

Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума

(часть 2)

Владимир Болдырев (Краснодарский край)

В статье автор продолжает рассматривать корреляционный метод обнаружения источников шума в воде, воздухе и на суше. Анализируются энергетические соотношения при корреляционной обработке данных от двух датчиков (акселерометров, гидрофонов или микрофонов).

Потенциал приёма и его связь с дальностью обнаружения

Прежде чем дать определение потенциалу приёма, следует учесть, что уровень сигнала при приёме зависит не только от параметров датчика, внешних шумов и помех, приёмника и обработки, но и от приёмной антенны. За счёт её направленности уровень принимаемого сигнала возрастает пропорционально коэффициенту усиления антенны G (в гидроакустике пропорционально коэффициенту концентрации, умноженному на КПД антенного тракта).

Полученное выражение сигнал/шум (2) характеризует потенциальную способность корреляционного метода выделять при приёме полезный сигнал среди шумов и помех при одинаковой спектральной плотности на входе приёмника.

Введём понятие потенциала приёма.

Потенциал приёма – это произведение коэффициента усиления приёмной антенны на отношение мощности сигнала к мощности шума и помехи на выходе коррелятора, когда на входе приёмника спектральные плотности напряжения сигнала равны спектральной плотности напряжения шума и помехи:

$$PP = Gsn = 0,5B[F/(f_{high} - f_{down})]. \quad (3)$$

Как уже указывалось, при сложных сигналах потенциал приёма может достигать нескольких тысяч единиц. При

простых сигналах потенциал приёма близок к величине усиления антенны.

В статье будет рассмотрен вариант моделирования метода корреляционного обнаружения источников шума на протяжённой линейной структуре, например на трубопроводе. Для этого случая характерно отсутствие направленности приёмных датчиков, и поэтому коэффициент усиления антенны G можно принять равным единице. Тогда $PP = sn = 0,5B[F/(f_{high} - f_{down})]$.

Представим себе ситуацию, что источник сигнала находится рядом с датчиками-акселерометрами, а создаваемая им в зоне установки датчиков спектральная плотность ускорения равна спектральной плотности шума ускорения приёмного тракта в целом, приведённой к месту установки датчиков. Тогда на выходе после корреляционной обработки отношение сигнал/шум будет равно приёмному потенциалу (например, 30 дБ).

Теперь начнём удалять источник и установим его на таком расстоянии, одинаковом от приёмных датчиков, чтобы сигнал/шум на выходе коррелятора стал равным единице. Это означает, что уровень сигнала находится на границе различимости в шумах.

При этом можно оценить дальность до источника со спектральной плотностью создаваемого им ускорения, равной спектральной плотности шумов и помех, приведённым к месту установки датчиков.

Дальность при этом будет зависеть от ослабления в среде распространения.

Ослабление сигнала в среде без частотной зависимости ослабления

Пусть удельное затухание звука в среде составляет величину β (в единицах дБ/м) на всех частотах приёма. Ослабление сигнала A при этом может быть вычислено по формуле:

$$A = 10^{-0,1\beta D} \text{ или } A = \beta D \text{ [дБ]}.$$

Тогда дальность D до упомянутого источника можно рассчитать по простой формуле для протяжённой линейной структуры (например, для трубы):

$$D = A/\beta \text{ [м]}. \quad (4)$$

Например, при $A = 30$ дБ и $\beta = 0,1$ дБ/м дальность D составит 300 м.

Ослабление сигнала в среде с частотной зависимостью ослабления

Среды с частотной зависимостью ослабления встречаются редко. Чаще среда распространения обладает различным ослаблением на разных частотах. Чтобы учесть эту особенность, можно использовать часто встречающуюся оценку ослабления, которая линейно зависит от частоты, когда удельное затухание β (в единицах дБ/м) может быть определено [4] по формуле: $\beta = b(f/1000)$, где b – постоянная ослабления для выбранной среды, дБ/(м кГц), f – текущая частота в спектре сигнала, Гц.

Эта формула используется для оценки ослабления звука в грунте. В случае других сред возможны другие виды частотной зависимости, которые должны быть дополнительно уточнены проектантами на инженерном этапе создания системы обнаружения.

Из формулы видно, что высокие частоты, особенно на больших рас-

стояниях, ослабляются значительно больше, чем низкие.

