

3. Существенной особенностью ЛМЛС является то, что пространственные производные магнитного поля по направлению вдоль оси локатора не измеряются, а рассчитываются по измерениям разнесенных магнитометров. Это дает возможность во много раз повысить чувствительность локатора к производным высоких порядков и фактически уравнивать по значимости критерии работоспособности, выраженные через  $H'$ ,  $H''$  и иногда даже через  $H'''$ .

4. Наличие разнесенных (и механически не связанных друг с другом) магнитометров в структуре ЛМЛС вызывает специфические осложнения и в некоторых случаях - повышенные требования к оформлению и окружению локатора. В частности, здесь в полной мере приходится рассчитывать на большой динамический диапазон и высокую степень линейности сквид-магнитометрических датчиков, добавив еще к этому требования высокой стабильности коэффициента передачи электронного тракта каждого из каналов.

5. При значительных (в десятки метров) расстояниях между измерительными точками ЛМЛС требование высокой стабильности коэффициента передачи приводит к необходимости исключать длинные линии передачи аналогового сигнала (из-за неконтролируемого изменения сопротивления таких линий), т.е. сигнал должен быть представлен в цифровом виде как можно ближе к датчику.

6. Чувствительность сквид-датчиков ЛМЛС настолько велика, что реализовать ее можно только при исключении или учете и компенсации самых разнообразных помех, в том числе и таких, о которых раньше и не подозревали (и уж, во всяком случае, не считали их заслуживающими внимания). Для локаторов разной структуры и для разных условий размещения ЛМЛС сравнительная роль источников помех различна. Безусловно ясно, что в городе с активной промышленной и транспортной деятельностью главными являются именно индустриальные помехи. На втором месте стоит шумовой сигнал, связанный с нестабильностью положения датчиков

(однако, только в самых неблагоприятных условиях; существует целый ряд средств, позволяющих эту помеху снизить на 3-6 порядков).

7. Беглый анализ помех работе ЛМЛС и существующих способов уменьшения их влияния показывает, что можно снизить суммарный шумовой сигнал до  $\sim 2 \cdot 10^{-13}$  Тл, причем этот уровень обеспечивается почти в равных долях индустриальными шумами и вариациями МПЗ. При отсутствии жесткой базы локатора нестабильность положения датчиков также даст приблизительно такой же вклад в шумовой сигнал.

8. Достигнутый в отечественных лабораторных образцах сквидов уровень чувствительности  $\sim 10^{-14}$  Тл более чем достаточен для того, чтобы создавать рабочие макеты действующих ЛМЛС. Основные технические трудности на настоящий момент уже не в сквиде и его технологии, а в подавлении влияния многочисленных помех и нестабильностей (как внешних, так и собственных), однако, все они вполне преодолимы.

9. Ожидаемые эксплуатационные параметры ЛМЛС типа 6(Н) при уровне шумового сигнала  $\sim 2 \cdot 10^{-13}$  Тл таковы: диполь с магнитным моментом  $10^6$  А.м<sup>2</sup> обнаруживается на расстоянии 3,5 км, лоцируется на расстоянии до 1,3 км и идентифицируется на расстоянии до 1 км.

10. Сквид-магнитометр в ЛМЛС является не единственным сверхпроводящим прибором. Тестирование входных каскадов усилителей с требуемой степенью точности не обойдется без джозефсоновского эталона вольта и джозефсоновского компаратора токов (оба прибора обеспечивают 7 значащих цифр). Оба этих прибора уже существуют в действующих макетах и без труда могут быть присоединены к ЛМЛС в качестве обязательных элементов структуры.

II. Наиболее перспективной схемой стационарной ЛМЛС в настоящее время представляется схема  $N(N_x + N_y + N_z)$  с  $N$  ( $N \leq 6$ ) измерительными точками, в каждой из которых измеряются три ортогональных компоненты поля. Трех-, четырехкратная избыточность и почти круговая диаграмма угловой чувствительности сочетаются здесь

с еще одним преимуществом: отпадает необходимость в точной угловой юстировке каждого сосуда, т.к. все углы рассогласования легко рассчитываются и учитываются при обработке данных.

12. Настала пора позаботиться о разработке и практической реализации алгоритмического и электронного обеспечения системы автоматического управления и обработки информации, т.к. значительная часть задачи обеспечения работоспособности ЛМЛС решается именно средствами автоматической настройки и тестирования многоканальной системы и системой обработки информации с разветвленным алгоритмом.

В заключение несколько слов о другом варианте ЛМЛС. На подвижном устройстве разместить стационарную ЛМЛС можно лишь в том случае, когда длина его не меньше базы ЛМЛС. Однако и на маломерных объектах можно реализовать режим работы локабра, близкий к анализированному в этой работе.

Если объект движется по прямой линии (или линии достаточно большого радиуса кривизны) и считывание данных с магнитометров единственной измерительной точки проводится периодически, то по последовательности данных таких измерений можно в принципе восстановить картину поля, а для неподвижного лоцируемого объекта - и провести все необходимые вычисления. Псевдодальномерная задача разрешима и для подвижных объектов, однако, вопрос этот пока практически не исследован.

Настоящая работа коснулась лишь части проблем, относящихся к ЛМЛС, и выявила некоторые направления дальнейшего исследования и первоочередные задачи. Вот эти задачи:

1. Исследовать (машинным моделированием) устойчивость работы магнитолокаторов разной структуры при отсутствии возможности определения нулевого приближения для алгоритма локации (1).

2. Разработать и отладить машинную программу для макетной системы обработки информации ЛМЛС типа  $6(N_x + N_y + N_z)$  и для более простой системы  $6(N_y)$  (для начала - на базе большой ЭВМ).

3. Разработать программу и архитектуру микропроцессорной системы настройки и тестирования многоканальной ЛМДС.

4. Провести анализ работы "квази-ЛМДС" - одноточечного движущегося магнитометра (в таком же объеме, как в настоящей работе) с целью выявления его предельных возможностей для систем обнаружения и локации подвижных и неподвижных объектов.

5. Решить организационные и технические вопросы создания действующего макета стационарной ЛМДС типа 6(Н) на сквид-магнитометрах (для начала - с исполнением системы управления и обработки информации на базе средней ЭВМ).