

УДК 623.004.67

В.П. Василенко¹, О.І. Жайворонок¹

¹ Академія внутрішніх військ МВС України, Харків

² Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНІТНОГО ПОЛЯ

В статті проаналізовані найбільш поширених типів перетворювачів магнітного поля для визначення напрямку впливу на джерело магнітного поля, визначено, що найбільш розповсюдженим у військових метрологічних органах Озброєння Збройних Сил України є ферозондові перетворювачі магнітного поля.

Ключові слова: перетворювачів магнітного поля, ферозонд.

Вступ

Постановка задачі. Діапазони електромагнітних випромінювань (ЕМВ) впливають на здоров'я і працездатність військовослужбовця, наслідки цього впливу можуть суттєво впливають на стан боєготовності військової частини. Аналіз прилади для вимірювання: характеристик магнітного поля і магнітних властивостей речовин, подальше визначення їх переваг та недоліків суттєво впливає на проведення метрологічного забезпечення озброєння військ (сил), що здійснюється виїзною метрологічною групою в складі пересувної лабораторії вимі-

рювальної техніки бази вимірювальної техніки Озброєння Збройних Сил (ЗС) України.

Актуальність даної науково-прикладної задачі зумовлена постійним підвищенням вимог до якості засобів вимірювання характеристик магнітного поля і магнітних властивостей речовин у військових метрологічних органах Озброєння ЗС України.

Аналіз літератури. Питання дослідження вимірювання характеристик магнітного поля ґрунтовно визначені в [1 – 5]. В [1] викладені основні терміни та визначення метрології та вимірювальної техніки. В [2] розглядаються теоретичні відомості вимірювання характеристик магнітного поля. В [3]

висвітлено основні положення про засоби та методи вимірювання електричних величин. В [4] розглядаються питання організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України. В [5] встановлюються правила експлуатації вимірювальної техніки військового призначення. Але лишаються відкритими питання, які пов'язані з проведенням аналізу найбільш поширених типів перетворювачів магнітного поля для визначення напрямку впливу на джерело магнітного поля

Метою статті є аналіз найбільш поширених типів перетворювачів магнітного поля для визначення напрямку впливу на джерело магнітного поля.

Основний матеріал

Для вимірювання характеристик магнітного поля і магнітних властивостей речовин (магнітних матеріалів) використовується магнітометр. Залежно від визначуваної величини розрізняють прилади для вимірювання: напруженості поля (ерстедметри), напрямку поля (інклінометри і деклінометри), градієнта поля (градієнтметри), магнітної індукції (тесламетри), магнітного потоку (веберметри, або флюксметри), коерцитивної сили (коерцитиметри), магнітної проникності (мю-метри), магнітної сприйнятливості (каппа-метри), магнітного моменту. Магнітометри - прилади для вимірювання напруженості, напрямку і градієнта магнітного поля. Шкали магнітометра градууються в одиницях напруженості магнітного поля СГС системи одиниць (ерстед, ме, мке, гамма = 105 е) і в одиницях магнітної індукції СІ (тесла, мкТл, нТл). Найголовнішим параметром магнітометра є його чутливість. Для магнітометрів прийнято чутливість позначати величиною магнітної індукції поля, яке здатний зареєструвати прилад. Звичайно чутливість вимірюють в нанотеслах (нТл) $1 \text{ нТл} = 10^9 \text{ Тл}$. Окрім чутливості для визначення якості приладу використовують такий параметр, як дозволена здатність, який також вимірюється в нанотеслах і визначає ту мінімальну різницю індукції, яку можливо зареєструвати приладом. Магнітометри розрізняють для вимірювань абсолютних значень характеристик поля і відносних змін поля в просторі або в часі. При розробці магнітоелектронної апаратури і приладів основним завданням є оптимальний вибір перетворюючого магнітного поля. На рис. 1 подані найбільш поширені типи перетворювачів магнітного поля для визначення напрямку впливу на джерело магнітного поля.

