

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННОГО И ТОРСИОННОГО ДАТЧИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Сарвартинов А. И., Коноплин А. Д. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Проведены сравнительные испытания магнитомодуляционного датчика слабого магнитного поля с магнитоизмерительными датчиками торсионного типа. Показана высокая степень корреляции полученных результатов измерений. Отмечена недостаточная температурная стабильность нулевого уровня магнитомодуляционных датчиков.

Магнитомодуляционный датчик магнитного поля, временной и температурный дрейф.

COMPARISON PARAMETERS OF MAGNETOMODULATING AND TORSION MAGNETIC FIELD SENSORS

Sarvartinov A.I., Konoplin A.D. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. Comparison of time drift of magnetomodulating sensor of weak magnetic field with magnetic sensors torsion type carried out. High degree of correlation of the results of measurements is shown. Insufficient temperature stability of the zero level magnetomodulating sensors detected.

Magnetomodulating sensor the magnetic field, time and temperature drift.

Введение

Практически все применяемые в настоящее время в магнитотеллурическом зондировании датчики магнитного поля имеют один общий недостаток – массогабаритные характеристики, не позволяющие создать лёгкую и компактную аппаратуру для проведения исследований этим методом. Наиболее широко применяемые индукционные датчики при большой длине и массе, кроме того, требуют весьма трудоёмкой и нетехнологичной процедуры установки на месте съёмки. Создание датчиков поля, использующих другие физические основы первичного преобразования поля – магнитомодуляционных, позволило бы решить часть перечисленных проблем.

Магнитомодуляционные преобразователи, работающие на частоте возбуждения ферромагнитного сердечника, применялись, в основном, для регистрации слабого переменного магнитного поля низкой частоты (Сокол-Кутыловский, 2009). По сравнению с феррозондами, работающими на второй гармонике частоты магнитного возбуждения, применение магнитомодуляционных датчиков первой гармонике для измерения очень низких частот и вариаций постоянного магнитного поля было неце-

лесообразно из-за их смещенной рабочей точки, поддерживать которую с высокой точностью затруднительно. Основную погрешность при этом вносит не только источник опорного напряжения, но и демодулятор, который выполняется на полупроводниковых элементах, имеющих температурный дрейф 2–3 мВ/°С. Кроме того непредсказуемый сдвиг и дрейф вносит система отрицательной обратной связи по магнитному полю, активным элементом которой является операционный усилитель.

Появление современных прецизионных операционных усилителей и высокостабильных источников опорного напряжения, по-видимому, открывает путь к применению магнитомодуляционных преобразователей для измерения самых низких частот, включая медленные вариации постоянного магнитного поля.

С целью проверки этой возможности были выполнены долговременные измерения вариаций магнитного поля в Институте геофизики УрО РАН двумя идентичными магнитомодуляционными преобразователями синхронно с измерением магнитного поля двумя датчиками магнитомеханического (торсионного) типа, входящими в комплект аппаратуры низко-

частотного магнитотеллурического зондирования МТЦ-01 (Коноплин, 2002).

Сравнительные испытания

На рис. 1–3 представлены результаты экспериментальных измерений.

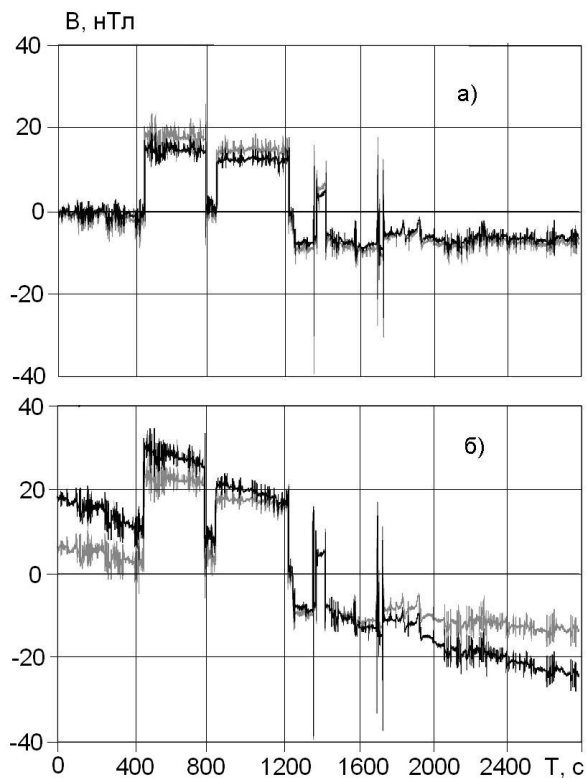


Рис. 1. Часть графика сравнения измерений поля и долговременного дрейфа нуля непосредственно после включения: а – торсионные датчики МТЦ-01; б – магнитомодуляционные датчики

Из рисунков видно, что общий ход кривых магнитомодуляционных и МТЦ-01 датчиков совпадает, но у магнитомодуляционных датчиков присутствует дрейф нуля.

