

Система локации иррегулярных сигналов геомагнитного поля

Н.В. Дорофеев

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»
602264, г. Муром, ул. Орловская, 23, тел.: (49234) 77-121, E-mail: itpu@mivlgu.ru

Неоднородность рассматриваемого геомагнитного поля при магнитотеллурическом зондировании с применением естественных сигналов геомагнитного поля Земли предполагает спектрально-пространственную неоднородность самого источника сигналов. В этом случае при обработке должно обеспечиваться выделение сигналов унитарных иррегулярных геомагнитных возмущений и возможность пространственной точечной аппроксимации источника с определенной статистической точностью. Поставленная задача решается на распределенной системе пеленгаторных пунктов с применением методики, основанной на предварительной частотной селекции и пространственно-временной регрессионной обработке информативных сигналов [1, 2].

Однако, для уменьшения алгоритмических ошибок при определении пространственно-временных параметров геомагнитных сигналов вводятся изменения в алгоритм работы пеленгаторных пунктов: в блоке предварительной обработки СВАН фильтрация заменяется на вейвлет фильтрацию, а выделение сигналов осуществляется на основе оптимального обнаружителя [3]. Обобщенный алгоритм работы измерительного пункта показан на рис. 1.

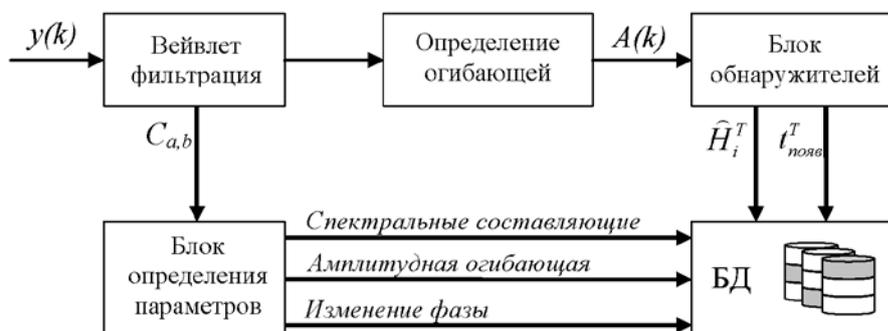


Рис. 1. Обобщенный алгоритм работы измерительного пункта

Выходной сигнал $y(k)$ с АЦП поступает на блок вейвлет фильтров. В качестве вейвлет функции оптимально использовать: Добеши 3 порядка, Симлета 3 порядка, Койфлета 1 порядка. Спектрально-временной состав сигнала определяется всем интервале присутствия сигнала из получившихся во время вейвлет преобразования коэффициентов разложения $C_{a,b}$.

Обнаружение информативных сигналов происходит на основе огибающей $A(k)$ отфильтрованного сигнала. Решающее правило для обнаружителей при этом имеет вид:

$$\Lambda = \sum_{k=1}^n (y(k) \cdot s_n(k)) \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} h' = \frac{\hat{H}_1 \cdot 2\sigma_0^2 \cdot \ln(h) + a^2 \cdot \sum_{k=1}^n s_n^2(k)}{2a}, \quad (1)$$

где $s_n(k)$ – обнаруживаемый нормированный по амплитуде сигнал определяемый из соотношений (2) и (3); a – максимальное значение амплитуды входной реализации $y(k)$; h – порог обнаружения; h' – нормированный порог обнаружения; σ_0^2 – дисперсия шума; A – отношение правдоподобия.

$$s_n(t) = \cos\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \text{ или } s_n(t) = 1 + \cos\left(\frac{\pi}{2T} + \frac{\pi}{2}\right), \quad (2)$$

где $s_n(t)$ – амплитудная огибающая формы затухающего цуга колебаний; T – длительность сигнала.

$$s_n(t) = \begin{cases} 1 - A_1 \cos(\omega_1 \cdot t), \text{ нпу } t \in \left[0; \frac{4T}{7}\right]; \\ A_2 \sin\left(\omega_2 \cdot \left(t - \frac{4T}{7}\right)\right), \text{ нпу } t \in \left(\frac{4T}{7}; \frac{6T}{7}\right]; \\ A_3 \cos\left(\omega_3 \cdot \left(t - \frac{6T}{7} + k\right)\right), \text{ нпу } t \in \left(\frac{6T}{7}; T\right]; \\ 0, \text{ нпу } t \notin [0; T], \end{cases} \quad (3)$$

где $s_n(t)$ – амплитудная огибающая «каплеобразной» формы; A_1 , A_2 и A_3 – амплитуды соответствующих гармонических функций; ω_1 , ω_2 и ω_3 – частоты соответствующих гармонических функций; t – время; T – длительность огибающей; k – поправочный коэффициент.

Расцененные блоком обнаружителей сигналы как информативные регистрируются совместно со своими оцененными параметрами в локальной базе данных. Каждый измерительный комплекс передает сведения о типе, времени и параметрах обнаруживаемых сигналах на центральный пункт, где происходит оценка эпицентральных зон геомагнитных возмущений.

Таким образом, применение полученных алгоритмов позволяет сократить вычислительные затраты при обнаружении источника иррегулярного возмущения электромагнитного поля и избежать смещения точечной оценки. Отличительной особенностью такой оценки является учет как погрешностей измерений на пеленгаторных пунктах, так и влияния отдельных спектральных составляющих на результаты анализа.

Предложенные алгоритмы дают возможность выделять сигналы геомагнитных пульсаций на станциях наблюдения в реальном масштабе времени с одновременной статистической оценкой их параметров на фоне помех.

Литература

1. Кузичкин О.Р., Благоев М.Н. Обнаружение сигнала иррегулярного возмущения на основе регрессионного анализа. – Радиотехника, 2006. - № 6.
2. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р. Алгоритм выделения иррегулярных возмущений геомагнитного поля на сети станций. - Математическое и программное обеспечение вычислительных систем. – М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007. – с. 28-32.
3. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р. Алгоритмы обнаружения и выделения Pi-2 сигналов в системах геодинамического контроля на основе вейвлет анализа. – Методы и устройства формирования и обработки сигналов в связи и локации. Радиосистемы №5, 2009.