

УДК 681.883

ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Бабуров Э.Ф., Горшков А.Л.

Рассмотрена возможность использования системы ФАПЧ в гидролокационной технике для реализации операции синхронного детектирования в гидролокационном приемнике.

Прием гидроакустических сигналов всегда осуществляется на фоне помех. В общем случае помехами приему гидроакустических сигналов являются собственный (внутренний) шум гидроакустических средств (ГАС) и наводки от электрорадиооборудования носителя ГАС, шумы морской среды, излученные шумы носителя ГАС, кораблей и судов, а также сигналы активных ГАС других носителей, находящихся в данном районе.

В настоящее время принята следующая классификация шумов морской среды [1]:

- динамические шумы, обусловленные динамикой морских волн, турбулентных потоков в воде и атмосфере, шумом прибоя, подводным шумом дождя и т. д.;

- подледные шумы, возникновение которых связано с образованием и динамикой ледового покрова, взаимодействием его неровностей с ветром и подводными течениями;

- биологические шумы, создаваемые различными представителями морской фауны;

- сейсмические шумы, вызванные тектонической и вулканической деятельностью, а также сопровождающие образование волн цунами и т. д.;

- технические шумы, являющиеся следствием деятельности человека, в том числе шумы судоходных трасс, шумы в гаванях и прибрежных районах от технических средств и т. д.;

- шумы, связанные с реверберацией моря.

Морская реверберация – процесс, описывающий изменение во времени суммарного рассеянного звукового поля, наблюдаемого в точке приема после излучения зондирующего сигнала. В зависимости от характера распределения неоднородностей, вызывающих рассеяние звука, различают три типа реверберации: объемную, поверхностную и донную [2].

Представляет интерес рассмотреть возможности борьбы с реверберационными и другими гидроакустическими шумами при помощи синхронного детектирования принимаемых сигналов. Это позволит повысить помехоустойчивость приема, обеспечивая улучшение отношения сигнал-помеха на выходе детектора не менее чем в два раза [3]. Использование синхронного детектирования требует применения системы ФАПЧ, которая

обеспечивает равенство частот принимаемого и опорного сигналов.

При использовании синхронного детектирования ширина полосы пропускания приемника, приведенная к его входу, равна ширине полосы пропускания системы ФАПЧ. Следовательно, основными помехами приему являются помехи, частоты которых совпадают с частотой полезного сигнала. В гидроакустическом канале - это реверберационные шумы моря.

Реверберация представляет собой нестационарный случайный процесс, образующийся в результате сложения множества сигналов, отраженных от неоднородностей среды при прохождении в ней зондирующего сигнала. Таким образом, на входе приемника образуется аддитивная смесь, состоящая из полезного сигнала u_c и реверберации u_p . Тогда в интервале одного импульса представим входной сигнал как

$$u_{\text{вх}}(t) = U_c \cos \Phi_{\text{вх}}(t) + n(t), \quad (1)$$

где U_c – амплитуда полезного входного сигнала; $\Phi_{\text{вх}}(t) = (\omega_{\text{ос}} + \Delta\omega_{\text{д}}) t + \varphi_{\text{вх}}(t)$ – полная фаза входного сигнала; $\omega_{\text{ос}}$ – частота опорного генератора; $\Delta\omega_{\text{д}}$ – доплеровское приращение частоты отраженного сигнала; $\varphi_{\text{вх}}$ – процесс, описывающий изменение фазы входного сигнала; $n(t) = \sum n_i(t)$ – аддитивная реверберационная помеха.

При прохождении через узкополосный тракт приемника реверберационная помеха принимает форму квазигармонического сигнала

$$n(t) = U_p(t) \cos [\omega_0 t + \varphi(t)].$$

Повышение помехоустойчивости приемника позволит улучшить возможности обнаружения и измерения параметров малоразмерных объектов гидролокационной станцией.

