

УДК 621.371:550.837.6

МЕТОДЫ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

Д.В. ГОЛОЛОБОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 18 января 2008

Приведены сведения о методах поиска анизотропных объектов на основе регистрации амплитудных, частотных и пространственных параметров электродинамических сигналов при создании искусственного магнитного поля.

Ключевые слова: углеводородная залежь, искусственное подмагничивание, геомагнитное поле, пространственный наклон, комбинационный элемент тензора.

Введение

Результаты исследований, проведенных в [1], свидетельствуют о влиянии величины и направления геомагнитного поля на электродинамические параметры среды, находящейся над углеводородными залежами (УВЗ). Воздействие на анизотропные образования дополнительного подмагничивания приводит к изменениям аномалий электромагнитного поля на их границах.

Методы исследования УВЗ с использованием магнитных измерений

В практике электроразведки на углеводороды применяются скважинные (подземные) методы с использованием магнитных катушек. Для проведения индукционного каротажа в скважину опускается зонд, состоящий в простейшем случае из двух катушек, расположенных коаксиально на некотором расстоянии друг от друга. По одной из катушек — генераторной, пропускается переменный ток, в другой катушке — приемной, индуцируется э.д.с., пропорциональная магнитному потоку, пронизывающему катушку, определяемому числом витков, частотой магнитного поля и пр. [2].

При помещении зонда в однородную проводящую среду в окружающей среде под действием магнитного поля генераторной катушки возникают вихревые токи, которые протекают по кольцевым линиям, оси которых совпадают с осью катушек. Индуцированные токи создают вторичное поле, которое накладывается на поле передающей катушки. Суммарное магнитное поле индуцирует в приемной катушке э.д.с., которая сдвинута в генераторной катушке по фазе относительно тока на определенный угол (как правило, 90° и более). Величина наведенной э.д.с. в приемной катушке зависит от магнитной проницаемости среды, частоты и величины магнитного потока и удельной проводимости среды.

Каротаж незаменим при исследовании скважин, пробуренных с использованием растворов на нефтяной основе. Заполнение скважин непроводящим раствором создает определенные сложности для проведения электрического каротажа и не препятствует индукционному.

Скважинные методы помимо оценки диэлектрической проницаемости позволяют определять коэффициенты водонасыщенности и пористости пород. При этом данные методы имеют

ряд преимуществ при определении удельной электрической проводимости по сравнению с другими методами электроразведки.

Методы, основанные на измерениях уровней магнитных составляющих поля вдоль оси скважины, могут быть реализованы по структурной схеме измерительной системы, приведенной на рис. 1.

В общем случае схема строится по многоканальному принципу и содержит излучающую и измерительные катушки, которые располагают на оси скважины на различных расстояниях z . При этом производится регистрация сравнений амплитудных и фазовых значений магнитных компонентов поля измерительных катушек.

В методе диэлектрического индукционного каротажа (ДИК) производится измерение модуля разности амплитуд вторичного поля на частотах 20–30 МГц. По зависимости полученной разности от удельного сопротивления определяют диэлектрическую проницаемость околоскваженного пространства. Американская модификация способа предполагает измерения разности амплитуд поля на частоте 32 МГц с дополнительной регистрацией поля на частоте 16 МГц одной из измерительных катушек.

