

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*O.V. Zakorchenny, Yu.D. Minov,
M.M. Budnyk*

SELECTION OF OPTIMAL DESIGN OF INPUT ANTENNAS OF SQUID-MAGNETOMETER FOR MEASUREMENT AT UNSHIELDED ENVIRONMENT

Prototypes for 5 kinds of SQUID-magnetometer antennas (magnetometer, axial and planar gradiometers of 1st and 2nd orders) were created and their noise-immunity were experimentally studied. Spatial area into unshielded room with minimum values both amplitude of noise field and its gradients of the 1st and 2nd orders is determined.

Виготовлено макети та експериментально досліджено властивості 5 типів антен СКВІД-магнітометрів. Визначена перешкодозахисність різних типів антен. Знайдена область простору в неекранованому приміщенні з мінімумом амплітуди та градієнтів 1-го і 2-го порядків магнітного поля перешкод.

© О.В. Закорчений, Ю.Д. Мінов,
М.М. Будник, 2007

УДК 681.3 (031)

О.В. ЗАКОРЧЕНИЙ, Ю.Д. МІНОВ, М.М. БУДНИК

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВХІДНОЇ АНТЕНИ СКВІД-МАГНІТОМЕТРА ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ У НЕЕКРАНОВАНОМУ ПРИМІЩЕННІ

Вступ. Сучасні біомагнітні системи працюють з гранично малими магнітними полями. Особливо робота вимірювальних приладів ускладнюється у неекранованому приміщенні внаслідок дії зовнішніх магнітних перешкод. Для підвищення точності таких вимірювань застосовують багато заходів, серед яких багатоканальні системи [1], складні алгоритми адаптивної компенсації перешкод [1], вдосконалені конструкції антен та технологію їх виготовлення [2], механічне та електронне балансування антен [3].

Інший шлях полягає у визначенні просторового розподілу завад у приміщенні, де будуть проводитись біомагнітні дослідження та розміщення приладу в області мінімальних завад. Такий нібито нескладний прийом дає можливість покращити якість отриманого сигналу на один, а іноді й на два порядки. Також важливим при створенні систем є вибір типу антени, найменш чутливої до завад. Наприклад, теоретичні розрахунки, проведені в [4] для скануючого сасептометра показують, що оптимальною може бути як аксіальний тип антени, так і планарний. Який тип вибрати, залежить від орієнтації та неоднорідності завад у місці встановлення сасептометра.

1. Постановка задачі. Мета роботи – експериментально порівняти рівень завадозахищеності і на цій основі вибрати найбільш оптимальний тип вхідної антени для вимірювань в області неекранованого приміщення, яка має найменший рівень завад. Для досяг-

нення поставленої мети потрібно:

- виготовити збільшені у 10 разів натурні моделі різних типів вхідних антен: магнітометр (М), аксіальний градієнтометр 1-го (АГ-1) та 2-го (АГ-2) порядків та планарний градієнтометр 1-го (ПГ-1) та 2-го (ПГ-2) порядків [2, 3];
- виміряти розподіл завад, градієнтів 1-го і 2-го порядків в неекранованому приміщенні, у якому планується встановлення біомагнітної системи;
- порівняти перешкодозахищеність різних типів антен під дією близького модельного джерела перешкод.

2. Виготовлення макетів та вимірювання завад на різній висоті. Після виготовлення та перевірки макетів було проведено вимірювання ЕРС які виникають у кожній з антен під дією промислових електромагнітних завад. Досліджувались рівні завад на висотах 60, 110 та 160 см. Мінімальна висота 60 см обрана з тих міркувань, що висота ліжка для пацієнта приблизно 40 см, а товщина тіла людини – 20 см. Максимальна висота 160 см обумовлена можливістю дозаливки кріостату гелієм без його виймання із системи та обмежена висотою стелі. Висота 110 см взята як середнє арифметичне вказаних висот. Макети антен розмістили у центрі кімнати з метою віддалення їх від можливих металевих конструкцій та дротів живлення у стінах. Сигнал з антени подавався на підсилювач з коефіцієнтом підсилення 100, після чого – на мультиметр VOLTcraft DMM M-3890D, з'єднаним з ПК через USB. Мультиметр передавав виміряні значення ЕРС у програму DMM Profi Lab 3.0, у якій формувалась таблиця виміряних даних. Реєструвались досить великі вибірки вимірів (більше 500), що забезпечило достатню точність середніх значень. Середні значення отриманих ЕРС на трьох висотах зведені у табл. 1 і показані на рис. 1.

