

Влияние нестационарности теллурического поля на результат измерения параметра поляризуемости при работе методом ВП ЕЭМПЗ

Потылицын В.С., Шайдуров Г. Я., Сибирский Федеральный Университет, г. Новосибирск

В электроразведке полиметаллических руд широкое распространение получил метод вызванной поляризации (ВП), заключающийся в возбуждении геологического разреза импульсным током с помощью заземленной линии и регистрации переходной характеристики электрического поля с использованием перемещающейся вдоль профиля наблюдений приемной линии.

Физической основой метода ВП является заряд границы раздела рудного тела с ионно-проводящей средой. Проходящий через среду поляризующий ток заряжает границу раздела, а на поверхности Земли помощью заземленных электрических диполей регистрируется потенциал разряда.

Однако применение метода ВП в горно-таежной местности осложняется необходимостью использования достаточно мощных источников поляризующего тока порядка 100 - 10000 Вт

и раскладки по профилю наблюдений длинной питающей линии (1-3 км), что обуславливает большие трудозатраты и стоимость работ. В [1] описан дифференциальный алгоритм извлечения информации ВП из поля ЕЭМПЗ (естественного электромагнитного поля Земли).

В [2, 3] изложены основы корреляционного метода извлечения информации ВП из естественного электромагнитного поля земли (ВП ЕЭМПЗ), который позволяет также исключить из работы питающую линию и возбуждающий генератор импульсов тока. При этом потенциал ВП выделяется путем обработки сигналов теллурического тока Земли в диапазоне частот 0-20 Гц.

Одной из основных проблем выделения потенциала ВП из поля ЕЭМПЗ является нестационарность этого поля по времени, спектру, амплитуды и т. п.

В дифференциальной установке указанная нестационарность минимизируется, поскольку размер приемных диполей МО, NO существенно меньше длины используемой волны и первичное поляризующее поле теллурического тока на приемных линиях может отличаться только по амплитуде за счет разброса кажущегося сопротивления георазреза.

Появление в георазрезе рудного тела изменяет спектральный состав ЕЭМПЗ, вносит дополнительный фазовый сдвиг в наблюдаемый сигнал, что в итоге приводит к изменению разности амплитуд шумовых сигналов, снимаемых с приемных электродов.

Остаточная разность амплитуд несет информацию о совместном фазовом сдвиге всех гармоник сигналов, снимаемых со смежных диполей МО и ON.

Ниже приводятся результаты модельных исследований по влиянию дополнительных импульсных помех, накладываемых на исходный шумовой сигнал в дифференциальной установке.

Симметричная трёхэлектродная электрическая линия MON, перемещаемая вдоль профиля наблюдений, является источником разностного сиг-

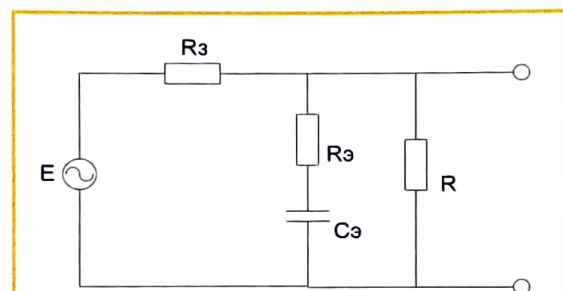


Рис. 1. Электрическая модель геологического разреза

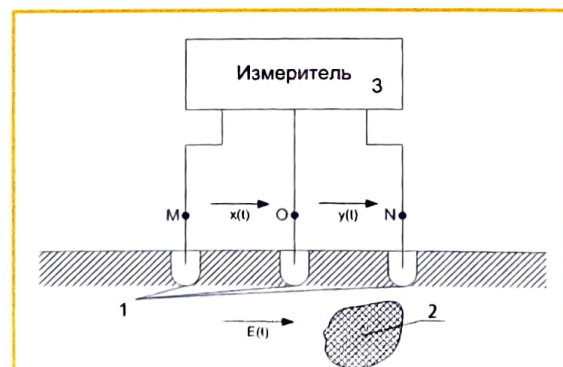


Рис. 2. Схема поисковой установки: 1 – неполяризующиеся электроды, 2 – рудное тело, 3 – измерительный прибор. $E(t)$ – поляризующее поле

нала. Информация о ВП содержится в величине относительной дисперсии разности сигналов, полученных с двух смежных приемных линий.

