

Дифференциальный приемник для выделения фазовых сдвигов полигармонического случайного сигнала ВП ЕЭМПЗ

■ Шайдуров Г. Я., Потылицын В.С., Сибирский Федеральный Университет

В статье описываются особенности работы приемника для выделения информации о потенциалах вызванной поляризации из естественного электромагнитного поля Земли (ВП ЕЭМПЗ), работающего на принципе измерения группового сдвига фаз шумового сигнала в диапазоне частот 1-20 Гц амплитудным методом.

В [1, 2] приведены результаты лабораторных исследований и полевых испытаний приемника для работы методом ВП ЕЭМПЗ с использованием дифференциальной приемной линии MON. Одним из основных узлов, определяющих качество обработки информации, является двухканальный аналоговый усилитель, обеспечивающий следующие технические требования:

1. Идентичность амплитудно-частотной и фазовой характеристики с точностью не хуже 1 %, в диапазоне температур (-20°C - +40°C);

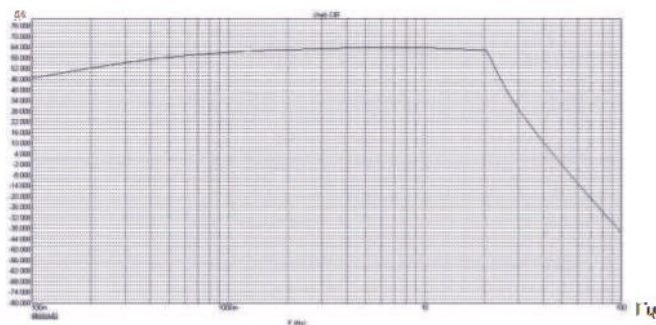
2. Чувствительность по уровню шумов не хуже 10 мкВ и коэффициент передачи порядка 80 дБ;

3. Избирательность по промышленным частотам не хуже 60 дБ по частоте 50 Гц;

4. Защиту от импульсных помех;

5. Входное сопротивление по каналам не менее 3 Мом.

На Рис. 1 приведена общая структурная схема приемника. Аналоговая часть выполнена на операционных усилителях INA128. Частотная фильтрация осуществляется за счет использования микросхем-фильтров на коммутируемых конденсаторах MAX297. Цифровая часть приемника выполнена на однокристальном микроконтроллере MSP430.

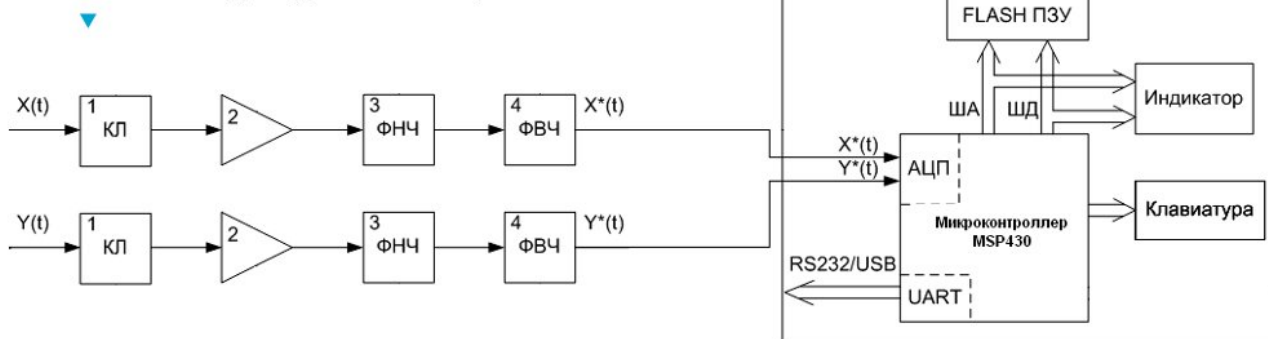


▲ Рис. 2 – Амплитудно-частотная характеристика аналоговой части приемника

На Рис. 2 дана частотная характеристика одного из каналов.

Алгоритм работы приемника заключается в выделении параметра поляризуемости

Рис. 1 – Структурная схема приемника



$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i(t) - \bar{k} \cdot y_i(t)]^2}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

где: $x_i(t)$, $y_i(t)$ - собственно дискретные выборки сигналов поступающие с каналов дифференциальной приемной линии;

n – число выборок;

k - адаптивный коэффициент минимизирующий разность сигналов

$x_i(t)$, $y_i(t)$

Представляя входные сигналы дискретными выборками:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi_{ix}) \quad (2)$$

$$y(t) = \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi_{iy}) \quad (3)$$