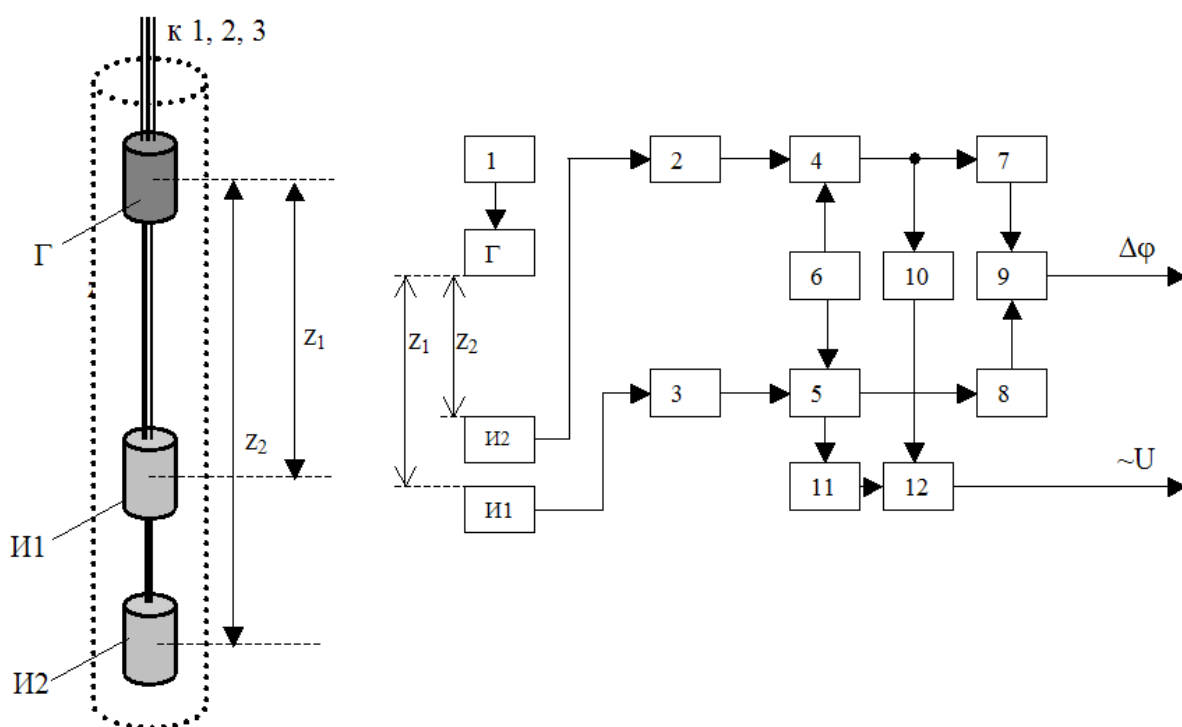


Рис. 1. Структурная схема каротажной аппаратуры (двухканальный вариант): Г — излучающая катушка; И1, И2 — измерительные катушки; z_1 , z_2 — расстояние между катушками; 1 — генератор; 2, 3 — усилители радиочастоты; 4, 5 — смеситель; 6 — гетеродин; 7, 8 — усилитель-ограничитель; 9 — измеритель фазы; 10, 11 — сглаживающий фильтр; 12 — схема сравнения

Волновой диэлектрический каротаж (ВДК) основан на возбуждении в скважине электромагнитного поля, формируемого источником (прямая волна) и частично отраженной от стенок скважины ЭМВ (боковая волна). Скорость распространения боковой волны не отличается от скорости в породах и критический угол, соответствующий ее образованию, определяется отличием горных пород. Проницаемость определяется по зависимости этого угла от удельной проводимости. При реализации метода используют частоты из диапазона 40–60 МГц.

В США применяют метод измерения диэлектрической проницаемости на частоте 30 МГц посредством определения разности фаз и суммы амплитуд сигналов двух катушек.

Метод микроволнового каротажа предусматривает измерение времени прохождения и затухания волн на частотах 1–3 ГГц.

Высокочастотный индукционный каротаж является аналогом ДИК и отличается применением дискретных частот из диапазона 0,1–3 МГц. Необходимо это для расширения пределов измерения сопротивлений до 400 Ом·м. Модификация метода предусматривает измерения сопротивлений на нескольких частотах.

Волновой каротаж проводимости применяется для измерений проводимости пород и является аналогом ВДК. Отличие составляет диапазон используемых частот — 1–3 МГц.

К методам на основе эффектов электротеллурических токов относят методы магнитотеллурического зондирования (МТЗ), магнитотеллурического профилирования (МТП), метод теллурических токов (МТТ), магнитовариационного зондирования и профилирования (МВЗ и МВП) [3].