Для корреляционного метода обнаружения такая закономерность весьма важна, поскольку ослабление высокочастотных составляющих сужает ширину полосы частот, что приводит не только к ухудшению разрешения, но и к уменьшению потенциала приёма, зависящего от частоты F и B (см. формулу 3). Следует подчеркнуть, что база сигнала B , в свою очередь, также зависит от частоты F . Таким образом, квадратичная зависимость потенциала приёма от частоты существенно влияет на возможности корреляционного метода обнаружения и значительно усложняет его моделирование.

Сложность возникает из-за того, что спектр сигнала источника и полоса приёма, как правило, широкополосные, т.е. отношение ширины полосы к средней частоте спектра значительно больше единицы. Следовательно, ослабление на разных частотах спектра будет существенно различаться. Расчёты на верхней или нижней частотах спектров дают неверные результаты. Для уменьшения погрешностей расчётов необходимо найти эквивалентную ширину полосы частот и для средней частоты f_{mid} этой эквивалентной полосы найти эквивалентный коэффициент ослабления сигнала.

При частотно-зависимой среде ослабление A и дальность D можно рассчитать для протяжённой линейной структуры (например, для трубы) по формулам:

$$A = 10^{-0,0001 f_{mid} D} \text{ или} \\ A = 0,0001 f_{mid} D \text{ [дБ]}, \\ D = 1000A / (b f_{mid}),$$

где b – постоянная ослабления для выбранной среды, дБ/(м кГц), f_{mid} – средняя частота эквивалентной полосы спектра сигнала, Гц.

Например, при $A = 30$ дБ и $\beta = 0,1$ дБ/(м кГц) при средней эквивалентной частоте f_{mid} 1000 Гц дальность D составит 300 м.

Потенциал обнаружения

Пусть источник сигнала находится на одинаковом расстоянии рядом с датчиками-акселерометрами, а создаваемая им в зоне установки датчиков спектральная плотность ускорения равна спектральной плотности шума ускорения приёмного тракта, приведённой к месту установки датчиков.

Пусть этот источник удаляется от места установки датчиков, находясь на одинаковом расстоянии от них. При этом будет уменьшаться сигнал/шум на выходе коррелятора, допустим, от нескольких тысяч, если источник находится рядом с датчиками, до единицы и менее при удалении.

На некотором расстоянии сигнал/шум на выходе коррелятора станет равным единице, т.е. приёмный потенциал будет полностью «израсходован» в этой точке, результирующее для двух сигналов ослабление в среде станет равным приёмному потенциалу, а отношение приёмного потенциала к результирующему ослаблению в среде станет равным единице. Будем считать, что такой источник ещё обнаруживается при отношении сигнал/шум на выходе коррелятора, равном единице.

Очевидно, что способность обнаружить источник характеризуется отношением приёмного потенциала к результирующему ослаблению в среде. Это уже более общий, комплексный параметр, учитывающий не только потенциальные возможности приёмной части, но и свойства среды. Назовем эту потенциальную способность потенциалом обнаружения.

Потенциал обнаружения – это потенциальная способность системы обнаружить на выбранном расстоянии источник, имеющий спектральную плотность сигнала, равную спектральной плотности шума и помех при приёме и приведённую к месту установки датчиков. Потенциал обнаружения равен отношению сигнал/шум на выходе коррелятора при одинаковом расстоянии от датчиков до источника с указанной спектральной плотностью $PO = PP/A$.

Следует пояснить, что при удалении источника каждый из сигналов испытывает ослабление в среде величиной A по мощности. Поскольку ВКФ в потенциале приёма вычисляется по двум сигналам, напряжение каждого из которых уменьшится в \sqrt{A} раз, то величина главного максимума ВКФ, определяющая потенциал приёма PP и зависящая от произведения напряжений двух принятых сигналов, уменьшится в A раз.

Если источник находится так далеко, что $PO = 1$, то из равенства $PP = A$ можно найти максимальную дальность до источника по зависимости ослабления A среды от расстояния (см. подраздел «Ослабление сигнала в среде»).

Обнаружение источника, у которого спектральная плотность сигнала во много раз больше спектральной плотности шума и помехи, приведённой к месту установки приёмного датчика

Пусть сигнал источника в n раз больше по мощности, чем у источника, имеющего спектральную плотность сигнала, равную спектральной плотности шума и помехи, приведённой к месту установки датчиков. В этом случае напряжение каждого из двух принятых сигналов возрастёт в \sqrt{n} раз, а величина главного максимума ВКФ, определяющая потенциал обнаружения PO и зависящая от произведения напряжений двух принятых сигналов, возрастёт в n раз.

