

УДК 621.192

А.А.Подвязный (асп., каф. КЭ), С.В.Шипунов (5 курс, каф. КЭ),
В.В.Семенов, д.ф.-м.н., проф.

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАНТОВОГО ВАРИОМЕТРА С ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ

Квантовые магнитометры занимают ведущее место в измерительной аппаратуре при проведении разнообразных геофизических и космических исследований, обнаружения и регистрации биотоков в живых организмах, изучении природы Земного магнетизма и геологоразведке, сейсмической службе прогнозирования землетрясений и магнитной навигации. Важная роль при решении этих задач принадлежит квантовым магнитометрам с оптической накачкой (КМОН), которые к настоящему времени превосходят все прочие средства магнитных измерений по точности и вариационной чувствительности в широком диапазоне магнитных полей [1].

В задачу настоящей работы входило создание макета многофункционального квантового вариометра с оптической накачкой, предназначенного как для проведения тонких физических экспериментов (исследования световых сдвигов частоты радиооптического резонанса в условиях магнитного экранирования рабочей ячейки), так и для контроля геомагнитных вариаций в период солнечной активности (магнитных бурь)

Магнитное поле лаборатории, где находится камера с рабочим веществом, является результатом сложения магнитного поля Земли и поля создаваемого магнитной системой в виде трех пар катушек Гельмгольца, позволяющих получить магнитное поле в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Геометрические размеры катушек Гельмгольца выбирались исходя из требований создания магнитного поля достаточно высокой однородности. Катушки питались от независимых стабилизированных источников питания с регуляторами тока I_y , I_z , I_x (рис. 1).

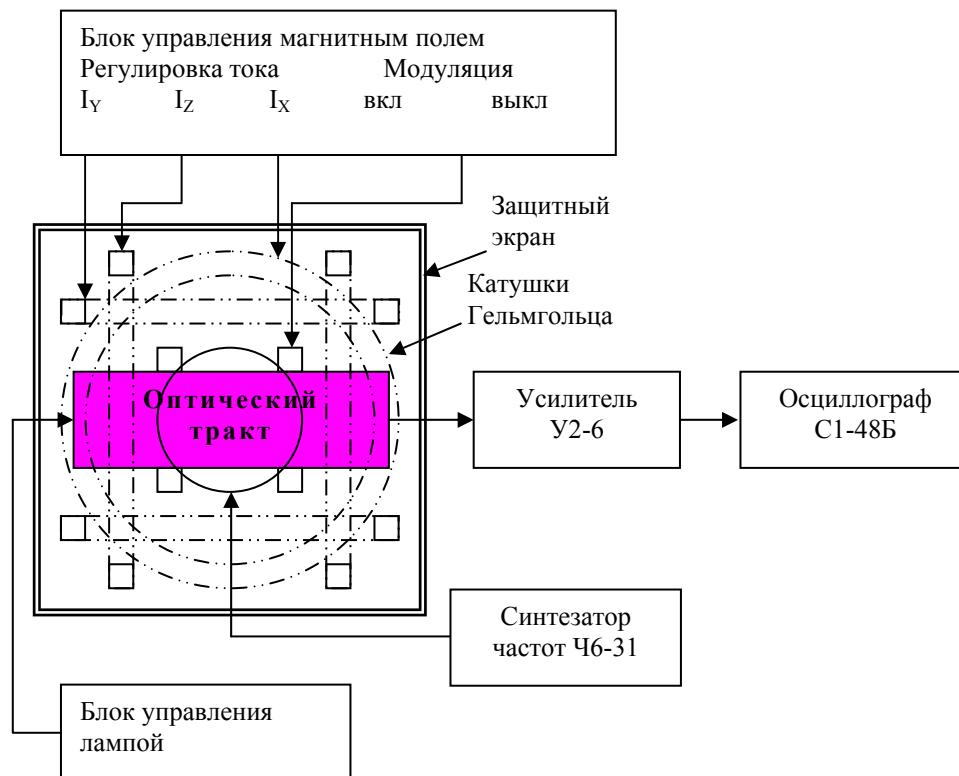


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

Катушки были размещены в защитном двухслойном экране, обеспечивавшем высокую степень однородности магнитного поля и возможность проведения измерений в условиях малых полей; предусматривалась также работа установки в магнитном поле Земли путем съема магнитного экрана.

Для контроля вариаций внешнего магнитного поля использовалась стандартная модуляционная методика регистрации сигнала радиооптического резонанса в условиях низкочастотной модуляции рабочего магнитного поля в окрестности резонансного значения, причем сигнал модуляции и сигнал с усилителя синхронно записывались через АЦП в память ЭВМ, где осуществлялась дальнейшая их обработка, включающая в себя перемножение этих сигналов и фильтрацию быстро меняющейся (с удвоенной частотой модуляции) составляющей. Кроме того, в качестве регистрирующего устройства использовался самописец. Путем его калибровки можно было определить максимальную чувствительность вариометра по амплитуде получающейся кривой. При измерении предельной чувствительности давалась калибровочная метка с помощью синтезатора частоты и измерялся шум вариометра при отключенном радиочастотном поле. Определенная таким образом амплитуда собственного шума вариометра соответствовала величине предельной чувствительности и оказывается равной порядка $0,01$ нТл при ширине линии резонанса 200 Гц в полосе регистрации 1 Гц, что соответствует лучшим образцам подобных вариометров, выпускаемых промышленностью.

Без магнитного экрана квантовый вариометр испытывался в магнитоспокойные дни и в период магнитных бурь (июнь 2004 г). В магнитоспокойные дни флуктуации магнитного поля не превышали значений 30 нТл в указанной полосе регистрации, в то время как в период магнитной бури их значение возрастало в несколько раз. Показания вариометра сопоставлялись с записью сигналов ЭКГ и пульсовой волны медицинского диагностического комплекса с целью установления их корреляции с магнитными возмущениями (естественного и техногенного характера). В целях достижения большей наглядности обработка сигналов осуществлялась путем их представления в трехмерном

фазовом пространстве.

Как уже отмечалось выше, одной из дальнейших целей является создание медицинского комплекса, позволяющего наблюдать важнейшие процессы, происходящие в организме. Комплекс медицинских приборов в совокупности с высокочувствительным квантовым вариометром позволит проводить точную диагностику заболеваний внутренних органов человека, а также наблюдать зависимость между изменениями внешних условий (например, магнитных бурь) и общим состоянием организма.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Померанцев Н.М., Рыжков В.М., Скроцкий Г.В. Физические основы квантовой магнитометрии. - М.: Наука, 1972.- 447с.