

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИГНАЛОВ ЕЭМИ

Вдовин А.Г. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. С целью стандартизации и метрологического обеспечения единства измерений естественного электромагнитного излучения скважинной аппаратуры МЭШ-42 разработан и применен лабораторно калибровочный стенд. Представлена функциональная схема и описание ее работы. Для снижения уровня техногенных электромагнитных шумов применена экранирующая установка. Приведены примеры измерений выполненных на калибровочном стенде, внутри экрана и без него.

Естественное электромагнитное излучение, скважинная аппаратура.

LABORATORY INSTALLATION FOR THE CALIBRATION AND EXPERIMENTAL STUDIES OF NEMR SIGNALS

Vdovin A.G. – Institute of Geophysics UB of the RAS, Yekaterinburg

Abstract. For the purpose of standardization and metrological assurance of unity of measurements of natural electromagnetic radiation of the well equipment MESH-42 the laboratory calibration stand is developed and applied. The functional scheme and the description of its work are presented. To reduce the level of technogenic electromagnetic noise, a shielding unit was used. Examples of measurements made on the calibration stand, inside the screen and without it are given.

Natural electromagnetic radiation, borehole equipment.

Введение

Исследование механоэлектрических преобразований в горных породах скважинной аппаратурой МЭШ-42 (Астраханцев и др., 2014) показали, что естественная электромагнитная эмиссия (ЕЭМИ) представляет собой многофакторный процесс, зависящий от физических и минералогических свойств горных пород, их генетического типа и структурно-текстурных особенностей, и это неоднократно подтверждалось на различных геологических объектах (Вдовин, 2015а; 2015б; 2016; 2017; Белоглазова и др., 2017; Иванченко и др., 2017). Так по результатам исследования на Северо-Тараташском месторождении железистых кварцитов рудные тела отмечаются пониженными значениями ЕЭМИ на частотах 45 и 80 кГц. По измерениям на месторождениях титаномагнетитовых руд (Копанское, Качканарское, Малый Куйбас) оруденение выделяется по увеличению значений на частоте 45 кГц и, согласно с ним, уменьшению значений на 80 кГц. По данным, полученным на Восточно-Тарутинском скарн-магнетитовом месторождении, увеличение уровня естественного электромагнитного излучения на частоте

45 кГц происходит в соответствии с увеличением содержания магнетита в горной породе. На Ломоносовском месторождении магнетит-метасоматические руды отбиваются по уменьшению сигналов ЕЭМИ на частоте 80 кГц и увеличению на частоте 120 кГц.

В связи с вышеизложенным возникает задача выявления описанных закономерностей в лабораторных условиях. Так как датчики имеют различные свойства и амплитудно-частотные характеристики, то важнейшей задачей при исследовании ЭМИ является стандартизация и метрологическое обеспечение единства измерений на различных частотах.

Установка для создания калибровочного сигнала

Блок измерения электромагнитной эмиссии выполнен по схеме супергетеродинного приемника (Астраханцев и др., 2014). Входной контур образуется из ферритовой антенны и блока конденсаторов, поочередно подключаемых коммутатором к антенне. Принятые сигналы после усилителя поступают на преобразователь частоты, на второй вход которого подается напряжение с управляемого генератора. Час-

