

*В.Д. ПРИХОДЬКО*, доц., НТУ “ХПИ”

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИОНОСФЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЗОНДИРОВАНИИ**

Пропонується методика, що дозволить збільшити точність вимірювань за рахунок більш точної оцінки та урахування потужності шуму при дослідженнях методом некогерентного розсіяння при імпульсному зондуванні. Вона базується на застосуванні змінення частоти гетеродину приймача поміж двома спеціально вибраними рівнями та введення окремого каналу для вимірювання потужності шуму.

Proposed methodology that allows you to increase the accuracy of measurement by measuring and reporting by incoherent scatter keypad sensing. It is based on the use of frequency heterodyne receiver between two specially selected levels and establishing a power of noise in studies separate channel for measuring power of noise.

**Постановка задачі.** При исследовании ионосферы методом некогерентного рассеяния все ее основные параметры и характеристики получают путем обработки экспериментально полученной информации о мощности  $P_c$  сигнала некогерентного рассеяния, его спектральной плотности мощности  $S_c(\omega)$  и автокорреляционной функции (АКФ)  $R_c(\tau)$  во всем интервале исследуемых высот. Возникает необходимость получения возможно более точной экспериментальной информации. Однако на выходе линейной части приемника сигнал некогерентного рассеяния присутствует в смеси с шумами космического и аппаратурного происхождения, а его интенсивность зависит от коэффициента усиления линейной части приемника. Поэтому для каждого любого элемента разрешения по высоте

$$P_c = P_{\text{сш}} - P_{\text{ш}}, \text{ а } R_c(\tau) = R_{\text{сш}}(\tau) - R_{\text{ш}}(\tau).$$

Индексы “сш” и “ш” соответствуют смеси сигнала и шума и шуму соответственно.

По существующей практике в качестве вычитаемых  $P_{\text{ш}}$  и  $R_{\text{ш}}(\tau)$  принимаются одинаковые для всех высот значения, полученные усреднением по нескольким участкам в конце развертки дальности, где предполагается отсутствие некогерентного излучения.

При импульсном зондировании изменение интенсивности шума на выходе линейной части приемника и коэффициента передачи линейной части приемника вызвано конечным временем восстановления разрядников антенного коммутатора, переходными процессами в бланкирующем узле и инерционностью полосового фильтра. В результате  $P_c$ ,  $R_c(\tau)$  и  $S_c(\omega)$  становятся функциями времени и описываются [1] с учетом импульсной переходной характеристики  $g(\tau)$ :

$$R_{\text{сш}}(\tau) = R_{\text{сш}}(t_1, t_2) = \int_0^{t_1} \int_0^{t_2} R_{\text{сш.вх}}((t_1 - \tau_1), (t_2 - \tau_2)) g(\tau_1) g(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2,$$

где  $R_{\text{сш.вх}}$  – значение АКФ на входе приемника.

**Цель статьи** – разработка методического решения, позволяющего более точно измерять мощность сигнала некогерентного рассеяния благодаря более корректному учету мощности шума в общем значении мощности смеси сигнала и шума для каждого элемента высотного разрешения и устранению зависимости оценки мощности на выходе линейной части приемника от изменения коэффициента усиления вдоль развертки дальности.

Предлагаемая разработка методики основана на изменении частоты гетеродина приемника между двумя специально выбранными уровнями и введении дополнительного отдельного канала для измерения мощности шума.

Поясняющие временные диаграммы приведены на рис 1. Диаграммы показаны для случая зондирования одиночным радиоимпульсом.