Для анализа использовалась математическая модель, представленная на рис. 1, где цепочка R_3, C_3 – имитирует двойной электрический слой на границе раздела электронный проводник – ионопроводящая среда.

На рис. 2 приведена схема поисковой установки.

Передаточная функция электрической модели, представленной на рис. 1, имеет вид:

$$K(s) = \frac{1 + s \cdot \tau_Y}{2(1 + s \cdot \tau_Y) + s \cdot T}, \quad (1)$$

где s – комплексная частота, $\tau_Y = C_Y \cdot R_Y$, $T = C_Y \cdot R$

В первом варианте исследование схемы рис. 3 проводилось в отсутствии поляризирующей цепи R_3C_3 .

На входы МО и NO относительно точки О подавался один и тот же шумовой сигнал, что позволяло взаимно компенсировать его на входе канальных усилителей.

В качестве параметра ВП использовалось соотношение:

$$\eta = \frac{\int_0^T (x(t) - k \cdot y(t))^2 dt}{\delta_x^2} = \frac{\delta_{x-y}^2}{\delta_x^2}, \quad (2)$$

где δ_{x-y}^2 – дисперсия разностного сигнала, δ_x^2 – дисперсия сигнала $x(t)$, k – подстраиваемый от микроконтроллера коэффициент компенсации

Заметим, что физической основой алгоритма (2) является появление разности амплитуд подаваемых сигналов $x(t)$ и $y(t)$ в случае добавления к одному из них фазового сдвига за счет инерционной цепочки R_3C_3 . В отсутствие этого фазового сдвига, появляющегося за счет эффекта ВП, разность этих сигналов стремиться к 0 независимо от их формы.

$$\int_0^T (x(t) - k \cdot y(t))^2 dt \rightarrow 0. \quad (3)$$

Добавление к сигналу исходного шумового поля ЕЭМПЗ какого-либо другого случайного сигнала – импульсного, узкополосного и т. д. (в дальнейшем “помехи”), имитировало нестационарность исходного поля, а измерение параметра η соответственно позволяло оценить влияние нестационарности поляризирующего шумового поля на результат измерений.



Рис. 3. Структурная схема измерений K_y и K_x передаточные характеристики тракта МО и ОН, K_g – передаточная характеристика имитатора рудного тела, η – подстроечный коэффициент. Гп – генератор шумового поля и помех

Условие $\delta_{(x-ky)}^2 \rightarrow \min$ реализовывалось при помощи автоматической оптимизации коэффициента k на основе метода Пауэлла.

Далее приводятся зависимости коэффициента η от изменения длительности мешающего импульса.

Наболее интересным представляется случай, когда “помеха” присутствует в обоих каналах, но имеются небольшие отклонения либо по амплитуде, либо по времени задержки или по длительности импульса.

На рис. 4 приведена зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса, добавленного во второй канал, при различных соотношениях сигнал/помеха (q_x, q_y). В первый канал добавлен видеоимпульс длительностью 1 с.

Как видно из графика, при подаче импульсов одинаковой длительности в каналы, наблюдаемый коэффициент η равен 0. С увеличением длительности мешающего импульса в одном из каналов относительно длительности импульса второго канала, наблюдаемый коэффициент η возрастает пропорционально изменению длительности импульса.

С уменьшением соотношения сигнал/помеха изменение длительности импульса вносит больший вклад в наблюдаемый коэффициент.

Как видно из графика, изменение длительности импульса слабо влияет на конечный коэффициент η , потому что даже в худшем случае, когда амплитуда помехи в 3 раза больше исходного шумового сигнала и при значении коэффициента $\eta = 0,1$, длительность импульса должна быть в 3 раза больше.

На рис. 5 приведена зависимость коэффициента η от амплитуды импульсной помехи при различных соотношениях сигнал/шум. В первый

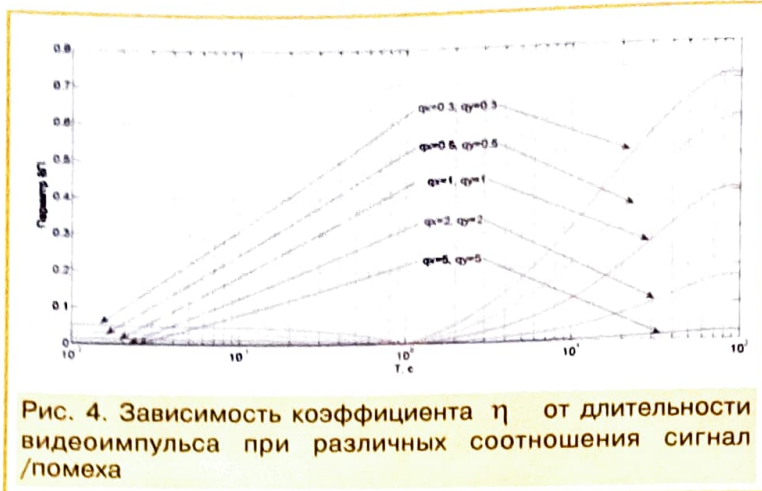


Рис. 4. Зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса при различных соотношениях сигнал/помеха

