

О РАЗРАБОТКЕ АППАРАТУРНОГО КОМПЛЕКСА ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЙ СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ТОКАМИ

Б. П. Балашов, В. С. Могилатов

В 80 - 90-х годах в СНИИГГиМСе успешно разрабатывались теория и методика работ в области нестационарных электромагнитных полей: МПП - Г. А. Исаев, В. В. Филатов, В. С. Могилатов, ЗСБ - Б. И. Рабинович, А. К. Захаркин, ВП и наземно-скважинная электроразведка - В. С. Моисеев, О. Ф. Тараторкин. Наряду с теоретическими и методическими был выполнен ряд удачных аппаратурных разработок ("Цикл-2", "Цикл-4", "Цикл-Микро"). Методические и аппаратурные разработки были успешно использованы в регионах европейской части России, Урала, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, Казахстана, Средней Азии.

Накопленный научно-технический потенциал позволил сделать качественный шаг в области электроразведки: перейти к разработке метода зондирования вертикальными токами (ЗВТ) [5] и

созданию аппаратурно-методического комплекса (электроразведочной системы) для его осуществления.

В отличие от методов ЗСБ, МПП и ВП, использующих традиционные источники: индуктивный - незаземленная петля и совмещенный (индуктивный и гальванический) - линия АВ, в разрабатываемом методе ЗВТ применяется чисто гальванический источник (рис. 1). Круговой электрический диполь (КЭД) [2, 4] создает в земле систему токов, замыкающихся в вертикальных плоскостях, т. е. его поле ортогонально полю петли (в горизонтально-слоистой среде) [5]. В горизонтально-слоистой среде поле осесимметрично и имеет три компоненты: E_r , H_ϕ и E_z . На земной поверхности присутствует только радиальная компонента электрического поля, а магнитное поле возникает лишь в случае нарушения осе-

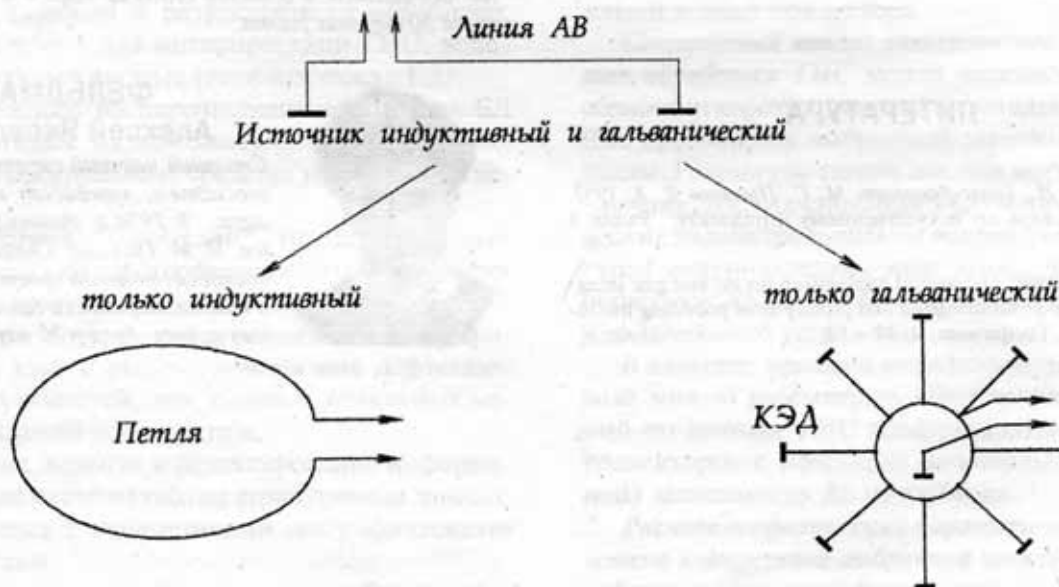


Рис. 1. Три типа источников в электроразведке

вой (относительно центрального электрода) симметрии среды. Поскольку на земной поверхности сопротивление среды в пределах установки может быть различным, возникла необходимость выравнивать токи в лучах КЭД для получения максимально вертикальной конфигурации поля. КЭД был доработан, что позволило автоматически задавать ток в лучах установки и поддерживать равные токи в течение длительного времени. Кроме того, появилась возможность управлять создаваемым полем при работе методом вертикальных токов, а также реализовывать другие электрические источники. В частности, представляют интерес