Зондирующий радиоимпульс излучается в пространство, начиная с момента “1” в интервале  $\tau_{\text{п}}$  с частотой  $\omega_{\text{п}} = \omega_0$  (временная диаграмма *a*). В интервале “1 – 2” частота гетеродина приемника  $\omega_r$  имеет значение также  $\omega_0$ . В результате преобразования в смесителе образуются две спектральные составляющие с частотами  $\omega_- = \omega_{\text{п}} - \omega_r = 0$  и  $\omega_+ = \omega_{\text{п}} + \omega_r = 2\omega_0$ . Значение  $\omega_+$  намного превосходит значение средней частоты  $\omega_{\text{опч}}$  полосы пропускания  $\Delta\omega_{\text{опч}}$  усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Таким образом, в интервале “1 – 2” преобразованные сигналы представлены спектрами, не попадающими в полосу пропускания УПЧ, не будут перегружать последующие каскады приемника. Роль антенного коммутатора свелась, по сути дела, к энергетической защите входных цепей приемника.

После окончания зондирующего радиоимпульса (в момент “2”) частота гетеродина устанавливается равной  $\omega_r = \omega_0 + \omega_{\text{опч}}$  (временная диаграмма  $\omega_r(t)$ ). В дальнейшем все входящие сигналы, в том числе и образованные рассеянием ионосферой зондирующего радиоимпульса с частотой  $\omega_0$ , образуют с сигналом гетеродина в смесителе сигналы, преобразованные на промежуточную частоту. Спектр этих сигналов укладывается в полосу пропускания (полосу прозрачности) УПЧ. На временной диаграмме *k* наличие спектральных составляющих в полосе пропускания усилителя промежуточной частоты представлено отрезками прямых  $c_1, c_2, c_3$ . Длина отрезка и его расположение во времени идентифицирует время наличия преобразованного сигнала, соответствующего определенному элементу высотного разрешения. Информация о сигналах  $c_1, c_2, c_3$ , пришедших с различных высот соответственно с запаздываниями  $t_{D1}, t_{D2}, t_{D3}$ , представлена на временных диаграммах *b, c, d*. Длительность преобразованного на промежуточную частоту сигнала  $c_1$  соответствует только части входного сигнала, принятого в интервале “1<sub>c1</sub> – 2<sub>c1</sub>”.