Вибір типу перетворювача магнітного поля (ПМП) здійснюється з урахуванням необхідних параметрів апаратури, яка розробляється, умов її експлуатації і низки економічних факторів. При виборі ПМП особлива увага повинна приділятися вивченню їх орієнтаційних характеристик. Основною вимогою до ПМП є це висока і явно виражена координатна магнітна чутливість. Найбільш розповсюдженим у військових метрологічних органах Озброєння Збройних Сил України є ферозондові перетворювачі магнітного поля, або ферозонди, що

призначені для вимірювання і індикації постійних і поволі змінних магнітних полів і їх градієнтів.

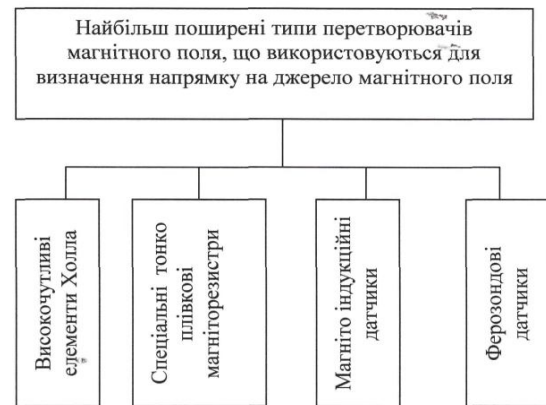


Рис. 1. Типи перетворювачів магнітного поля

Для ферозонду заснована на зміні магнітного стану феромагнетика під впливом двох магнітних полів різних частот. На рис. 2 визначені деякі варіанти конструкцій ферозондів.

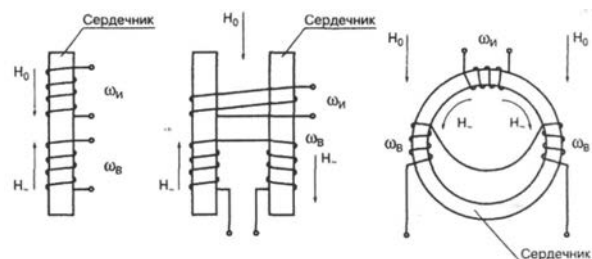


Рис. 2. Деякі варіанти конструкцій ферозондів

У простому варіанті ферозонд складається з феромагнітного сердечника і двох котушок, що знаходяться на ньому:

- котушки збудження, що живиться змінним струмом;
- вимірювальної (сигнальної) котушки.

Сердечник ферозонду виконується з матеріалів з високою магнітною проникністю. На котушку збудження від спеціального генератора подається змінна напруга з частотою від 1 до 300 кГц (залежно від рівня параметрів і призначення приладу).

У відсутність вимірюваного магнітного поля сердечник під дією змінного магнітного поля H_0 , створюваного струмом в котушці збудження, перемагнічується по симетричному циклу. Зміна магнітного поля, викликана перемагнічуванням сердечника по симетричній кривій, індукуює в сигнальній котушці, що змінюється по гармонійному закону.

Якщо одночасно на сердечник діє вимірюване постійне або поволі змінне магнітне поле H_0 , то крива перемагнічування міняє свої розміри і форму і стає не симетричною. При цьому змінюється величина і гармонійний склад ЕРС в сигнальній котушці. Зокрема, з'являються парні гармонійні складові ЕРС, величина яких пропорційна напруженості вимірюваного поля і які відсутні при симетричному циклі перемагнічування. Ферозонди підрозділяються на стрижньові

одноелементні (рис. 2, а), диференціальні з розімкненим сердечником (рис. 2, б), диференціальні із замкнутим (кільцевим) сердечником (рис. 2, в).

Диференціальний ферозонд (рис. 2, б, в), як правило, складається з двох сердечників з обмотками, які сполучені так, що непарні гармонійні складові практично компенсуються. Тим самим спрощується вимірювальна апаратура і підвищується чутливість ферозонду. Ферозонди відрізняються дуже високою чутливістю до магнітного поля. Вони здатні реєструвати магнітні поля з напруженістю до 10^{10} - 10^{15} А/м (10^{10} - 10^{15} Тл).