известные электрические линии AB различной ориентации. Следовательно, работы по методу ЗВТ можно сопровождать другими методами (ЗСБ в варианте "АВ-петля", ЗС, ВП), например так, как показано на рис. 2. При работах методом наземно-скважинной электроразведки можно заземлить центральный электрод в скважине [3] и изучать околоскважинное пространство, а путем выравнивания токов в лучах установки добиваться минимального сигнала становления или практически полного его отсутствия в суммарном сигнале становления и ВП.

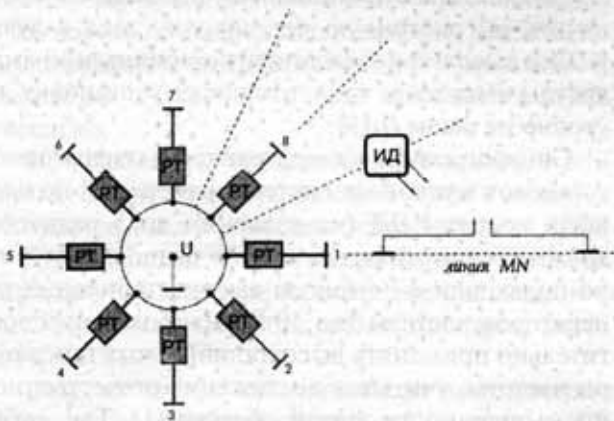


Рис. 2. Управляемый круговой электрический диполь в варианте ЗСП и ВП:
1 - 5, 2 - 6, 3 - 7, 4 - 8 - линии AB ; РТ - регулятор тока; ИД - индукционный датчик

Электроразведочная система для ЗВТ включает (рис. 3):

- управляемый круговой электрический диполь (УКЭД);
- генератор тока электроразведочный типа ГТЭ-45 или УГЭ-50;
- электроразведочные измерители для методов ЗСБ и ВП.

Как указывалось выше, на земной поверхности имеется только радиальная составляющая электрического поля E_r , а магнитное поле возникает только в случае нарушения горизонтально-слоистой структуры разреза. Следовательно, измерительная установка для ЗВТ должна регистрировать как электрическую, так и магнитную составляющие поля. При этом измерение электрической составляющей поля существенно не отличается от традиционных измерений ВП. Математическое и физическое моделирование обнаружения локального объекта и нарушений горизонтально-слоис-

