

C18

Electrical Resistivity Tomography-A Source Focusing Approach

A.E. Kaminsky* (KGE Astra) & K.V. Titov (KGE Astra)

SUMMARY

Comparison of results to a standard technique of an electrotomography shows considerable advantage of a new direction.

Несмотря на бум электрической томографии в России и странах бывшего СНГ, на Западе данное направление достигло пика своего развития. Индикатором этому служат многочисленные публикации, представляющие новые направления, практически не улучшающие разработки 20 летней давности. Также наблюдается тенденция к усложнению математических моделей описания геоэлектрических сред.

Важнейшим параметром, характеризующим геофизический метод, является его разрешающая способность. По сути, этот параметр позволяет сказать, сможем ли мы решить ту или иную геологическую задачу. В электрической томографии в целом, как и во всей электроразведке, разрешающая способность метода падает с глубиной по закону близкому к экспоненциальному. Такая ситуация затрудняет выявление сравнительно объектов на глубине. Обычно, для достижения необходимого разрешения и глубины требуется существенное увеличение количества разносов.

Часто возникает необходимость проведения электротомографических работ на небольших ограниченных участках. Большой интерес вызывают исследования геоэлектрического разреза под трассами автомобильных дорог, где заземление кос невозможно и стандартная методика зачастую не дает хороших результатов.

Мы предлагаем новую методику, существенно расширяющую возможности современной электротомографии. Суть методики заключается в регистрации напряжения в приемной косе при различной конфигурации первичного поля. Источником поля являются два положительных заряда расположенные на земной поверхности. В зависимости от силы тока пропускаемого через каждый питающий электрод, конфигурация нормального поля изменяется.

Структура первичного поля сильно меняется в зависимости от значений пропускаемого через питающий диполь тока. Можно показать, что при изменении значения силы тока в одном из питающих электродов от единицы до нуля, распределение потенциала соответствует переходу от квазивертикального диполя к точечному источнику (рис. 1). Попадание неоднородностей в область сильного нелинейного изменения первичного поля влияет на его структуру и результаты измерений. Таким образом, мы получаем дополнительный механизм “подсветки” геоэлектрических объектов, за счет изменения структуры нормального поля.

Данный подход предложен Н.И. Рыхлинским, применительно к электрокаротажу скважин [1]. В своих работах автор представляет установку зонда, в первичном поле которого преобладает компонента перпендикулярная к стволу скважины.

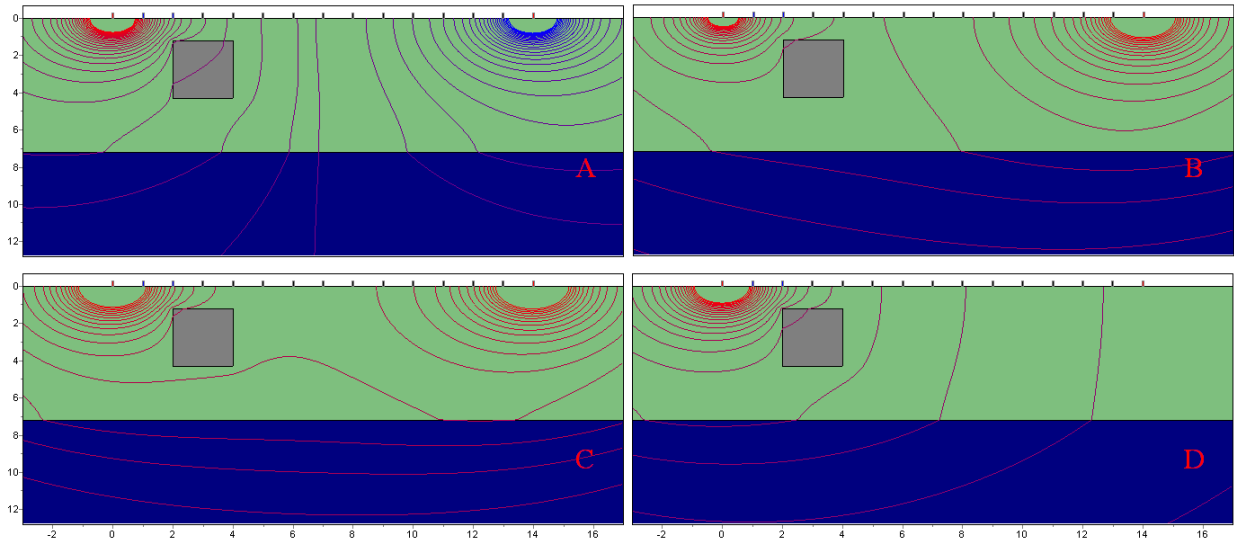


Рисунок 1. Электрический потенциал в среде. *A* – стандартная установка с разнополярными источниками ($I=+1,-1$), *B* – установка с двумя однополярными источниками ($+1,+0.5$), *C* – установка с двумя однополярными источниками ($+1,+1$), *D* – установка с одним питающим электродом ($+1,0$).