Тогда потенциал обнаружения такого источника возрастает пропорционально величине n :

$$PO_n = nPO.$$

Соответственно возрастёт и дальность до источника (см. подраздел «Ослабление сигнала в среде»).

Таким методом может быть решена поставленная задача исследования корреляционного метода, поскольку при таком подходе могут быть оценены параметры источников и расстояния, на которых они могут быть обнаружены.

Особенности пространственного расположения датчиков и источника в разных системах обнаружения и уточнение понятия дальности обнаружения источника

Корреляционный метод подразумевает приём сигнала от источника минимум двумя датчиками, т.е. фактически корреляционный метод строится на приёме двух сигналов.

При этом вычисляется ВКФ между этими двумя сигналами. При стационарных эргодических процессах в источнике шумового сигнала ВКФ (mutual correlation function) определяется усреднением по времени и зависит не от текущего времени t ввиду стационарности и эргодичности, а только от величины сдвига τ по времени между двумя сигналами, принятыми от источника [5]:

$$ВКФ(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} s_1(t) s_2(t \pm \tau) dt.$$

Положение максимума ВКФ на оси временного сдвига τ говорит о разни-



Рис. 1. Пространственная структура трубы с источником шумового сигнала и с двумя приёмными датчиками

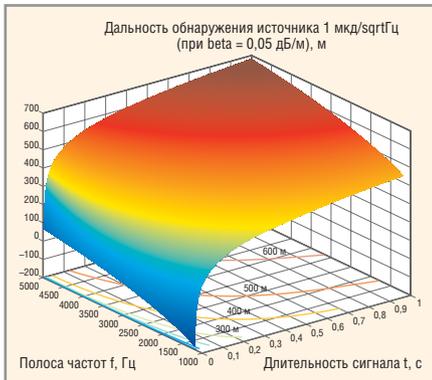


Рис. 2. Потенциал приёма и дальность обнаружения источников с создаваемым ускорением 1 мкГал/√Гц при β = 0,05 дБ/м кГц в трубопроводе без частотной зависимости ослабления сигнала в среде

це времени распространения сигналов от источника до датчиков.

По этой задержке может быть определено положение источника на плоскости или в трёхмерном пространстве путём решения системы уравнений, в которые входят координаты датчиков, скорость звука в среде и разница времени распространения сигнала до датчиков.

Для определения положения на плоскости необходимы три датчика, расположенных не на одной линии, и определение задержек между двумя любыми парами датчиков.

Для определения положения в трёхмерном пространстве желательно иметь четыре датчика, расположенных не на одной линии, причём четвертый – вне плоскости трёх из них, а также определение задержек между тремя парами датчиков.

Расстояния от источника до датчиков в общем случае могут быть различными. При разных расстояниях различаются не только уровни, но и спектры двух сигналов и их корреляционные свойства из-за разного ослабления высокочастотных составляющих в частотно-зависимой среде. Это существенно усложняет моделирование, поскольку приведённые ранее формулы для потенциалов подразумевают близость корреляционных параметров принятых датчиками сигналов. Моде-

лирование варианта с источником, находящимся на разных расстояниях от приёмных датчиков, требует дополнительных детальных исследований на основе моделирования взаимных спектров (mutual spectrum) или кросс-спектра двух сигналов с разным уровнем высокочастотных составляющих и затем взаимной корреляционной функции двух сигналов, которые связаны между собой [5]:

$$F_{s1s2}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} BK\Phi_{s1s2}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau.$$

Чтобы избежать громоздкости изложения для общего случая, остановимся на варианте, когда источник равноудалён от датчиков, а уровни и спектры сигналов от датчиков одинаковы. Это соответствует расположению источника вблизи ортогональной плоскости, проходящей через середину расстояния между датчиками.

Если рассматривается линейная структура типа трубопровода, тогда под дальностью D обнаружения источника (см. подраздел «Ослабление сигнала в среде») будет подразумеваться половина расстояния L между датчиками.

Для линейной структуры типа трубопровода (рис. 1) положение источника можно вычислить по простой формуле: $x = \pm 0,5ct$, где x – дальность источника относительно середины расстояния между датчиками (м), L – расстояние между датчиками (м), c – скорость звука в среде (м/с), τ – разница задержек прихода сигнала между источником и датчиками (соответствует положению главного максимума ВКФ на оси τ), с.

Знаки плюс или минус соответствует тому или другому направлению расположения источника относительно середины расстояния между датчиками (в сторону датчика 1 или датчика 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для варианта линейной структуры типа трубопровода проведено моделирование корреляционного метода обнаружения с оценкой параметров источников шумового сигнала и расстояния, на котором они могут быть обнаружены.