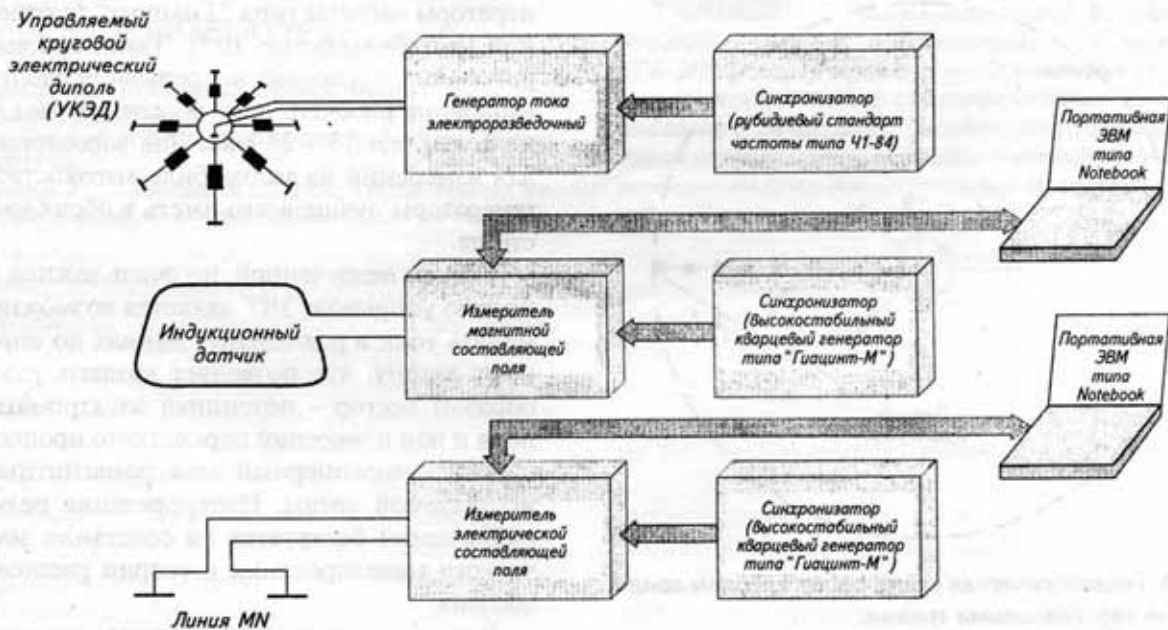


Рис. 3. Электроразведочная система для ЗВТ

той структуры среды при измерениях магнитной составляющей поля показало, что в этом случае наблюдается прямое поле от объекта.

Таким образом, требования к измерению магнитной составляющей несколько изменяются. Во-первых, полоса пропускания измерительного канала может быть значительно уже, а в принципе, нам важно зарегистрировать максимальные значения сигнала по площади $S = 5R$ (рис. 4) (где R - длина луча, радиуса, установки КЭД). Во-вторых, регистрацию лучше всего вести в равномерной шкале диапазона времени измерения, чтобы точнее определять максимальные значения сигнала прямого поля. Кроме того, равномерная шкала времен измерения переходного процесса позволит в полной мере использовать возможности цифровой фильтрации при обработке сигналов и помех.

Следует отметить, что при измерении сигнала прямого поля остаются те же проблемы подавления помех, что и при измерении переходного процесса, а именно, подавление собственных шумов, импульсных помех с распределением Пуассона и периодической частоты 50 Гц. Кроме того, измерительный канал магнитной составляющей поля должен иметь компактный (жесткий) датчик, который дает возможность не только производительно выполнять измерения, но и регистрировать радиальную (горизонтальную) компоненту магнитного поля, что позволяет судить о форме локального объекта.

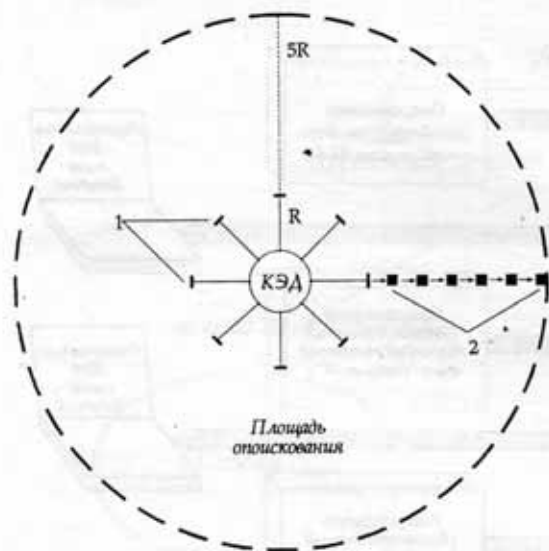


Рис. 4. Технологическая схема работ методом зондирования вертикальными токами:
1 - расстановка кругового электрического диполя; 2 - точки исследований вдоль радиального профиля

В условиях сильно пересеченной местности в арктических районах и с целью увеличения производительности работ измерения магнитных составляющих поля можно проводить аэрометодом.

Такая работа была выполнена в СНИИГГиМС в рамках темы по АМПП-ЗИ (аэровариант метода переходных процессов с закрепленным источником).

Появление магнитной составляющей поля, как указывалось выше, связано с нарушением горизонтальной однородности разреза, а нормальное поле отсутствует. При разбалансе токов в лучах установки появляются мощные нормальные магнитные поля. Поэтому для высокой компенсации нормального магнитного поля необходимо обеспечить высокоточную регулировку тока в лучах КЭД и высокий коэффициент стабилизации амплитуды импульсов тока, питающего установку, на уровне не выше 0,1%.