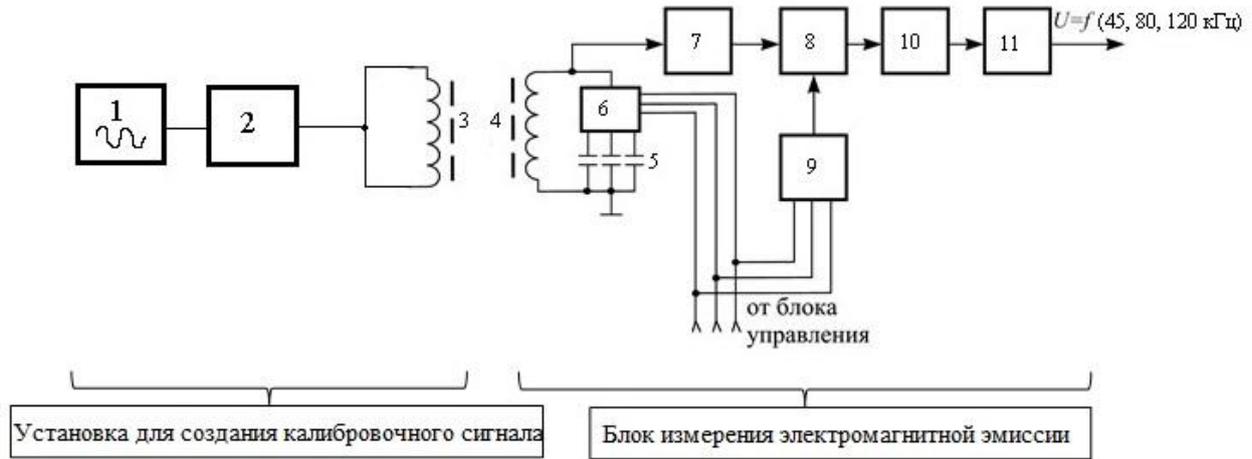


Рис. 1. Блок-схема стенда для калибровки датчиков электромагнитной эмиссии:

1 – генератор сигналов; 2 – усилитель тока; 3 – излучающая антенна; 4 – приемная антенна; 5 – блок конденсаторов; 6 – коммутатор конденсаторов входного контура; 7 – усилитель; 8 – преобразователь частоты; 9 – управляемый генератор; 10 – усилитель промежуточной частоты; 11 – выпрямитель

тота генератора так же равна частоте настройки контура 45, 80, 120 кГц. Полоса пропускания усилителя промежуточной частоты $f_{п}$ равна 0,1–2 кГц.

Полосы частот принимаемых сигналов (f_c):

$$f_{c1} = f_r + f_{п}; \quad f_{c2} = f_r - f_{п},$$

где f_r – частота управляемого генератора.

Добротность входного контура выбирается такой, чтобы полоса пропускания была более 4 кГц. При этом мы регистрируем обе полосы частот f_{c1} , f_{c2} . Это позволяет увеличить вероятность попадания сигнала, обусловленного динамикой среды, в диапазон принимаемых частот. Выходное напряжение усилителя промежуточной частоты выпрямляется амплитудным выпрямителем и подается на АЦП.

Установка для создания калибровочного сигнала (рис. 1) включает в себя задающий генератор, вырабатывающий синусоидальный сигнал, усилитель тока и излучатель электромагнитного поля, представляющий собой многovitковую катушку с сердечником из ферромагнитного материала (ферритовый стержень).

Передающая антенна выполнена по принципу взаимности и имеет те же характеристики (Гончаренко, 2005), что и приемная:

1. Внутреннее сопротивление приемной антенны равно её входному сопротив-

лению в режиме передачи.

2. Диаграммы направленности антенны в режимах передачи и приема совпадают.

3. Действующая длина антенны в режиме приема равна действующей длине этой антенны в режиме передачи.

Для устранения паразитного эффекта питающей линии передающей антенны использовался заземленный и экранированный провод.

На рис. 2 представлены измерения, выполненные с поочередным включением и выключением задающих сигналов на фиксированных частотах 45 ($F1$), 80 ($F2$) и 120 ($F3$) кГц.

Экранирующая установка

В силу того, что в лабораторных условиях на измеряемые параметры влияет большое количество техногенных электромагнитных шумов, избавиться от которых не всегда представляется возможным, возникает задача создания экранирующей установки с целью обеспечения метрологического единства измерений, а также для экспериментальных исследований изменений уровня сигналов при моделировании различных физико-механических условий.