В теоретической основе этих методов лежит модель С.Д. Пирсона, по которой залежь рассматривается в виде источника вертикального электротеллурического тока ("топливного элемента"). Электротеллурический ток, существующий над УВЗ, должен понизить кажущуюся электропроводность пород. Она сопровождается формированием зон минеральных новообразований: сульфидной минерализации, карбонатизации и др., что приводит к изменению таких физических свойств пород как электропроводность, магнитная проницаемость, а также к смещению окислительно-восстановительной обстановки в сторону восстановительной щелочного характера. Методы основаны на пассивной регистрации электрической и магнитной составляющих поля в диапазоне частот 0,002–500 Гц.

В последние годы наметилась тенденция применения искусственного постоянного магнитного поля при обследовании различных геологических объектов и последующих технологий извлечения информации. Так, в [4, 5] применяется подмагничивание объектов исследования с применением мобильных установок и специальной обработкой на заданное воздействие. При этом учитывается фоновое влияние формируемых электромагнитных полей.

Дополнительное подмагничивание квазигоризонтального полупространства над УВЗ

Проведем анализ влияния дополнительного подмагничивания на квазистационарное магнитное поле, находящееся под фиксированным углом наклона относительно внешней нормали к границе раздела двух сред.

Пусть начальный наклон $\vec{B}_0 = \mu_2 \vec{H}_0$ (здесь μ_2 — магнитная проницаемость среды над УВЗ не отличается от магнитной проницаемости вакуума; \vec{H}_0 — вектор магнитной напряженности поля (над заданной моделью составляет θ_1 (рис. 2,а)), тогда проекции магнитной индукции в выбранной системе координат составляют B_z и B_x . За счет дополнительного поперечного или продольного магнитного поля увеличивается (или уменьшается) проекция вектора общего магнитного поля \vec{B}_0 .

Если в окрестности измерительного датчика дополнительно создать продольное подмагничивание ΔB_x , то проекция в зависимости от полярности создаваемой индукции равна

$$B_x^I = B_x \pm \Delta B_x \quad (1)$$

Изменение (1) приведет к увеличению или уменьшению B_z , а значит и к изменению угла наклона вектора геомагнитного поля в месте измерения. Причем направление вектора ΔB_x существенно влияет на данный угол. При использовании согласованного к B_x подмагничивания, величина B_z^I уменьшается (рис. 2,б), а угол наклона \vec{B}_0 увеличивается

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta\theta = \arctg \left(\frac{B_z - \Delta B_z}{B_x + \Delta B_x} \right). \quad (2)$$