Синхронизация измерительной и генераторной установок в условиях системы измерений по площади вокруг КЭД (на удалении до 5 радиусов) должна осуществляться или по радиоканалу, или по полю, или с помощью высокостабильных генераторов частоты (до 10^{-8}). Наиболее предпочтительно применять высокостабильные генераторы частоты, учитывая достижения отечественной промышленности в этой области [1]. Так, рубидиевые стандарты частоты типа Ч1-84 имеют относительную нестабильность 10^{-12} , массу - 1,3 кг, а объем - 1 дм³. Для пешеходного варианта измерений по площади, предпочтительно иметь высокостабильный генератор типа Ч1-84, а в измерителях устанавливать более дешевые кварцевые генераторы частоты типа "Гиацинт" (с относительной нестабильностью 10^{-8}). Такая система синхронизации в условиях непрерывной работы до 4 ч (половина рабочего дня) обеспечит уход частоты не более чем 15 - 20 мкс. Для аэроварианта или для измерений на автомобиле высокостабильные генераторы лучше всего иметь в обеих частях системы.

Совсем неизученной, но очень важной особенностью установки ЗВТ является возможность изменять токи в радиальных линиях по определенному закону, что позволяет вращать различным образом вектор - потенциал электромагнитного поля и при измерении переходного процесса фиксировать многомерный электромагнитный образ исследуемой среды. Интерпретация результатов наблюдений базируется на сочетании математического моделирования и теории распознавания образов.

В заключение следует отметить, что аппаратный комплекс для ЗВТ, в принципе, включает

аппаратуру для методов ЗСБ, МПП и ВП и управляемый круговой электрический диполь. Это позволяет полностью использовать накопленный опыт, что снизит затраты на разработку.

Измерительная установка будет содержать автономный измеритель, а для измерения магнитной составляющей поля необходимо использовать жесткий компактный индукционный датчик поля. Это позволяет проводить независимые измерения магнитной и электрической компонент поля, легко наращивать каналность, что в конечном счете резко повысит производительность поисковых работ.

При поисках в обширных районах установку для измерения магнитной компоненты поля можно располагать на летательном аппарате. Физическое моделирование показало, что при измерениях на высоте 30 - 50 м сигнал будет ослабляться незначительно.

При разработке генератора тока основное внимание следует уделять стабилизации амплитуды импульсов тока питающего напряжения.

Для синхронизации измерительной и генераторной установок целесообразно использовать высокостабильные рубидиевые стандарты частоты типа Ч1-84.

Важной частью системы будут методические указания по проведению работ ЗВТ, в т. ч. ЗСБ, МПП, ВП и наземно-скважинной электроразведки, и пакет программ для интерпретации в горизонтально-слоистых средах по каждому из методов, привязанных к электромагнитному образу исследуемой среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малогабаритный рубидиевый стандарт частоты Ч1-84, 1992: Проспект НИИПИ "Кварц".
2. Могилатов В. С., 1982, Способ геоэлектроразведки: Патент РФ 1062631.
3. Могилатов В. С., Балашов Б. П., 1992, Способ прямых поисков геологических объектов и устройство для его осуществ-

ления: Решение о выдаче патента РФ 5036926/25 (017782).

4. Могилатов В. С., 1992, Круговой электрический диполь - новый источник для электроразведки: Физика Земли, 6, 97 - 105.

5. Могилатов В. С., Балашов Б. П., 1994, Зондирования вертикальными токами ЗВТ: Физика Земли, 6, 73 - 79.

ОБ АВТОРАХ



БАЛАШОВ
Борис Петрович

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС).

Окончил в 1971 г. Новосибирский электротехнический институт по специальности радиотехника. Участвовал в разработке каротажной, сейсмокаротажной и электроразведочной техники. Автор и соавтор 28 изобретений и ряда научно-технических публикаций.



МОГИЛАТОВ
Владимир Сергеевич

Старший научный сотрудник Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС).

В 1968 г. окончил Новосибирский государственный университет по специальности физика. В соавторстве разработал комплекс математического обеспечения для ЗСБ-МПП. Автор третьего типа источника (кругового электрического диполя) в электроразведке. Занимается созданием и внедрением в практику геофизических работ нового метода электроразведки - зондирования вертикальными токами. Автор и соавтор 20 научных публикаций и 10 изобретений.