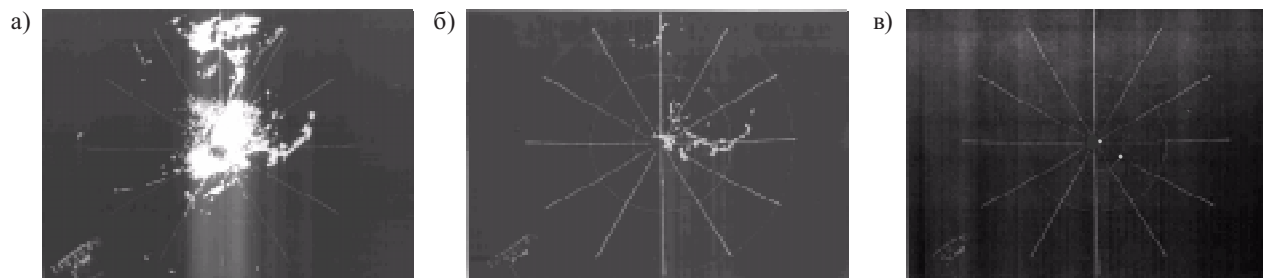


Рис. 2. Радиолокационная обстановка:

а — без подавления помех; *б* — с подавлением помех обычными средствами; *в* — с подавлением помех предложенными методами

периодах приема (периодах повтора радиолокационного сигнала) появится дискретная пассивная помеха малой протяжности пачечной структуры с тем же доплеровским сдвигом частоты Ω_d , то она окажется в зоне режекции амплитудно-частотной характеристики многоканального фильтра и также будет подавлена [4].

Продолжительность сигнала от цели значительно меньше продолжительности пассивной помехи или некоторых типов дискретных помех. В силу инерционности коррелятора 10 , амплитудно-частотные характеристики гребенчатых фильтров накопления перенастраиваться не будут, и сигнал проходит на выход фильтра.

Таким образом, при воздействии дискретных пассивных помех на радиолокационную станцию на выход многоканального фильтра с когерентным гетеродином проходит сигнал только от передней «кромки» первой по дальности дискреты этих помех, остальные дискреты подавляются [4].

При воздействии на радиолокационную станцию протяженных пассивных помех помехоустойчивость обоих предложенных устройств одинакова.

Практические результаты по реализации предложенных методов повышения помехоустойчивости в селекции цели демонстрируются на **рис. 2**.

В данной работе предложено два способа управления амплитудно-частотной характеристикой много-

канального доплеровского фильтра с целью настройки зоны режекции на спектр нестационарных дискретных подвижных пассивных помех.

Первый способ предусматривает введение в состав фильтра схемы формирования напряжения управления, которая, с приходом на вход фильтра пассивной помехи, создает доплеровский сдвиг частоты Ω_d .

Второй способ предусматривает введение в состав схемы формирования напряжения управления когерентного гетеродина, который формирует гармоническое колебание с фазой пассивной помехи.

Применение этих способов повышает помехоустойчивость обоих предложенных устройств и эффективность фильтрации доплеровского сигнала цели при воздействии на радиолокационную станцию протяженных пассивных помех.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Теоретические основы радиолокации / Под ред. Я. Д. Ширмана.— Г.: Сов. радио, 1970.
2. Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех.— Г.: Радио и связь, 1981.
3. А. с. 1321248 СССР. Многоканальный фильтр доплеровского сигнала / Н. И. Бугай, В. В. Василевский.— 1.03.87.
4. А. с. 1503526 СССР. Многоканальный фильтр доплеровского сигнала / В. В. Василевский, В. И. Мещеряков.— 22.04.89.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

Немцов М. В., Немцова М. Л. Электротехника и электроника.— М.: Академия, 2009.— 432 с.

В учебнике рассмотрены основные положения теории электрических цепей, промышленной электроники, электрических измерений. Даны описания устройств и рабочих свойств электрических машин синусоидального и постоянного тока, аппаратов автоматики и управления, полупроводниковых приборов, электронных усилителей, генераторов, выпрямителей и стабилизаторов, а также цифровых устройств и измерительных приборов. Приведены сведения об электроприводе, изложены основы электробезопасности.

Для студентов технических специальностей образовательных учреждений среднего профессионального образования.