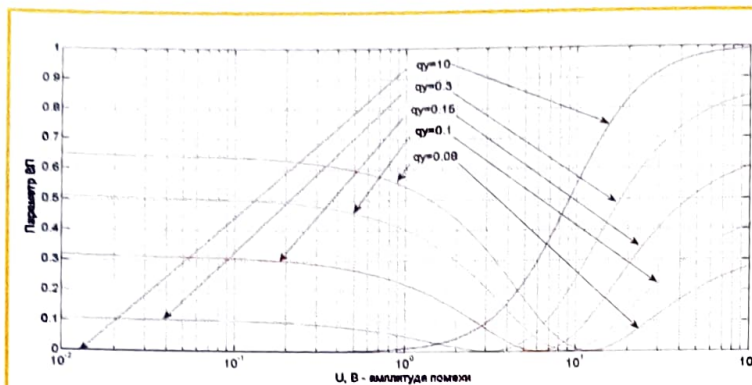


Рис. 5. Зависимость коэффициента поляризации Π от соотношения сигнал/шум

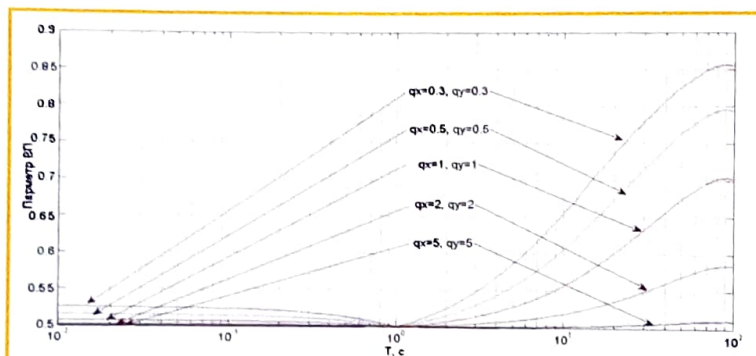


Рис. 6. Зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса при различных соотношениях сигнал-помеха с учетом наличия инерционной цепочки $R\epsilon C\epsilon$

канал добавлен видеоимпульс длительностью 1с.

Как видно из графика, изменение амплитуды импульса влияет на измеряемый коэффициент. В среднем для достижения $\eta=0.1$, значения разности амплитуд помехи в разных каналах должны отличаться в 2-3 раза, при том что соотношение сигнал/шум < 1 . При значениях сигнал/шум $\gg 1$ влияние данных изменений можно считать пренебрежительно малым.

Во втором варианте исследования проводились при наличии иммитатора эффекта ВП, то есть с учетом наличия в модели рис. 1 инерционной цепочки с постоянной времени $R\epsilon C\epsilon = 0,07$ с.

Как видно из рис. 6 инерционная цепочка $R\epsilon C\epsilon$ внесла дополнительный сдвиг по фазе, что привело к увеличению коэффициента до значения 0.5. Во всем же остальном данные кривые полностью повторяют кривые рис. 4, что означает, что нестационарность поляризирующего поля не влияет на результат измерений ВП – параметра.

Из приведенных выше графиков можно сделать следующие выводы:

- В дифференциальной установке влияние импульсных помех будет тем сильнее, чем больше длина измерительных линий МО и ОН;

- Основной вклад в ошибку измерений вносит разница по амплитуде помех в смежных каналах;

- Для выделения аномалий ВП принципиально возможно использование любых видов шумовых сигналов, в том числе импульсных и узкополосных помех.

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. Н. А. Борисов, Г. Я. Шайдуров об использовании электромагнитных естественных полей для выделения потенциалов вызванной поляризации. Сб. трудов ВИТР. 1972, №81, с 50-55.
3. А. Н. Борисов, Н. П. Воробьев, Г. Я. Шайдуров. Корреляционное электроразведочное устройство. Авторское свидетельство 84682 от 14.04 1979.