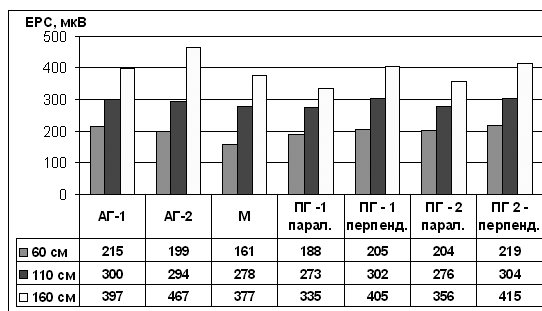


РИС. 1. Залежність ЕРС від промислових завад від висоти до полу приміщення

Із рис. 1 видно тенденцію зростання рівня завад при збільшенні висоти. Це спостерігається для всіх типів антен, що свідчить про закономірність даного ефекту. Це можна пояснити, з одного боку, тим, що кімната знаходиться на 1-му поверсі і нижче відсутні приміщення з електричними приладами, а вище – розташовані лабораторії, які мають електроприлади, що генерують завади. З іншого боку, у стелі знаходяться масивні балки перекриття, що містять значні металеві

конструкції, які сильно спотворюють розподіл поля у кімнаті. Тож оптимальною висотою з точки зору мінімуму завад виявилася висота 60 см, тому подальші вимірювання проводилися саме на цій висоті.

3. Вимірювання завад у різних місцях приміщення. Виходячи з того, що у стінах можуть знаходитись також металеві конструкції і дроти електромережі то від стін кімнати макети розміщували на відстані не менше 1 м. Враховуючи розміри кімнати 5,15 x 5,2 м і необхідність відступів від стін в середині кімнати, залишилась область 3 x 3 м, де було визначено 9 точок, які утворюють квадратну сітку (див. план кімнати на рис. 2).

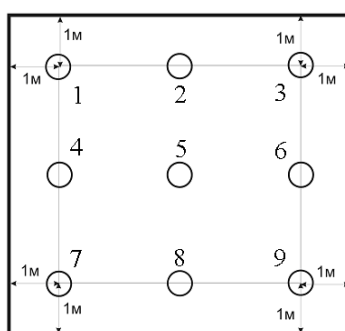


РИС. 2. Розміщення точок, де проводились вимірювання

Вимірювання проводилося всіма 5 типами антен, причому, використовуючи ПГ-1 та ПГ-2 проводилося по два виміри. Головні промені діаграми направленості планарних антен перпендикулярні до діаметрального провідника. Тому, повертаючи ПГ на 90°, ми вимірювали перпендикулярні компоненти поля та його градієнтів 1-го та 2-го порядків, при цьому АГ реєстрували вертикально направлені градієнти. Отримані дані зведено у табл. 1, звідки було обраховано модулі градієнтів у всіх 9 точках та побудовано карти розподілу завад. Результати подано на рис. 3.