На рисунке 1 изображена одна из возможных структурных схем син-

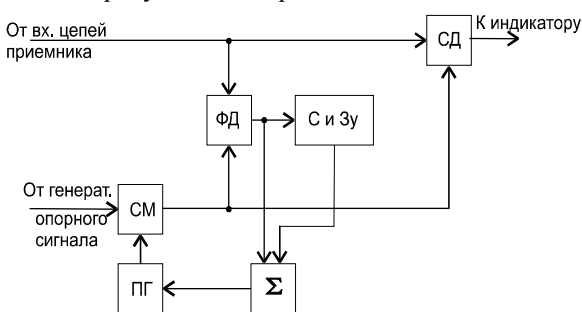


Рисунок 1 – Структурная схема синхронного детектора

хронного детектирования принимаемого сигнала с использованием радиоимпульсной системы ФАПЧ, с помощью которой промежуточная частота сигнала задающего автогенератора подстраивается по частоте принимаемого сигнала до их равенства.

На вход такой системы от генератора опорного сигнала поступает последовательность радиоимпульсов. При наличии радиоимпульса система должна осуществлять подстройку перестраиваемого генератора (ПГ), а в паузах между импульсами – сохранять значение частоты ПГ, существовавшее перед моментом окончания радиоимпульса. Для этого в структурную

схему введены дополнительные блоки: сканирующее и запоминающее устройство С и ЗУ и сумматор Σ . Сканирующее и запоминающее устройство осуществляет перестройку ПГ по частоте в диапазоне возможных доплеровских приращений частоты принятого сигнала и сохраняет значение частоты ПГ в интервалах между импульсами. Сумматор формирует управляющее напряжение для перестраиваемого генератора. Управляющее напряжение состоит из сигнала ошибки, формируемого фазовым детектором, и сигнала блока С и ЗУ.

Частота сигнала на выходе преобразователя частоты с помощью системы ФАПЧ синхронизируется с частотой полезного сигнала.

Напряжение на выходе смесителя (СМ) преобразователя частоты равно

$$u_{cm}(t) = U_{cm} \cos[(\omega_{oc} + \Delta\omega_n) t + \varphi_{cm}(t)], \quad (2)$$

где U_{cm} – амплитуда напряжения на выходе смесителя; $\Delta\omega_n$ – приращение частоты обеспеченное перестраиваемым генератором; $\varphi_{cm}(t)$ – процесс, описывающий изменение фазы сигнала на выходе смесителя.

Синхронный детектор (СД) обеспечивает перемножение сигналов

$$u_{cd}(t) = u_{ex}(t) u_{cm}(t). \quad (3)$$

Подставляя (1) и (2) в (3), получаем выходное напряжение синхронного детектора и после выделения низкочастотной составляющей находим

$$u_{co}(t) = 0,5 [U_c U_{cm} + U_p(t) U_{cm} \cos\varphi(t)].$$

Амплитуда реверберационной помехи $U_p(t)$ является результатом суммирования множества эхо-сигналов со случайной фазой. Помехой для синхронного детектора и системы ФАПЧ является синфазная с принимаемым сигналом составляющая помехи. Синфазная составляющая всегда меньше амплитуды реверберационной помехи, чем и объясняется повышение помехоустойчивости приема.

Благодаря предложенной реализации синхронного детектирования гидроакустических сигналов выигрыш в помехоустойчивости по сравнению с некогерентным приемом можно оценить известным соотношением [3]

$$B = 2(1/q_{ex} + 1), \quad (4)$$

где q_{ex} – отношение сигнал - помеха на входе приемника. Как следует из этого соотношения, при $q_{ex} \gg 1$ выигрыш стремится к двум, а при $q_{ex} = 1$ выигрыш достигает значения $B=4$. В соответствии с выражением (4) выигрыш существенно увеличивается для сигналов малого уровня на входе приемника, то есть при $q_{ex} \ll 1$.

Библиография

- 1 Акустика океана / Под ред. Л.М. Бреховских. — М.: Наука, 1974. — 693 с.
- 2 Яковлев А.Н. Гидролокаторы ближнего действия / А.Н. Яковлев, Г.П. Каблов. — Л.: Судостроение, 1983. — 199 с.
- 3 Радиоприемные устройства / Под ред. А.П. Жуковского. — М.: Высш. шк., 1989. — 386 с.

Поступила в редакцию 20.03.2000 г.