Как уже отмечалось, под дальностью D обнаружения источника (см. подраздел «Ослабление сигнала в среде») будет подразумеваться половина расстояния L между датчиками. То есть, вычислив достижимую дальность D обна-

ружения источника, можно полагать, что датчики при этом могут быть удалены друг от друга на расстояние $L = 2D$. Этот параметр весьма важен, поскольку от него зависит необходимое число датчиков для контроля всей протяжённости трубопровода.

При этом может быть найден ответ на вопрос – можно ли располагать датчики лишь на штатных пунктах контроля, управления и катодной защиты, которые на современных трубопроводах для перекачки нефти располагаются на расстояниях от 5 до 30 км друг от друга, и не потребуются ли промежуточные дополнительные датчики?

Модель корреляционного метода обнаружения источника шумового сигнала на трубопроводе без частотной зависимости ослабления

На листинге программы в среде MATLAB (см. Приложение 1 на сайте журнала) показано вычисление приёмного потенциала и дальности обнаружения источников при разных удельных затуханиях звука в среде (трубопроводе) в зависимости от длительности сигнала и от ширины его спектра.

Дальность обнаружения определена для двух источников:

- источник обладает уровнем спектральной плотности создаваемого в трубе ускорения около 1 мкГал/√Гц, равным спектральной плотности ускорения шума и помехи при приёме, приведённой к месту установки датчиков;
- источник имеет 10-кратное превышение этого уровня (10 мкГал/√Гц, по мощности $n = 100$ раз).

На рис. 2 приведены данные расчёта потенциала приёма и дальности обнаружения источников при удельном затухании звука в среде (трубопроводе) $\beta = 0,05$ дБ/(м кГц) и ускорении 1 мкГал/√Гц в зависимости от длительности сигнала и от его спектра. Данные расчёта для других значений β и ускорения приведены в файле Pic_2.doc на сайте журнала. Исходные данные по параметрам аппаратуры, использованные в расчётах, указаны в Приложении 1 на сайте журнала.

Расчёты показывают, что дальность обнаружения источника, создающего на трубопроводе сигнал со сравнительно небольшим ускорением около 10 мкГал/√Гц^{1/2}, может достигать 15 км. Для этого необходима широкая полоса частот (до 5 кГц), излучаемых исто-

чиком, длительность сигнала порядка 1 с и более и небольшое удельное затухание звука в трубопроводе, желательнее меньше 0,05 дБ/м. Расстояние между соседними датчиками при этом может достигать 30 км, а разрешение по дальности около 1 м.

Видно также, что потенциал приёма при ширине полосы частот сигнала до 5 кГц, длительности сигнала порядка 1 с может достигать 33,9 дБ (т.е. 2500 раз). Именно во столько раз возрастает отношение сигнал-шум на выходе коррелятора по сравнению с отношением сигнал-шум на входе приёмника. Эти же цифры говорят о количественной мере преимущества корреляционного метода обнаружения источников по сравнению с амплитудным методом на простых сигналах.

Столь оптимистичные результаты, однако, могут быть получены лишь в случаях, когда почти не сказывается частотная зависимость затухания в среде распространения, например, при сравнительно небольших расстояниях, низких частотах, при сравнительно узкой ширине полосы сигнала или в средах со слабо выраженной зависимостью затухания от частоты.

В частности, вода относится к средам с низкой частотной зависимостью и для неё эквивалентный коэффициент затухания для частот от 16 до 60 000 Гц выражается аналитической зависимостью $\beta = 0,036f^{3/2}$ дБ/км, где частота f измеряется в килогерцах [5]. То есть на частоте 1 кГц затухание составляет лишь 0,036 дБ/км. Это позволяет гидроакустическим методам стать основными при исследовании акваторий.

Модель корреляционного метода обнаружения источника шумового сигнала на трубопроводе с частотной зависимостью ослабления

При корреляционном методе ослабление высокочастотных составляющих сужает ширину полосы частот, что приводит не только к ухудшению разрешения, но и к уменьшению потенциала приёма, зависящего от F и B , т.е., в конечном итоге, уменьшению дальности обнаружения источника.