и ограничиваясь лишь двумя спектральными составляющими из рядов (2, 3) в предположении малого фазового сдвига в каналах $\varphi_x - \varphi_y \ll \varphi_x$, дисперсию разности в числителе (1) можно записать как:

$$\begin{aligned} \sigma_{x-y}^2 = & 4 \cdot [x(\varphi_{x1} - \varphi_{y1})^2 \cdot \cos^2(\omega_1 \cdot t + \frac{\varphi_{x1} + \varphi_{y1}}{2}) + \bar{k} \cdot y \cdot (\varphi_{x2} - \varphi_{y2})^2 \cdot \cos^2(\omega_2 \cdot t + \frac{\varphi_{x2} + \varphi_{y2}}{2}) + \\ & + 2 \cdot x \cdot \bar{k} \cdot y \cdot (\varphi_{x1} - \varphi_{y1}) \cdot (\varphi_{x2} - \varphi_{y2}) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t + \frac{\varphi_{x1} + \varphi_{y1}}{2}) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t + \frac{\varphi_{x2} + \varphi_{y2}}{2})] \end{aligned} \quad (4)$$

Увеличение числа членов ряда принципиально ничего не меняет и дисперсия наблюдаемой разности при обеспечении условия

$$[x(t) - \bar{k} y(t)]^2 \rightarrow \min$$

за счет автоматической подстройки коэффициента вариации $\bar{k}$ определяется суммой квадратов фаз разности фаз по всем спектральным составляющим входных сигналов $x(t)$ и $y(t)$.

Таким образом, измеряемый коэффициент поляризуемости η соответствует некоторой нелинейной функции группового запаздывания сигналов по времени между каналами x и y , то есть является индикатором инерционности границы раздела объекта поиска с окружающей ионопроводящей геологической средой.

Упрощенная блок схема программы микроконтроллера приводится на Рис. 3. Данная программа работает следующим образом. Сначала происходит включение прибора, после чего микроконтроллер переходит в режим ожидания замера. Кнопкой «Начало замера» запускается АЦП и происходит преобразование сигналов в цифровой вид с частотой 100 Гц. Далее, в режиме реального времени выборки сигналов записываются в ОЗУ, а затем осуществляется сравнение с предустановленным заранее временем замера.

Если время замера меньше предустановленного времени, то продолжается преобразование сигнала в цифровой вид и запись его в ОЗУ. Если время замера больше предустановленного времени, то все записанные сигналы попадают в цифровой фильтр, где осуществляется цифровая фильтрация сигнала. После чего вычисляется параметр η , который свидетельствует о вызванной поляризации рудного тела. Так же происходит оптимизация η по параметру k

Выводы

- Разработанный дифференциальный приемник электрических полей является универсальным устройством измерения либо группового фазового сдвига полигармонического сигнала, либо функции фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами, поступающими от датчиков компонент электрического либо магнитных полей, в достаточно широкой полосе рабочих частот;

- Использование подобного приемника возможно в разных методах электроразведки (ВП, МТТ, АФМАГ и др.), а также в комбинации с сейсморазведкой.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта П218

Литература

[1] Г. Я Шайдуров, Ю. Н. Козлов, Я. В. Маркушин, Дифференциальный метод извлечения информации о потенциалах ВП из ЕЭМПЗ, Геофизическая аппаратура, Л. Недра 1991, с. 35-42.

[2] Потылицын В. С., Шайдуров Г. Я., Влияние нестационарности и неоднородности поля теллурического на результат измерения параметра поляризуемости при работе методом ВПЕЭМПЗ, Приборы и системы разведочной геофизики, Изд. ЕАГО, Саратов, 2012, № 3, с. 44-46.

[3] Потылицын В. С., Шайдуров Г. Я., Кудинов Д. С., Некоторые результаты полевых испытаний метода вызванной поляризации на основе выделения информации из естественного электромагнитного поля Земли, Приборы и системы разведочной геофизики, Изд. ЕАГО, Саратов, 2012, № 4, с. 51-53

[4] Моисеев Н.Н., Иванчиков Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации М.: Наука, 1978. С.

[5] Н. А. Борисов, Г. Я. Шайдуров об использовании электромагнитных естественных полей для выделения потенциалов вызванной поляризации. Сб. трудов ВИТР, 1972, №81, с 50-55.

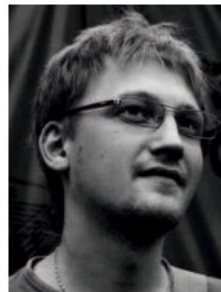
[6] А. Н. Борисов, Н. П. Воробьев, Г. Я Шайдуров. Корреляционное электроразведочное устройство, Авторское свидетельство 84682 от 14.04 1979.

Подробнее об авторах



Шайдуров
Георгий Яковлевич

Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Сибирского Федерального Университета (СФУ)



Потылицын
Вадим Сергеевич

Аспирант каф. радио-электронные системы СФУ