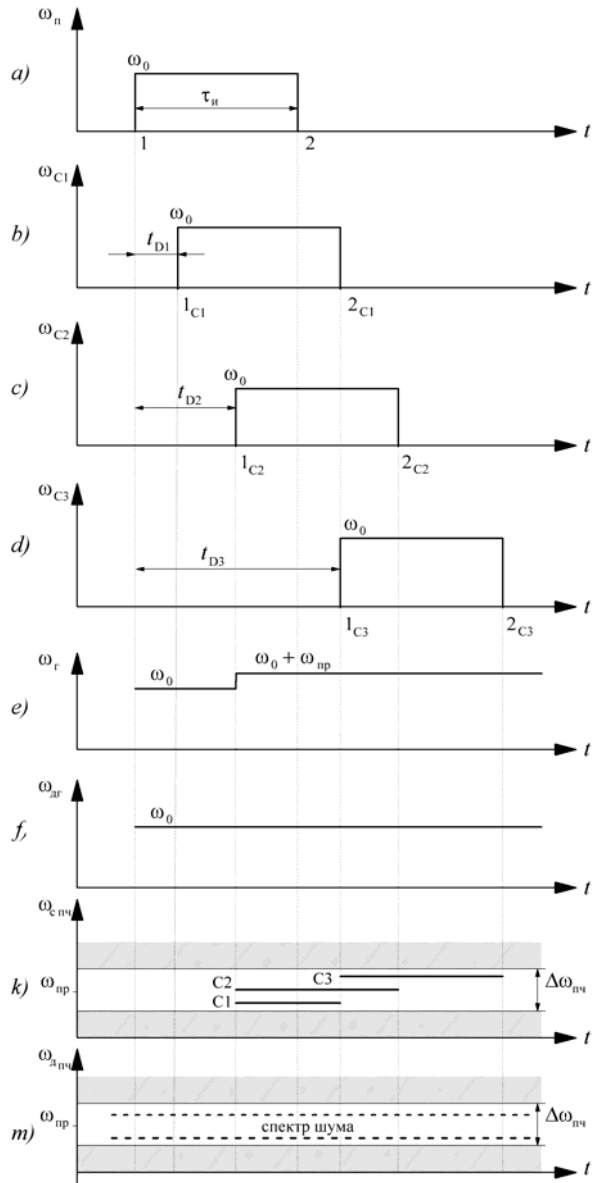


Рис. 1. *a)* частота передатчика; *b), c), d)* частота сигналов, принятых с высот  $H_1 \sim t_{D1}$ ,  $H_2 \sim t_{D2}$ ,  $H_3 \sim t_{D3}$  соответственно; *e)* частота гетеродина; *f)* частота дополнительного гетеродина; *g)* сигнал на выходе УПЧ; *h)* шум на выходе дополнительного УПЧ

Начиная с сигнала, принятого с запаздыванием большим, чем  $t_{D2}$ , спектры преобразованных сигналов соответствуют полной длительности зондирующего импульса.

Исследуемый интервал высот характеризуется монотонным изменением рассеивающих свойств среды. Среду можно рассматривать как распределенную в пространстве цель. Поэтому легко представить непрерывное по развертке дальности существование сигнала на выходе УПЧ. При каждом зондировании сигнал представляет собой случайный процесс, интенсивность которого в конкретном временном сечении определяется интенсивностью рассеяния на соответствующей высоте и шумами аппаратного и космического происхождения.

При измерении мощности  $P_c$  сигнала некогерентного рассеяния и его АКФ  $R_c(\tau)$  для конкретного значения высоты можно по указанному выше алгоритму учесть влияние паразитных шумов, если организовать параллельный основному канал с дополнительным гетеродином, имеющим частоту  $\omega_{д} = \omega_0$ . Технические показатели и характеристики смесителя и УПЧ параллельного канала должны быть такими же, как и в основном канале. Тогда, делая выборки одновременно для сигналов основного и дополнительного каналов, можно будет измерять  $P_{ш}$  конкретно для каждого элемента разрешения по высоте.

Надо отметить, что при этом появляется некоторая неточность. Это скорее эквивалент. Будут учитываться спектр космических шумов и шумов антенны в такой же полосе частот, но несколько отличающейся от полосы спектра сигнала по расположению его на оси частот. Средняя частота спектра шумового эквивалента будет на частотах, отличающихся от  $\omega_0$  на  $\omega_{опч}$ , где спектр сигнала некогерентного рассеяния отсутствует. Использование такого эквивалента можно считать оправданным, если учесть, что рассматриваемые шумы можно считать белыми относительно полосы пропускания УПЧ.

**Выводы.** Рассматриваемая методика дает возможность уменьшить погрешность, возникающую из-за различных переходных процессов, характерных для режима импульсного зондирования. Реализация предложенного технического решения хорошо сочетается со структурой радара НР и требует лишь незначительной его модернизации.

**Список литературы:** 1. Приходько В.Д., Черняк Ю.В. Уменьшение влияния аппаратных и космических шумов на точность измерений радаром некогерентного рассеяния // Вестник ХГПУ. – 1999. – Вып. 31. – С. 73 – 83. 2. Цилорик О.И. Определение уровня шумов из высотного профиля мощности // Вестник ХПИ. Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния. – 1980. – Вып. 2, № 170. – С. 38 – 44. 3. Жильяков Е.Г., Приходько В.Д. Оценка мощностей сигнала и шума // Вестник ХПИ. Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния. – 1986. – Вып. 4, № 234. – С. 27 – 30. 4. Герштейн Л.Я., Смагло Н.А. О возможности снижения минимальной исследуемой высоты // Вестник ХПИ. Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния. – 1980. – Вып. 2, № 170. – С. 52 – 58.

*Поступила в редколлегию 04.06.2010*