Чтобы определить дальность обнаружения, необходимо для каждой дальности D до источника проделать следующие действия (см. файл Приложение 1):

- найти эквивалентную ширину полосы частот δf ;

- найти среднюю частоту f_{mid} этой эквивалентной полосы;
- найти для эквивалентной полосы f_{mid} эквивалентное ослабление сигнала A_{fmid} ;
- определить потенциал приёма PP с учётом ослабления высоких частот, т.е. при эквивалентной полосе δf ;
- определить потенциал обнаружения PO с учётом ослабления высоких частот, т.е. при эквивалентной полосе δf и эквивалентном ослаблении A_{fmid} ;
- найти дальность обнаружения D источника с учётом потенциалов обнаружения PO для источников сигнала со спектральной плотностью создаваемого в трубе ускорения, равной спектральной плотности ускорения шума и помехи при приёме, приведённой к месту установки датчиков;
- определить потенциал обнаружения PO_n с учётом ослабления высоких частот, т.е. при эквивалентной полосе δf и эквивалентном ослаблении A_{fmid} для источников с повышенной в n раз мощностью излучения;
- найти дальность обнаружения D источников с повышенной в n раз мощностью излучения с учётом потенциалов обнаружения PO_n .

Дополнительно к перечисленным параметрам можно найти эквивалентное разрешение по времени δt для каждой дальности, а также найти эквивалентное разрешение по дальности δD для каждой дальности.

Видно, что алгоритм определения дальности обнаружения в среде с частотно-зависимым ослаблением значительно сложнее, чем для среды без частотной зависимости. Поэтому листинг этой программы (файл CMFT.doc на сайте журнала) и описание вычислений каждого из указанных параметров здесь не приводятся ввиду ограниченного объёма статьи.

На рис. 3 приведены результаты моделирования корреляционного метода обнаружения источника шумового сигнала на трубопроводе при частотной зависимости ослабления с постоянной ослабления $\beta = 0,05$ дБ/(м кГц) (рис. 3а – 3е). Параметры аппаратуры $g_n, K, S, n_{in}, V_{adc}, D_{adc}, n$ при расчётах взяты идентичными данным Приложения 1. Результаты моделирования для $\beta = 0,5$ дБ/(м кГц) приведены на сайте журнала в файле Pic_3.doc.

Полоса частот сигнала источника и максимальная полоса частот приёма в

расчётах приняты от 0 до 500 Гц. Дальнейшее увеличение верхней частоты до 5 кГц приводит лишь к проигрышу по дальности обнаружения из-за сильного поглощения высокочастотных составляющих сигнала (рис. 3а) и появления дополнительных шумов в расширенной приёмной полосе.

На рис. 3б показана крутая зависимость эквивалентной ширины полосы сигнала от дальности, которая резко сужается (от 500 до 7,5 Гц) по мере увеличения до 12 км дальности до источника.

Крутой зависимостью эквивалентной ширины полосы сигнала объясняется ухудшение разрешения по времени (рис. 3в) и по дальности (рис. 3г). Из этих рисунков видно, что при увеличении дальности до источника разрешение по дальности стремится к величине от единиц процентов до 10% от величины дальности (при дальности 12 км разрешение равно 1,2 км).

Схожая закономерность показана в теоретической статье [6], посвящённой оценке разрешения при поиске объектов на акваториях, погружённых в осадки. Отмечается, что «с увеличением глубины погружения в грунт... наилучшее достижимое разрешение... практически перестаёт зависеть от ширины энергетического спектра зондирующего сигнала...», а также «наименьшие потенциально достижимые величины... составляют не менее единиц процентов от глубины погружения цели в грунт».

Совпадение теоретических фундаментальных закономерностей достижимого разрешения для широкополосных сигналов в сложных средах с результатами моделирования корреляционного метода говорит в пользу адекватности моделей.

На рис. 3д видно, что эквивалентное ослабление сигнала сначала резко увеличивается за счёт ослабления высокочастотных составляющих и сужения ширины полосы частот при увеличении дальности до источника, а затем медленно увеличивается по мере увеличения до 12 км дальности до источника, поскольку оставшиеся низкочастотные составляющие ослабляются слабо.