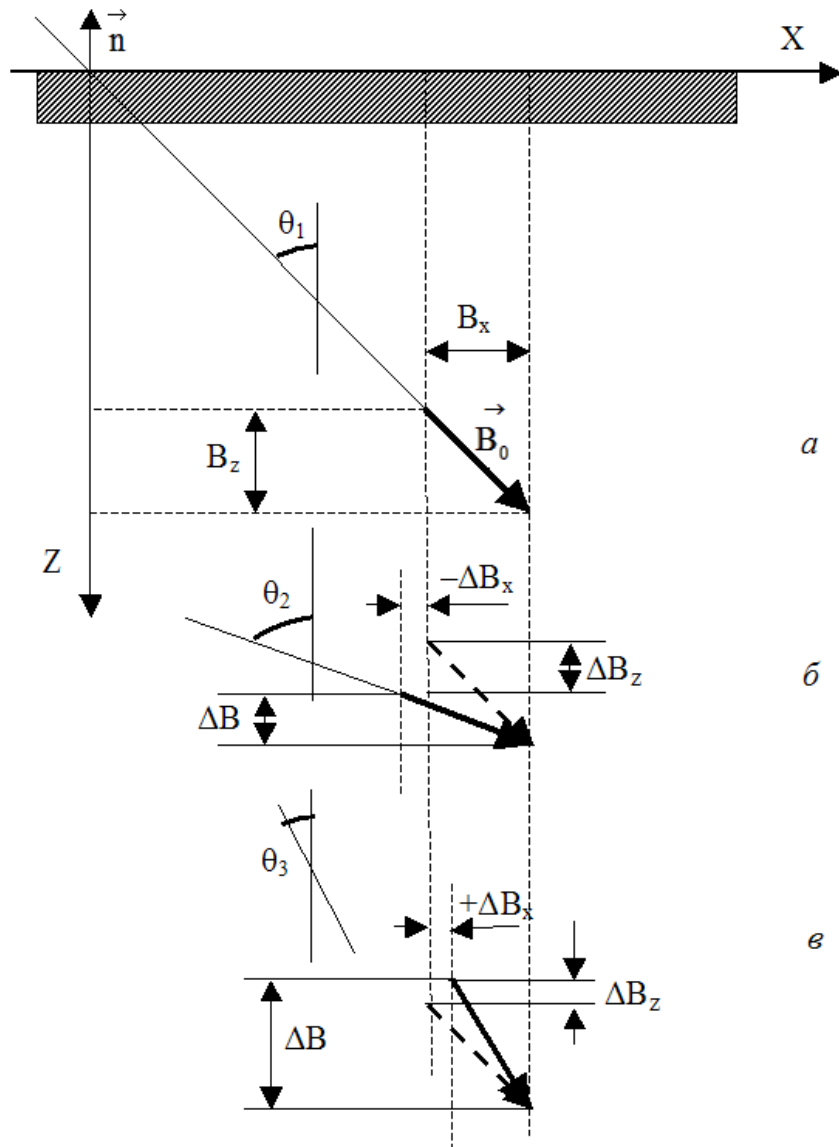


Рис. 2. Влияние искусственного подмагничивания на ориентацию геомагнитного поля

Если применяется местное магнитное поле с противоположным по отношению к проекции B_x направлением $-\Delta B_x$, то величина B_z^{II} увеличивается, а угол уменьшается (рис. 2,б)

$$\theta_3 = \theta_1 - \Delta\theta = \arctg\left(\frac{B_z + \Delta B_z}{B_x - \Delta B_x}\right). \quad (3)$$

Таким образом, при продольном и поперечном искусственном подмагничивании можно подвергать изменению проекции наклонного магнитного поля, а также регистрировать дополнительный угол наклона общего (суммарного) вектора магнитного поля над УВЗ.

Методы поиска УВЗ с применением искусственного подмагничивания

Принимая во внимание результаты численных исследований комбинационных элементов тензора диэлектрической проницаемости, описывающих резонансное взаимодействие ЭМВ и среды над УВЗ при вариациях угла наклона поля подмагничивания [1], можно утверждать об изменениях резонансных проявлений с изменением угла θ , находящихся в узкой полосе частот. Поскольку над залежью углеводородов возникает аномалия магнитного поля, сопровождаемая

частичным изменением угла θ , при дополнительном искусственном локальном подмагничивании антенного участка следует ожидать уход резонансной частоты на некоторое значение Δf .

На основании этого, а также рассуждений, приведенных выше, можно предложить следующие способы идентификации УВЗ.

Определение амплитудного контраста уровней ЭМВ основано на сравнении амплитудных значений напряженностей поля, зарегистрированных антенными датчиками без искусственного локального подмагничивания и с ним. Если на частоте $f_1(\theta_1)$ амплитуда электрической напряженности поля ЭМВ составляет E_1 , то при подмагничивании происходит уход резонансной частоты и уровень амплитуды изменяется и составляет E_2 . Определяя разность или отношение измеренных напряженностей, можно зарегистрировать анизотропные проявления подстилающей среды.

$$\Delta E = (E_1 - E_2), \quad \Delta = E_1/E_2. \quad (4)$$

Схема устройства строится по двухканальному принципу (рис. 3,а) и содержит две антенны А1 и А2 с системой подмагничивания СП, выходы которых соединены с однотипными регистрирующими устройствами РУ1 и РУ2, а также схему сравнения СС, осуществляющую операции (4) и оконечное устройство ОУ. Знак аномального значения ΔE при этом указывает на преимущественную амплитуду напряженности поля канала. Второй вариант реализации способа строится по одноканальной схеме (рис. 3,б) и предполагает синхронную коммутацию системы подмагничивания СП и РУ с помощью схемы синхронизации (ССх). Такой подход требует применения запоминающего устройства ЗУ для хранения предыдущих измерений, и последующим его сравнением с текущим измерением.