К основным параметрам экрана относится ослабление внешних электрических, магнитных и электромагнитных полей с целью исключения их проникновения и воздействия на элементы и блоки скважин-

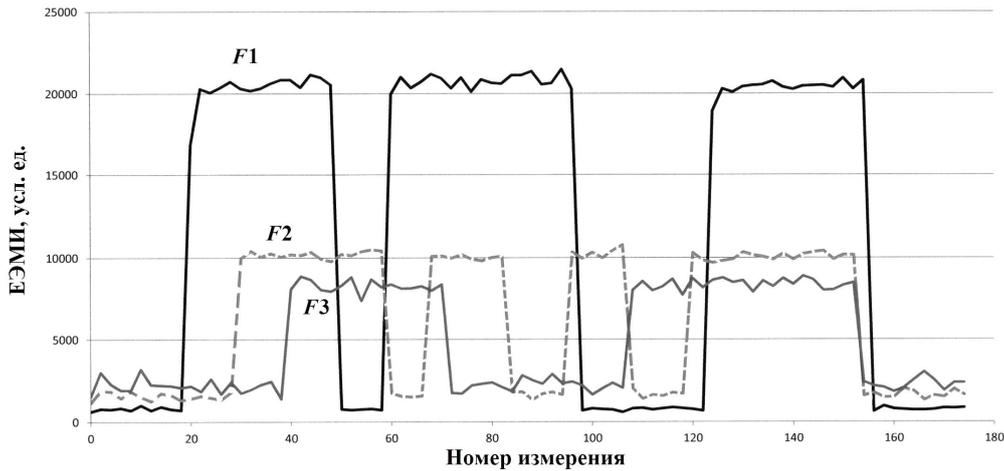


Рис. 2. Пример измерений, выполненных с установкой для создания калибровочного сигнала ЕЭМИ

ного прибора. При этом эффективность экранирования состоит из двух компонент:

$$K_E = 20 \lg \frac{E_0}{E_1} \quad \text{и} \quad K_H = 20 \lg \frac{H_0}{H_1},$$

где K_E — коэффициент ослабления по электрической составляющей; K_H — коэффициент ослабления по магнитной составляющей; E_0 — напряженность электрической составляющей поля в отсутствие экрана; H_0 — напряженность магнитной составляющей поля в отсутствие экрана; E_1 — напряженность электрической составляющей поля при наличии экрана; H_1 — напряженность магнитной составляющей поля при наличии экрана в той же точке пространства.

Главным фактором, определяющим качество экрана, являются радиофизические свойства материала. Исходя из чего, для определения эффективности экранирования может быть использован более простой приближенный анализ:

$$K = K_{\text{погл}} + K_{\text{отр}},$$



Рис. 3. Лабораторная экранирующая установка

где $K_{\text{погл}}$ — эффективность экранирования за счет поглощения экраном электрической энергии; $K_{\text{отр}}$ — эффективность экранирования за счет отражения электромагнитной волны от поверхности экрана.

На низких частотах наибольший вклад в эффективность экранирования вносит отражение от экрана электромагнитной волны, а на высоких — ее поглощение в экране. Следовательно, учитывая описанное, был изготовлен двухслойный экран с медным и стальным слоями (рис. 3). Эффективность применения медного слоя обусловлена отражением волны на границе раздела поверхностей (свободное пространство — экран).

Пример измерений, выполненных внутри экрана и без него, приведен на рис. 4 (измерения выполнялись в течение 11 часов).

Как видно, измерения, выполненные вне экранирующей установки, характеризуются высоким дифференциальным уровнем с наличием спонтанного высокоамплитудного изменения сигналов. Тогда как уровень естественного электромагнитного излучения, по измерениям внутри экрана, обусловлен лишь внутренними шумами прибора.

Заключение

В работе рассмотрено применение экранирующей установки и калибровочного стенда для стандартизации и метрологического обеспечения единства измерений ес-