Результаты моделирования (файл Pic_3.doc на сайте журнала) показывают, что потенциал приёма при изменении постоянной ослабления от $\beta = 0,05$ дБ/(м кГц) и до $\beta = 0,5$ дБ/(м кГц) уменьшается почти на 20 дБ из-за сужения ширины полосы приёма и уменьшения базы сигнала B , что обу-

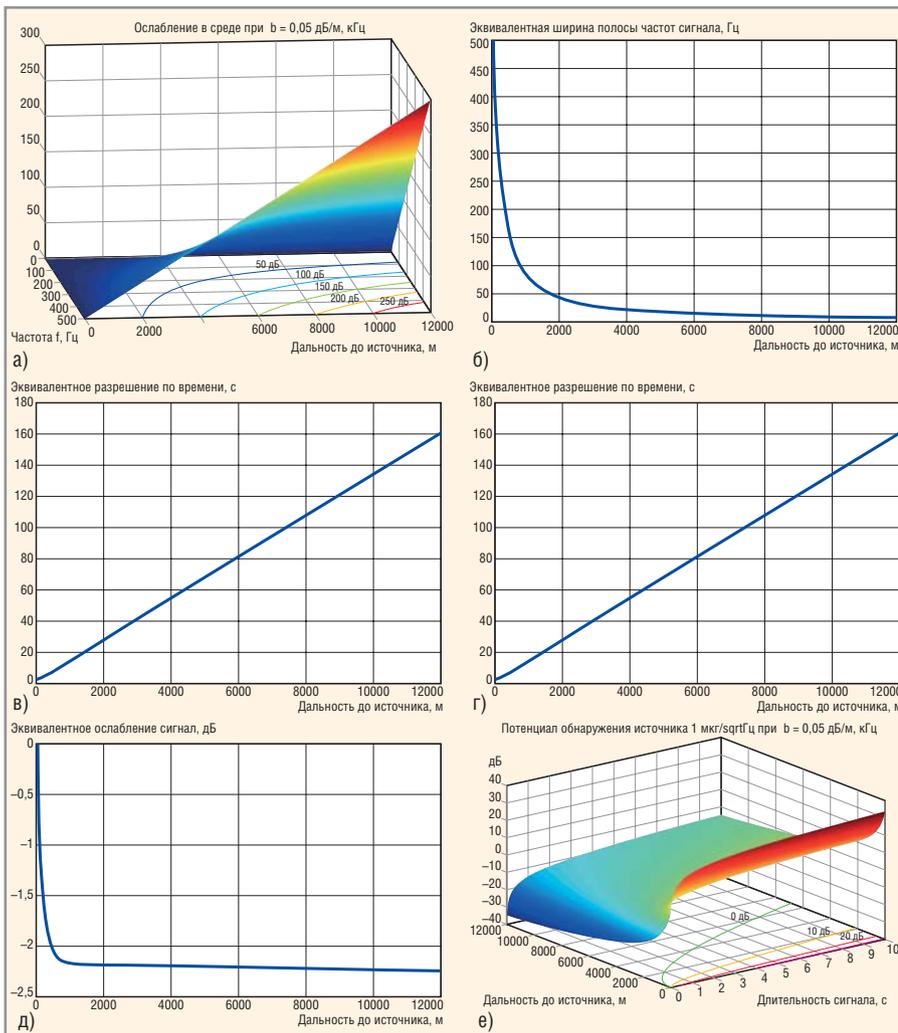


Рис. 3. Эквивалентные полоса, разрешение, ослабление, потенциалы и дальность обнаружения источников с ускорением $1 \text{ мкГал}/\sqrt{\text{Гц}}$ при частотной зависимости ослабления в среде

словлено ослаблением высокочастотных составляющих в спектре сигнала.

На рис. 3е приведены потенциалы обнаружения, а контурами уровней показаны значения потенциалов обнаружения. Благодаря этому можно определить, на какой дальности (ось Y) и при какой длительности сигнала (ось X) можно достичь приёмного потенциала (отношения сигнал-шум на выходе коррелятора), например, 0 дБ (т.е. на границе обнаружения сигнала источника).

Например, для слабого сигнала порядка $1 \text{ мкГал}/\sqrt{\text{Гц}}$ при $\beta = 0,05 \text{ дБ}/(\text{м кГц})$ при длительности сигнала 8 с возможно достижение дальности обнаружения 6 км при отношении сигнал-шум на выходе коррелятора 0 дБ (см. рис. 3е), в то время как для более мощного источника порядка $10 \text{ мкГал}/\sqrt{\text{Гц}}$ на дальности 6 км и при той же длительности 8 с сигнал-шум составит уже 20 дБ (см. файл Pic_3.doc).

Если $\beta = 0,5 \text{ дБ}/(\text{м кГц})$, т.е. среда имеет большее ослабление высокочастот-

ных составляющих, то лишь для мощного источника порядка $10 \text{ мкГал}/\sqrt{\text{Гц}}$ возможно достижение отношения сигнал-шум на выходе коррелятора 0 дБ при той же дальности 6 км и при длительности 6 с (файл Pic_3.doc).

