

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВНУТРИОБЪЕКТОВОЙ СРЕДЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Занин А.Н., Помельников Р.А., Воронов К.Е.

Развитие космической техники на современном этапе характеризуется ростом техногенных исследований, которые имеют своей конечной целью создание космической индустрии. Использование космических технологий позволяет получать сверхчистые материалы, используемые при создании новых электронных компонентов [1,2].

Специфика выбора конкретных типов космических технологий отводит определяющую роль микрогравитации, свойственную современным летательным аппаратам. Достигнутые к настоящему моменту времени стационарные уровни микрогравитации составляют величины порядка 10^{-5} % по сравнению с ускорением свободного падения на уровне поверхности Земли $g=9,8$ м/с². Отметим, что большинство традиционных технологических процессов, определяющих качество конкретных технологических процессов, проводимых в Земных условиях, стабилизированы в пределах диапазона значений 10^{-2} - 10^{-3} %. Эффективность использования условий микрогравитации напрямую зависит от возможности минимизации проявления других возмущающих факторов. Дополнительную неоднозначность в условиях проведения космических технологий привносят собственные возмущающие факторы летательного аппарата, к числу которых следует отнести электромагнитные излучения в широком диапазоне спектра частот и вариаций интенсивностей [3].

Наличие электромагнитных излучений связано с возникновением напряженности электрического поля в объеме пространства, в котором проводится эксперимент (например, по выращиванию полупроводниковых кристаллов). Величины напряженностей порядка 10^{-6} - 10^{-5} В/м могут являться реальными в процессе функционирования систем космического аппарата. Источниками ЭМИ применительно к конкретному изделию предположительно являются электромагнитные реле (РЭК23, РПС45, РПС32Б, ДП1-50), системы СТР, электродвигатели вентиляторов и центрифуг научной аппаратуры, а также радиотехнические системы различного типа. Генерируемые такими устройствами импульсные электромагнитные излучения могут влиять на зарядовую компоненту расплава в технологическом эксперименте (электроны, ионы). Не смотря на их довольно малую величину (при температуре расплава 1500-2000°С), под действием электрического поля, инициируемого каким-либо источником ЭМИ, электроны и ионы могут влиять на ориентацию роста полупроводника, дислокации, дефекты и т.д.

В связи с вышеуказанным практическая реализация потенциальных возможностей космических технологий, обусловленных низким уровнем гравитационных возмущений в рабочих средах технологических процессов, предполагает решение проблем в части:

- повышения уровня стабильности традиционных (собственных) параметров технологических процессов;
- определения критических уровней воздействия возмущающих факторов космического аппарата на технологические процессы;
- создание бортовых метрологических комплексов для измерения уровней возмущающих факторов, исходящих непосредственно от космического аппарата.

Для рассмотрения последнего пункта оговоренной проблематики космических технологий, в рамках научно-исследовательской работы “Разработка бортового образца системы измерения электромагнитных полей КА “Фотон 12”, создан прибор для измерения магнитного поля внутри исследуемого объекта. Важной особенностью проведения измерения является использование группы магнитометров, необходимых для получения пространственно-временной структуры поля.

В качестве первичного преобразователя в данной разработке используется трехкомпонентный феррозондовый преобразователь магнитного поля с продольным возбуждением. При этом по сравнению с индукционными магнитометрами пассивного типа используемые феррозондовые магнитометры имеют следующие преимущества [4,5]:

они непосредственно измеряют величину B_{oi} (или H_{oi}), где $i=x, y, z$, а не производную dB_{oi}/dt ,

усиление сигнала производится на более высокой частоте (за счет модуляции), что обеспечивает получение высокого отношения сигнал-шум на входе электронной части магнитометра (шум усилителей увеличивается с уменьшением частоты усиливаемого сигнала), минимальные фазовые искажения сигнала и более устойчивую работу прибора в целом;

одинаковый коэффициент преобразования феррозонда позволяет использовать одни и те же элементы канала для одновременного или разновременного измерения переменных полей разных частот.

Датчик представляет собой феррорезонансное устройство, преобразующее переменное или постоянное значение электромагнитных излучений в соответствующий электрический сигнал. Датчик выполнен трехкомпонентным, т.е. позволяет производить измерение магнитных полей по трем ортогональным координатам (x, y, z). При наличии магнитного поля, направленного вдоль оси сердечника, в измерительной катушке такого феррозонда возникает ЭДС, пропорциональная величине этого поля. По величине амплитуды второй гармоники ЭДС можно судить о напряженности магнитного поля. Для обеспечения локальности измере-

ний сердечник феррозонда выполнялся минимально возможного размера. Для обеспечения стабилизации полного коэффициента преобразования каждый канал магнитометра охватывался отрицательной обратной связью “по полю”, с помощью компенсационной обмотки полностью компенсировалась внешняя составляющая магнитного поля. Полученная в результате измерений информация с помощью микроконтроллера обработки вводится в компьютер, где и производится ее дальнейшая обработка и архивирование.