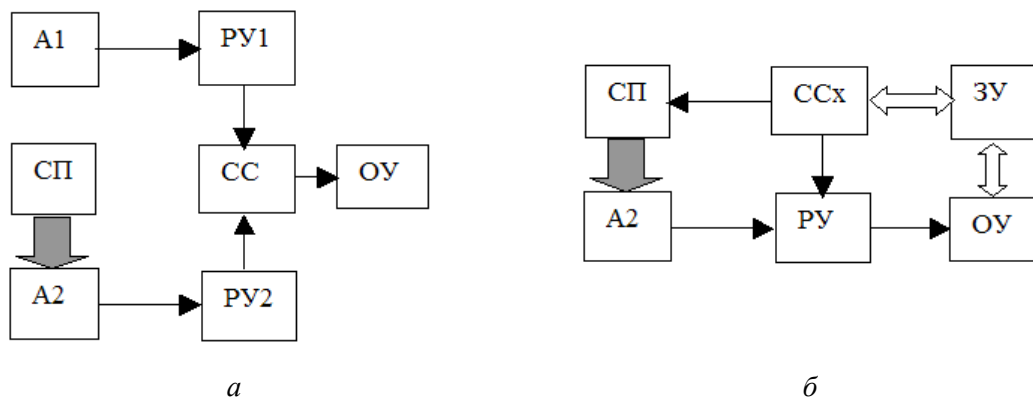


Рис. 3. Схемы для реализации способа амплитудного контраста: а — двухканальная; б — одноканальная

Регистрация смещений резонансной частоты взаимодействия ЭМВ и анизотропной неоднородности основана на уходе от максимального (или минимального) значения амплитуды поля при дополнительном подмагничивании среды. Задача в этом случае сводится к измерениям экстремальных значений амплитуд поля и соответствующих им частот f_1 и f_2 . При этом по определенной разности частот можно определить анизотропные проявления объекта

$$\Delta f = f_2 - f_1 \quad (5)$$

Устройство, реализующее данный подход (рис. 4), содержит стационарный передатчик ПД с антенной А1, две приемные антенны А2 и А3 с системой подмагничивания СП, два регистрирующих устройства РУ1 и РУ2 (регулируемый). Схема сравнения СС1 обеспечивает измерение экстремальных значений применяемых сигналов в каналах без и с подмагничиванием (так, что $|E_1 - E_2| \rightarrow \max$), СС2 обеспечивает регистрацию отличия частот Δf .

Если применять плавное изменение поля подмагничивания СП с помощью источника постоянного напряжения, и использовать два одинаковых регистрирующих устройства, то по значению ΔE можно зарегистрировать анизотропное проявление среды.

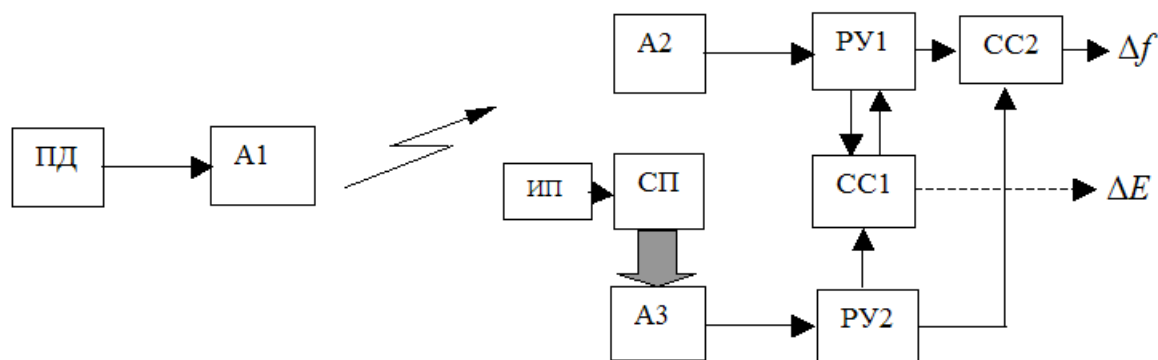


Рис. 4. Структурная схема устройства для регистрации ухода резонансной частоты

Третий способ основан на регистрации приращения углов наклона магнитного поля

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 \quad (6)$$

для одинаковых значений напряженности E_1 . Реализация способа предполагает применение специальных механических устройств, обеспечивающих регистрацию $\Delta\theta$. Электрически это может быть осуществлено, например, за счет инвертирования напряжения ИП системы подмагничивания.