Техническая схема предлагаемой методики достаточно проста (рис. 2). Один из питающих электродов относится на “бесконечность” перпендикулярно направлению приемной косы. Второй питающий конец провода имеет два заземления (питающая линия). Сила тока, пропускаемого через каждое заземление, контролируется двумя вольтметрами и специальным реле.

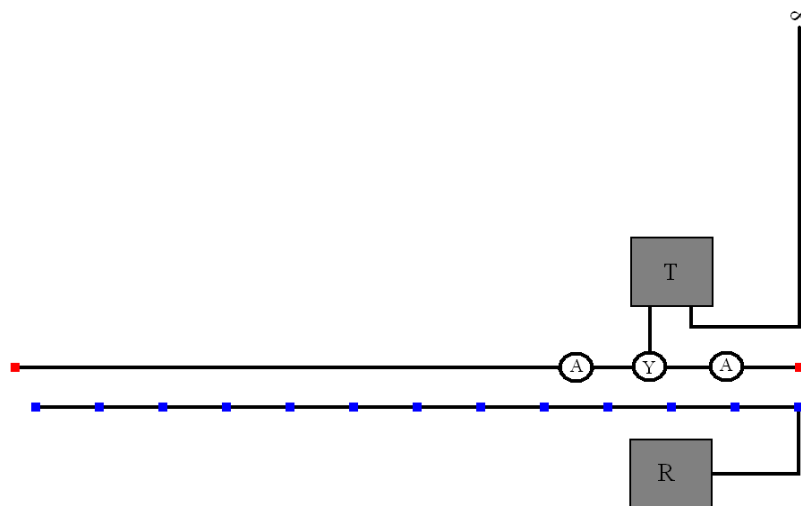


Рисунок 2. Принципиальная схема электротомографических измерений с фокусировкой первичного поля. *T* – генератор, *R* – измеритель, *A* – амперметр, *Y* – реле.

Для тестирования предлагаемой методики была использована программа ZondRes2d, адаптированная для случая однополярных источников. Результаты численного моделирования электрического поля показали устойчивую зависимость чувствительности системы от размера

питающей линии. Для выявления этой зависимости был проведен анализ разрешающей способности различных систем наблюдений, в том числе и стандартных.

При исследовании разрешающей способности системы использовался параметр интегральной чувствительности для однородного полупространства.

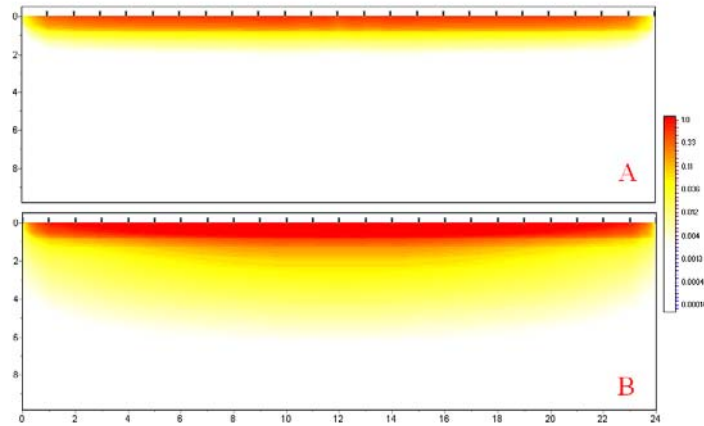


Рисунок 3. Распределение интегральной чувствительности в среде. *A* – измерительная система со встречными диполь-дипольными установками (250 измерений), *B* – измерительная система с фокусировкой первичного поля ($4 \cdot 80 = 320$ измерений, $AB = 12$).

Сопоставление результатов (рис. 3) показывает почти пятикратное увеличение чувствительности (при шестикратном уменьшении количества уникальных положений источников) при использовании предлагаемой методики. Количество измерений возрастает за счет использования нескольких значений силы тока $((+1,+1), (+1,+0.5), (+1,0), (+0.5,+1))$.