ТАБЛИЦЯ 1. Значення ЕРС (мкВ) для 5 типів антен у 9 точках

Антенa Точка	АГ1	ПГ-1 (паралельно)	ПГ-1 (перпендикулярно)	АГ2	ПГ-2 (паралельно)	ПГ-2 (перпендикулярно)	М
1	2	3	4	5	6	7	8
1	515	488	547	424	420	421	423
2	391	392	498	426	617	749	849
3	180	170	182	178	166	171	171
4	379	510	447	445	441	444	492
5	188	155	164	166	170	155	161

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	195	134	166	226	199	189	172
7	408	399	403	415	412	420	403
8	393	307	302	353	332	328	465
9	947	791	776	784	735	697	760

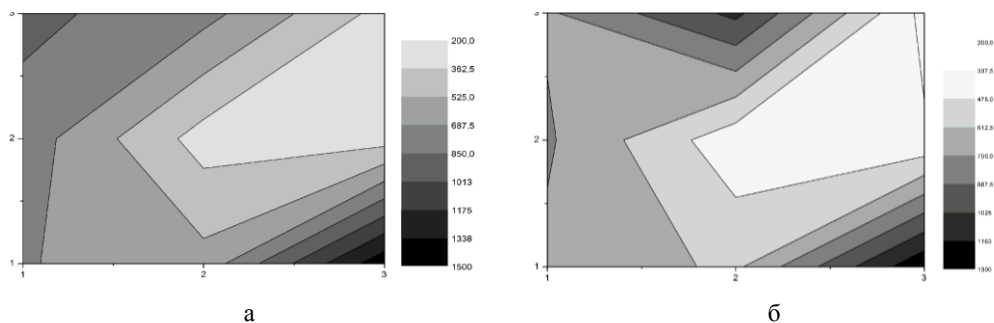


РИС. 3. Просторовий розподіл градієнтів 1-го (а) та 2-го (б) порядків

Із рис. 3 видно, значення завод та їх градієнтів у трьох точках 3, 5 та 6 мінімальні, отже, ці точки та їх околиці рекомендовані для розміщення СКВІД-магнітометра.

4. Вимірювання перешкодозахищеності градієнтометрів. При моделюванні завод у близькій зоні джерелом були 10 витків мідного дроту розташовані на відстані 10 см від найнижчого витка антен. На джерело подавався синусоїдальний сигнал з частотою 5 МГц та амплітудою 10 В. Значення ЕРС, наведених у антенах під дією близького джерела, наведені в табл. 2.

ТАБЛИЦЯ 2. ЕРС у антенах під дією близького джерела вертикальної завод

Тип антени	Джерело вимкнене, мкВ	Джерело ввімкнене, мкВ	Сигнал, мкВ	Відносна перешкодозахищеність
М	232	90	142	1
АГ-1	230	100	130	1,09
АГ-2	230	112	118	1,20
ПГ-1	225	220	5	28,4
ПГ-2	220	220	менше 1	більше 142

Проаналізувавши дані табл. 2, видно, що найбільший рівень подавлення завад мають антени планарного типу ПГ – 1 та ПГ – 2.

Подяка. Робота фінансувалась Науково-Технологічним Центром в Україні (НТЦУ) в рамках проекту № 3074 “СКВІД-магнітометрична система для контролю за магнітними контрастуючими агентами і керованим транспортом ліків на магнітних носіях” (керівник – чл.-кор. НАН України Войтович І.Д.).

1. Будник Н. Компенсация помех в многоканальных СКВИД-магнитометрических системах // Укр. метролог. журнал. – 2001. – № 1. – С. 20 – 23.
2. Патент UA 16882. Надпровідниковий градієнтометр магнітного поля / Ю. Мінов, М. Будник (Україна). Заявл. 12.05.2006; Бюл. № 8. – 2006. – 14 с., 7 іл.
3. Патент UA 19997. Спосіб механічного балансування надпровідникового градієнтометра магнітного поля / М. Будник, Ю. Мінов (Україна). Заявл. 12.05.2006. Бюл. № 1. – 2007. – 11 с., 4 іл.
4. Будник Н. Выбор оптимального сочетания типа антенны и ориентации поля намагничивания в сканирующем сасептометре // Електроніка і зв'язок. – 2006. – № 5. – С. 49 – 53.

Отримано 06.06.2007