Результаты и обсуждение

Результаты многочисленных полевых исследований на геологических профилях с включением залежей углеводородов свидетельствуют об влиянии направления перемещений измерительных установок. Связано это с влиянием пространственного наклона геомагнитного поля. Предложенные способы позволяют увеличить уровень достоверности поиска углеводородных залежей за счет применения дополнительного подмагничивания объектов и избавиться от влияния наклонов магнитного поля Земли. При этом вариативность способов позволяет в зависимости от требований реализовать аппаратные варианты на основе регистраций амплитудных, частотных или пространственных контрастов измерительных датчиков.

METHODS SEARCH HYDROCARBON DEPOSIT USING ARTIFICIAL MAGNET FIELD

D.V. GOLOLOBOV

Abstract

In the paper presents information of methods searching anisotropic objects on the basis of the registration of amplitude, frequency and spatial parameters electrodynamic signals when create an artificial magnetic field.

Литература

1. Гололобов Д.В. // Докл. БГУИР. 2008. Т. 6, №1. С. 54–61.
2. Денисов С.Б. Высокочастотные электромагнитные методы исследования нефтяных и газовых скважин М., 1986.
3. Электроразведка / Под ред. В.К. Хмелевского, В.М. Бондаренко. М., 1989. Кн. 1
4. Патент ВОИС № 9633426. МПК 6G 01 V. Способ и измерительное устройство для геологической съемки подземной формации.
5. Патент США № 6781380. МПК 7G 01 V. Система обнаружения магнитной аномалии с использованием активной матрицы и обработки сигналов.

ИНФОРМАТИКА

УДК 621.865

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СЕГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ЛАЗЕРНЫХ СКАНЕРОВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

А.П. ПАШКЕВИЧ, Ч.М. САВКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 20 сентября 2007*

Произведен сравнительный анализ алгоритмов сегментации данных лазерных сканеров, применяемых в адаптивных роботизированных комплексах сварки по критериям быстродействия, точности и чувствительности. Предложены новые алгоритмы, которые превосходят аналоги по быстродействию не менее чем в пять раз, при этом незначительно уступают по критериям точности и чувствительности.

Ключевые слова: сегментация, лазерный сканер, промышленный робот, дуговая сварка.

Введение

С развитием современного производства возрастает необходимость в увеличении степени автономности эксплуатируемых технологических комплексов. Решить проблему автономности позволяет применение систем машинного зрения. В качестве таких систем широкое распространение получили дальнометрические лазерные сканеры. За последние тридцать лет сканеры претерпели серьезные изменения массогабаритных параметров, что расширило область их применения. Одной из таких областей являются адаптивные робототехнологические комплексы (РТК) дуговой сварки [1].

Одним из условий работы адаптивных комплексов в режиме реального времени является применение специализированных алгоритмов обработки данных, в основе которых положены методы сегментации. В известных работах описано много алгоритмов сегментации, применяемых в различных областях производства [2, 3], однако, выбор для работы в РТК дуговой сварки обладает своей спецификой. Поэтому возникает необходимость более детального рассмотрения проблемы выбора алгоритмов сегментации данных дальнометрических лазерных сканеров, применяемых в адаптивных РТК дуговой сварки.

Постановка задачи (Проблема сегментации данных)

В процессе дуговой сварки в результате однократного сканирования сенсор генерирует массив точек $\mathbf{p} = \{p_{x,i}, p_{y,i}\}$, $i = 1, \dots, n$, описывающий рабочую поверхность в системе координат сканера (рис. 1). Отклонения величин $p_{x,i}$, $p_{y,i}$ от действительных значений распределены по гауссовскому закону с дисперсиями σ_x^2 , σ_y^2 [4].