Из анализа чувствительности следует, что размер питающей линии определяет область относительно сильных флуктуаций первичного поля. В связи с этим измерения, произведенные вдали от этой области для различной системы токов, практически не несут дополнительной информации.

В результате многочисленных экспериментов было выявлено, что для получения наилучших результатов необходимо использовать несколько длин питающих линий в одной системе измерений. В этом случае получается оптимальное распределение чувствительности для разномасштабных структурных этажей.

На следующем этапе тестирования производилась инверсия синтетических данных полученных для типичных геоэлектрических разрезов. Были выбраны следующие модели: высокоомный блок в разрезе типа К (А), низкоомный вертикальный пласт в разрезе типа Н (В), наклонно-слоистая среда перекрытая низкоомным слоем (С). В качестве стандартной системы измерений использовался сет данных со встречными диполь-дипольными установками. Для восстановления геоэлектрического разреза применялся алгоритм инверсии по методу наименьших квадратов в модификации Оссам [2]. Непосредственно перед решением обратной задачи на все данные накладывался пятипроцентный гауссовский шум.

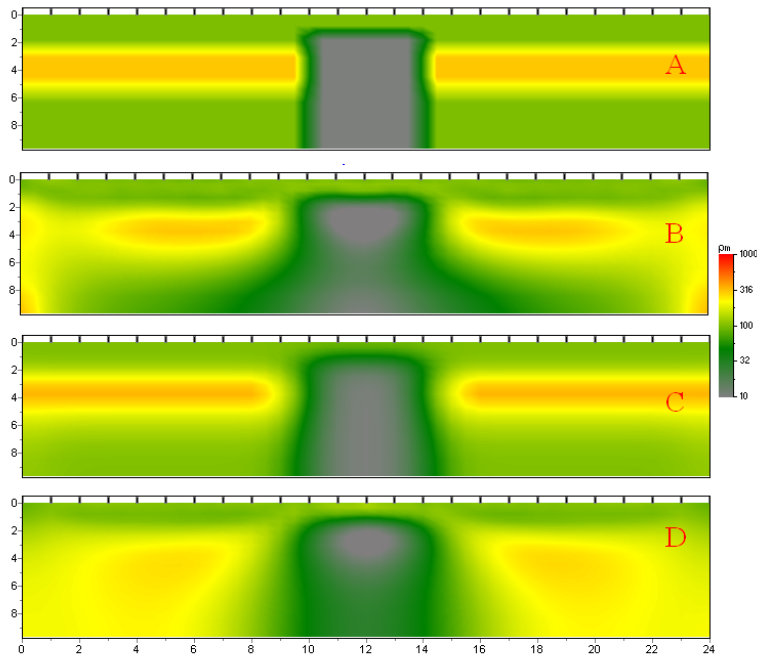


Рисунок 4. Результаты инверсии для модели (B). A – исходная модель, B – результат инверсии для системы с фокусировкой первичного поля (320 измерений, $AB=12$), C – результат инверсии для системы с фокусировкой первичного поля (440 измерений, $AB=12$, $AB=6$), – результат инверсии для стандартной системы (250 измерений).

При сопоставлении результатов инверсии, наилучшее соответствие с исходной моделью выявлено у системы с фокусировкой первичного поля для всех моделей (Рис.4). Наилучшие результаты были получены для системы с двумя приемными линиями (C).

Расчет кажущихся сопротивлений осуществляется подобной классической формуле для четырех электродной установки, с тем лишь отличием, что в качестве множителей выступают значения силы тока. Кажущееся сопротивление, в некоторых случаях может менять знак. Особенно это характерно для измерений в центре питающей линии. Поэтому при инверсии данных лучше всего использовать логлинейный масштаб измерений.

Результаты нашего тестирования позволяют сделать вывод о том, что предложенная методика позволяет существенно улучшить разрешающую способность электрической томографии. Ее применение может быть полезно в тех случаях, когда работы ведутся в условиях ограниченного пространства.

К негативным особенностям обсуждаемой методики следует отнести необходимость учета знака разности потенциалов. Для учета знака измерений можно использовать кабель синхронизации между измерителем и генератором, входящий в состав большинства комплектов современной электроразведочной аппаратуры.

Ссылки

1. Рыхлинский Н. И., Способ дивергентного каротажа скважин. Пат. СССР 333514. Бюллетень изобретений № 11. 1972.
2. deGroot-Hedlin C. and Constable, S.C. 1990, Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data. Geophysics, 55, 1613-1624.