Моделирование показывает, что достижение дальности обнаружения источников шумового сигнала на трубопроводах до нескольких десятков километров – вполне реальная задача.

Это подтверждается внедрением оборудования компании TotalFinaElf (Франция) с корреляционным методом обнаружения источников на образцово-показательном участке этиленового трубопровода протяжённостью 450 км, на котором через каждые 15 км установлен лишь 31 блок сбора данных контроля (файл lds_rus.pdf на сайте журнала).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретические исследования корреляционного метода обнаружения источников шумовых сигналов в раз-

ных средах (в воздухе, на суше и в воде) показывают неоспоримые преимущества этого метода по сравнению с некорреляционными амплитудными методами на простых и импульсных сигналах.

Введённые в статью определения потенциала приёма и потенциала обнаружения, базирующиеся на понятии отношения сигнал-шум, позволяют определить области с параметрами «обнаруживаемых источников», а также расстояния, на которых они могут быть обнаружены.

Предложенные в статье аналитические выкладки и разработанные модели могут быть использованы на инженерном этапе проектирования систем обнаружения

Моделирование показывает реальную возможность обеспечения контроля трубопроводов с расстоянием до нескольких десятков километров между датчиками.

Можно с уверенностью констатировать, что развитие современной электроники позволяет надёжно обеспечивать обнаружение исключительно слабых источников, глубоко «спрятанных» в шумах, на огромных расстояниях, что делает сказку привычной реальностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тузов Г.И. Статистическая теория приёма сложных сигналов. М.: Сов. радио, 1977.
2. Болдырев В.А. Высококачественный широкополосный приёмный тракт. Моделирование в среде MATLAB. Оптимизация динамического диапазона и чувствительности. Современная электроника. 2006. № 2, 3.
3. Патент на полезную модель № 51751 «Предварительный усилитель для аналого-цифрового преобразователя». Приоритет от 22.08.2005. Патентообладатель ООО «Компания ИНКОМТЕХ». Автор В.А. Болдырев.
4. Барник В., Вендт, Каблов Г.П., Яковлев А.Н. Гидролокационные системы вертикального зондирования дна. Под ред. А.Н. Яковлева. Новосибирск: Изд. Новосибирского унив., 1992.
5. Гидроакустическая энциклопедия. Под общ. ред. В.Н. Тимошенко. Таганрог: Изд. ТРТУ, 1999.
6. Покровский Ю.О., Черниковская Г.Л. Разрешение гидроакустических эхосигналов от цели в грунте. Труды 7 международной конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». 8–10 июня 2004 г. СПб.

Новости мира News of the World Новости мира

Линейные регуляторы для автомобилей

Линейные регуляторы MAX6765/66/67/68/69/70/71/72/73/74 компании Maxim Integrated Products обеспечивают выходной ток до 100 мА и потребляют в режиме ожидания всего 31 мкА. Они предназначены для использования в автомобилях и промышленном оборудовании.

Эти устройства обладают превосходными характеристиками схем возврата и блокирования/включения, а также сторожевым таймером. Новые регуляторы сохраняют свои характеристики в диапазоне от -40 до 125°C и выпускаются в корпусах TDFN.

www.e7e.ru

Датчики давления от AST

Корпорация American Sensor Technologies выпустила новую серию герметичных подводных датчиков давления. Датчики AST4500 и AST4510 изготовлены из нержавеющей стали и рассчитаны на применение в суровых условиях в широком диапазоне температур.

Они соответствуют требованиям стандарта UL/cUL 913 (CSA) класс 1 Div 1, группы C и D, а также EN 61326 CE Approval. Новые датчики могут погружаться в жидкости, которые совместимы с кабелями 304 SS, 316L SS и Hytrel.

У обеих моделей центр тяжести смещён к конической носовой части. Они оснащены защитой от радиопомех до 100 В/м. Датчики рассчитаны на работу в диапазоне температур -20...+85°C и способны измерять давления до 100 фунтов на кв. дюйм. Напряжение на выходе составляет от 1 до 5 В, а ток - 4...20 мА.

www.e7e.ru

Регулятор постоянного тока от ON Semiconductor

Компания ON Semiconductor выпустила регуляторы постоянного тока NCP3063 и NCP3163. Эти устройства должны заменить микросхему MC34063, которая широко применяется для понижения, повышения и инвертирования напряжения с использованием архитектуры гистерезисного управления. По сравнению с MC34063, модель NCP3063 увеличивает частоту переключения от 50 до 150 кГц. Благодаря этому можно уменьшить ёмкость и размер выходного конденсатора (с 470 мкФ до 47 мкФ), а также индуктивность на 47 мкГн вместо 220. В результате удаётся сэкономить дополнительное место на плате.