Дрейф нуля и шум всего измерительного

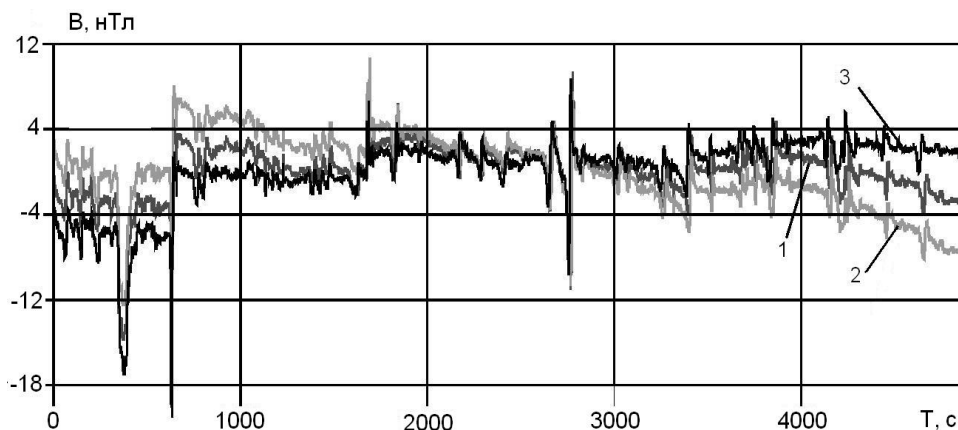


Рис. 2. Сравнение измеренного поля: 1, 2 – магнитомодуляционные датчики; 3 – торсионный датчик МТЦ-01; продолжительность измерения 5000 с

устройства в основном определяется следующими свойствами элементов электронной схемы, ответственных за смещение рабочей точки магнитомодуляционного преобразователя и приводящих к сдвигу нуля.

Согласно технической характеристике (Analog Devices, 2004) источника опорного напряжения AD780BN:

- временной дрейф – не более 60 мкВ за 1000 ч;
- температурный дрейф – не более 9 мкВ/°С;
- шумовое напряжение в полосе 0,1–10 Гц – не более 4 мкВ (от пика до пика).

В соответствии с технической характеристикой (Analog Devices, 2006) прецизионного операционного усилителя (ОУ) ОР-27:

- временной дрейф (в течение 180 с) – менее 1 мкВ;
- долговременный дрейф (в течение 7 месяцев) – менее 5 мкВ. Исключая первый час работы ОУ, изменения входного напряжения смещения за первые 30 дней обычно не превышают 2,5 мкВ;
- температурный дрейф – 0,2 мкВ/°С;
- шумовое напряжение в полосе 0,1–10 Гц – 0,08 мкВ (от пика до пика);
- частота среза фликкер-шума – 2,7 Гц.

Температурный дрейф детектора в основном определяется не идентичностью температурного дрейфа элементов диодной сборки (2ДС523) и дрейфом ОУ.

Также вклад в дрейф «нулевого уровня» вносит изменение температурных и временных характеристик материала сердечника, но его влияние мало по сравнению с вкладом электроники.

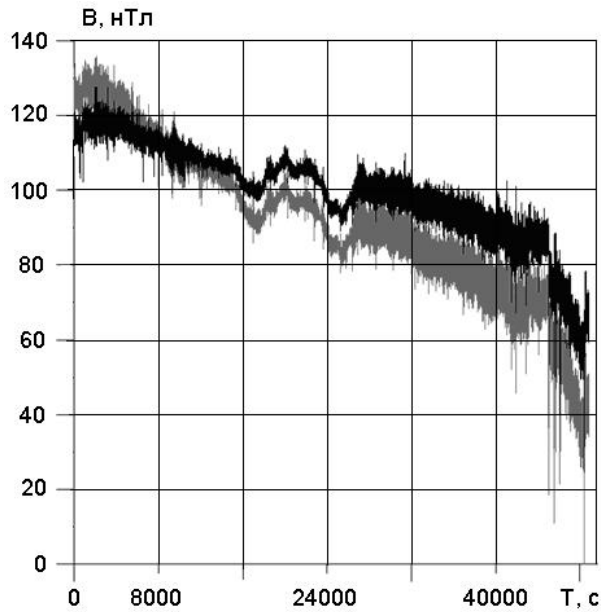


Рис. 3. Долговременное (14 ч) измерение поля магнитомодуляционными датчиками на двух каналах; интервал регистрации 16000–28000 с соответствует местному времени наблюдения 01:30–05:20, с чем связано уменьшение высокочастотного магнитного фона техногенного происхождения

Заключение

Из проведенных сравнительных испытаний двух типов датчиков магнитного поля следует, что короткопериодные вариации и тестовые сигналы магнитного поля регистрируются, в основном, идентично. При долговременных записях дрейф датчиков может несколько различаться, но при этом величина дрейфа (разница между

начальным и конечным отсчетом записи на рис. 2) магнитомодуляционного датчика (при коэффициенте преобразования 0,2 мВ/нТл) не превышает общий дрейф магнитомеханического торсионного датчика. Поскольку магнитомеханические торсионные датчики широко используются в магнитных вариометрах, то и применение магнитомодуляционных преобразователей целесообразно в качестве датчиков магнитовариационных станций. Данные датчики возможно применять при кратковременных измерениях, а для долговременных требуется доработка и улучшение стабильности «нулевого уровня» прибора.

Литература

- Analog Devices, AD780 2.5V / 3.0V High Precision Reference Data Sheet (Rev. E). 2004. С. 3. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/Data_Sheets/AD780.pdf
- Analog Devices, OP27 Low Noise Precision Operational Amplifier (Rev. F). 2006. С. 4–6. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/OP27.pdf
- Коноплин А.Д. Цифровая станция магнитотеллурического зондирования // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: материалы 29 сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Екатеринбург, 2002. С. 274.
- Сокол-Кутыловский О.Л. Автопараметрический датчик магнитной индукции // Датчики и системы. 2009. № 1. С. 37–38.