Разработанный прибор имеет следующие технические характеристики:

Диапазон измеряемых значений магнитной индукции.....	$10^{-7} \div 10^{-3}$ Тл
Чувствительность.....	$1.4 \cdot 10^{-7}$ Тл
Количество датчиков	1
Число цифровых каналов записи.....	3
Разрядность цифровых каналов.....	8
Тип долговременной памяти.....	жесткий диск
Требуемый объем памяти на диске.....	не более 20 МБ/час
Потребление датчика, не более.....	0,2 Вт
Масса одного датчика, не более.....	50 грамм
Габариты блока обработки.....	175x250x350 мм
Энергопотребление без ЭВМ, не более.....	10 Вт

Для уменьшения суммарной погрешности прибора используются следующие меры уменьшения мультипликативных и аддитивных погрешностей. Мультипликативные погрешности, связанные с отклонением коэффициента преобразования от своего номинального значения уменьшаются за счет использования более стабильных цепей – катушки компенсации и балластного резистора по сравнению с активными элементами – феррозондом, усилителями и преобразователями. Мультипликативные погрешности, связанные с отклонением магнитной оси феррозонда от заданного направления минимизируются за счет выбора сердечника с наименьшей поперечной проницаемостью; жесткого закрепления всех элементов феррозонда и обеспечения минимального угла не параллельности между продольной осью сердечника и осью измерительной катушки; стабилизации амплитуды поля возбуждения.

Аддитивные погрешности, связанные с электронными устройствами уменьшаются за счет использования схемных решений – использования элементов с минимальными нелинейными искажениями, построение усилителей по двухтактным схемам, стабилизация частоты возбуждения и амплитуды напряжения выходного генератора. Погрешность, вызванная остаточной намагниченностью и неоднородностью магнитных полей в объеме сердечника устраняется за счет перемагничивания сердечника по предельной петле гистерезиса, уменьшением длины измерительной катушки по сравнению с длиной сердечника.

С помощью разработанной аппаратуры произведены измерения постоянных магнитных полей в области расположения научной и обслуживающей аппаратуры в спускаемом аппарате "Фотон 12", произведены замеры величин магнитных полей в области расположения полезных грузов при работе бортовой аппаратуры РН "Союз". Конечной целью данной работы является сбор информации по электромагнитному излучению для дальнейшей разработки исходных данных, необходимых для проведения сертификации космического аппарата по допустимым воздействиям электромагнитных полей на техногенные процессы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гришин С.Д., Лесков Л.В. Индустриализация космоса; проблемы и перспективы. М.: Наука, 1987, 246с.
2. Полежаев В.И. Режимы микроускорений, гравитационная чувствительность и методы анализа технологических экспериментов в условиях невесомости. МЖТ, №5, 1994, 22-36с.
3. Лебедев А.П., Полежаев В.И. Механика невесомости; микроускорение и гравитационная чувствительность процессов массообмена при получении материалов в космосе. Успехи механики, 1990, ГЛЗ, № 1, 3 -52с.
4. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы - Л.; Энергоатомиздат, 1986 - 188с.
5. Средства измерения параметров магнитного поля / Ю.В.Афанасьев, Н.В.Студенцов, В.Н.Хорев и др. - Л. ; Энергия, 1979 - 320 с.

БЛОК МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ КАРОТАЖЕ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Афанасьев Ф.В.

Все более широкое применение при бурении нефтяных скважин находит электромагнитный контроль параметров пласта (каротаж). При этом основная задача при разработке аппаратуры электромагнитного каротажа - выбор оптимального схмотехнического решения, позволяющего получить наиболее точные характеристики пласта.

Система электромагнитного каротажа состоит из двух частей - аналоговой и цифровой. Аналоговая часть содержит датчиковую аппаратуру и блок обработки сигналов с датчиков. Цифровая часть выполняет функции оцифровки сигналов с датчика, цифровую обработку полученной информации, выдачу ее на ЭВМ, а также формирует сигналы возбуждения датчиков. Рассмотрим более подробно цифровую часть.

Структурная схема цифровой части (блока микропроцессорной обработки) системы электромагнитного каротажа представлена на рисунке.