Устройство NCP3163 также улучшает характеристики и увеличивает частоту пере-

ключения до 300 кГц. Это позволяет ещё более сократить размеры схемы и уменьшить расходы на внешние компоненты. Пиковый выходной ток достигает 3,4 А, тогда как у MC34063 лишь 1,5 А. Благодаря этому его можно использовать в системах, работающих при более высоких значениях тока.

Обе модели обеспечивают автоматическое выключение при превышении максимально допустимой температуры, а также ограничение силы тока. Эти защитные функции предохраняют от катастрофических отказов в работе.

Устройство NCP3063 по конфигурации выводов совместимо с микросхемами MC34063A и MC33063A и производится в корпусах SOIC-8 и PDIP-8 (планируется также выпуск в корпусе DFN-8). Устройство NCP3163 выпускается в корпусах SOIC-16 и DFN-18. Обе модели не содержат свинец.

www.e7e.ru

Новый диод Шоттки от Cree

Для повышения производительности инверторов, использующихся в электродвигателях и системах бесперебойного питания, компания Cree выпустила диод Шоттки CID150660 на основе карбида кремния. Новый диод рассчитан на силу тока 6 А и напряжение 600 В. Он комбинирован с 15-амперным кремниевым биполярным транзистором с изолированным затвором (IGBT).

CID150660 даёт разработчикам возможность повысить КПД при мощности до 3 кВт и уменьшить потери на переключение транзистора на 50%, а потери всего инвертора - на 25%.

Устройство обладает положительным температурным коэффициентом сопротивления и защитой от короткого замыкания, которая срабатывает в течение 10 мкс. Диапазон рабочих температур -55...150°C.

www.e7e.ru

Открытые резисторы для автомобилей

Корпорация TT Electronics разработала новую версию своих открытых токоизмерительных резисторов, которая отличается более высокой допустимой мощностью, чем традиционные устройства с металлическим резистивным компонентом.

Резисторы серии OARS-XP имеют более широкий резистивный элемент и обеспечивают превосходный температурный коэффициент. Они предназначены главным образом для использования в транспортных средствах. Также они могут использоваться в стеклоподъёмниках, топливных насосах, системах натяжения ремней без-

опасности и некоторых других системах.

Новые резисторы обеспечивают сопротивление от 2 до 50 МОм при отклонениях $\pm 1\%$ и $\pm 5\%$. Индуктивность не превышает 10 нГн. Диапазон рабочих температур -40...+125°C.

Имеются модели, соответствующие требованиям RoHS, а также джамперы с нулевым сопротивлением.

www.e7e.ru

Светодиод с углом расхождения луча 10°

Компания TT Electronics Optek Technology разработала светодиод с коллимированным лучом для работы с большими дистанциями. Инфракрасные светодиоды серии OP205CL отличаются очень узким углом расхождения луча и широким диапазоном рабочих температур.

Новые устройства состоят из светодиода на основе арсенида галлия и алюминия с высоким КПД, который вмонтирован в металлический корпус TO-46 с длинными выводами. Коллимированный пучок имеет угол расхождения 10°. Длина выводов составляет 34 мм, что позволяет отказаться от использования дополнительных проводов в большинстве изделий. Светодиод излучает свет с длиной волны 875 нм и рассчитан на работу в диапазоне температур -40...+100°C. Это даёт возможность работать в жёстких условиях промышленного производства.

www.e7e.ru

Твердотельные реле с высокой изоляцией

Компания Avago Technologies выпустила три семейства твердотельных реле, которые характеризуются наивысшим напряжением изоляции (3,75 кВт) и имеют миниатюрный корпус SO-4.

Устройства ASSR-1510/1511/152 (60 В, 1 А, 0,5 Ом) обеспечивают самую высокую скорость переключения среди 1-А твердотельных реле.

Все три семейства поддерживают работу в диапазоне температур -40...+85°C. Время переключения составляет 1 мс, динамическая устойчивость 1 кВ/мкс. Миниатюрный корпус даёт возможность сэкономить место на плате без ослабления изоляции.

Новые реле будут использоваться в таких системах, как цифровые платы ввода/вывода и аналоговые схемы в автоматизированном промышленном оборудовании и бытовой технике, средствах связи и системах безопасности.

www.e7e.ru