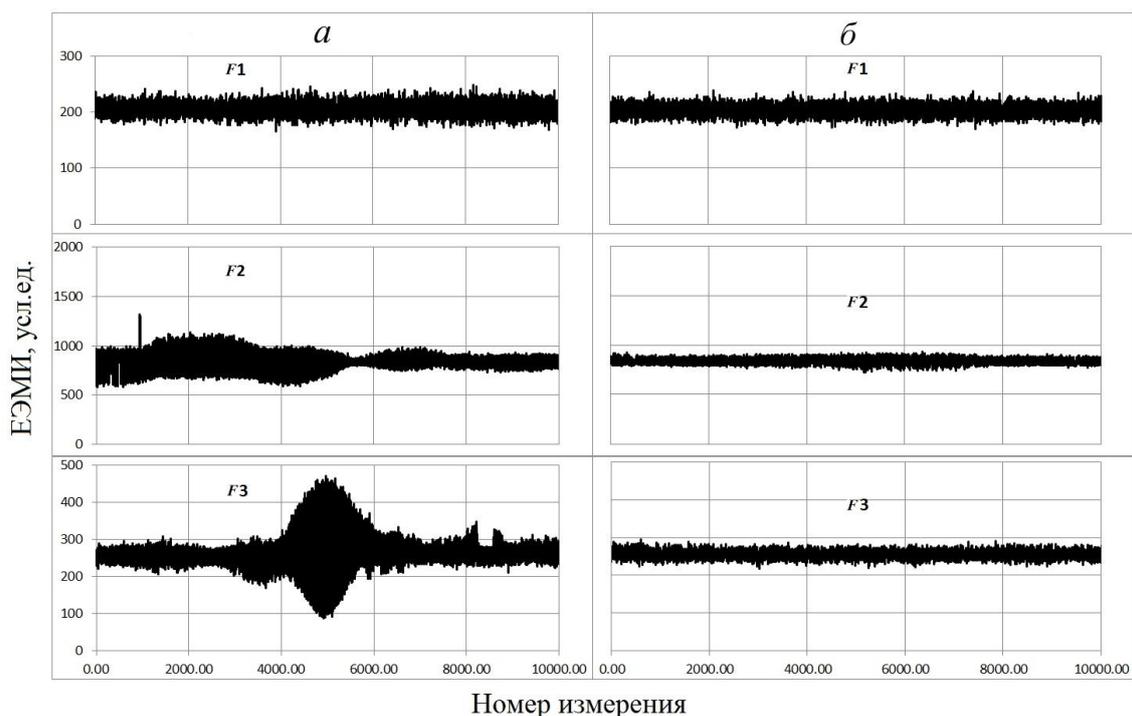


Рис. 4. Измерения ЕЭМИ: *а* – без экранирующей установки; *б* – в экране

тестового электромагнитного излучения скважинной аппаратуры МЭШ-42. Откалиброванные и поверенные датчики успешно используются при проведении научно-исследовательских и производственных работ.

Литература

Астраханцев Ю.Г., Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г., Троянов А.К. Аппаратурно-программный комплекс для скважинных исследований напряженно-деформированного состояния среды // Каротажник. 2014. № 5 (239). С. 39–51.
 Белоглазова Н.А., Баженова Е.А., Вдовин А.Г. Геодинамическая обстановка Северо-Тараташского участка по геофизическим исследованиям скважин // Уральский геофизический вестник. 2017. № 1 (29). С. 60–65.
 Вдовин А.Г. Выделение титаномагнетитовых и железисто-кварцитовых руд по стволу скважины методом электромагнитного излучения // XVIII Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. Пермь, 2017. С. 25–28.
 Вдовин А.Г. О регистрации электромагнитного излучения литосферного происхождения на железорудных месторождениях //

Шестнадцатая уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. Пермь, 2015а. С. 65–68.

Вдовин А.Г. Применение каротажа естественного электромагнитного излучения на Северо-Тараташском железорудном месторождении (Южный Урал) // XVII Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. Екатеринбург, 2016. С. 34–36.

Вдовин А.Г. Электромагнитное излучение как индикатор массивного магнетитового оруденения // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей: материалы конференции. Екатеринбург, 2015б. С. 393–396.

Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Часть II. Основы и практика. М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио», 2005. 288 с.

Иванченко В.С., Вдовин А.Г., Баженова Е.А. Применение каротажа электромагнитного излучения на Качканарском титаномагнетитовом месторождении // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: Материалы всероссийской конференции с международным участием. Екатеринбург, 2017. С. 184–186.