Сучасні конструкції ферозондів відрізняються компактністю. Об'єм ферозонду, яким комплектуються магнітометри Г73, складає менше 1 см^3 , а трикомпонентний ферозонд для магнітометра Г74 вписується в куб із стороною 15 мм. На рис. 3 приведена конструкція і габарити мініатюрного стрижньового ферозонду. Конструкція ферозонду достатньо проста і не вимагає особливих пояснень. Його сердечник виготовлений з пермалою. Він має змінний по довжині поперечний переріз, що зменшується приблизно в 10 разів в центральній частині сердечника, на яку намотані вимірювальна обмотка і обмотка збудження.

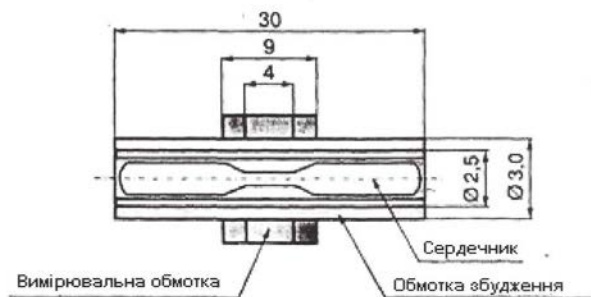


Рис. 2. Конструкція і габарити мініатюрного стрижньового ферозонду.

Така конструкція забезпечує при порівняно великій довжині (30 мм) високу магнітну проникність ($1,5 \times 10^5$) і мале значення напруженості поля насичення в центральній частині сердечника, що приводить до збільшення фазової і тимчасової чутливості ферозонду. За рахунок цього поліпшується і форма вихідних імпульсів у вимірювальній обмотці ферозонду, що дозволяє понизити похибки схеми формування сигналу «час-імпульс». Діапазон вимі-

рювання ферозондових перетворювачів типової конструкції складає $\pm 50 \dots \pm 100 \text{ А/м}$ ($\pm 0,06 \dots \pm 0,126 \text{ мТл}$).

Щільність магнітного шуму в смузі частот до 0,1 Гц для ферозондів із стрижньовими сердечниками складає 30-40 мкА/м ($\text{м} \times \text{Гц}^{1/2}$) залежно від поля збудження, зменшуючись із збільшенням останнього. У смузі частот до 0,5 Гц щільність шуму опиняється в 3 - 3,5 рази вище. При експериментальному дослідженні кільцевих ферозондів встановлено, що рівень шуму у них на порядок нижче, ніж у ферозондів із стрижньовими сердечниками.

Висновки

1. В статті проаналізовані найбільш поширених типів перетворювачів магнітного поля для визначення напрямку впливу на джерело магнітного поля.
2. Визначено, що вибір типу перетворювача магнітного поля здійснюється з урахуванням необхідних параметрів апаратури, яка розробляється, умов її експлуатації і низки економічних факторів.
3. Визначено, що найбільш розповсюдженим у військових метрологічних органах озброєння Збройних Сил України є ферозондові перетворювачі магнітного поля, або ферозонди, що призначені для вимірювання і індикації постійних і поволі змінних магнітних полів і їх градієнтів.

Список літератури

1. Чинков В.М. *Основи метрології та вимірювальної техніки* / В.М. Чинков. – Х.: НТУ «ХПІ», 2005. – 523 с.
2. Бичковський Р.В. *Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація* / Р.В. Бичковський, П.Т. Столярчук, П.Р. Гамула. – Львів: НУ ЛПІ, 2004. – 559 с.
3. *Метрологическое обеспечение и поверка средств измерений электрических величин* / С.И. Кондрашов, В.К. Гусельников и др. – Х.: НТУ «ХПІ», 2007. – 287 с.
4. Войтенко С.С. *Нормативні та організаційні основи метрологічного забезпечення військ (сил)* / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов. – Х.: ХУПС, 2012. – 292 с.
5. *Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника озброєння ЗС України «Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України» від 1.06.2001.*

Поступила в редколлегию 26.12.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В.П. Василенко, А.И. Жайворонок

В статье проанализированы наиболее распространенные типы преобразователей магнитного поля для определения направления влияния на источник магнитного поля, определено, что наиболее распространёнными у военных метрологических органах Вооружения Вооружённых Сил Украины являются феррозондовые преобразователи магнитного поля.

Ключевые слова: преобразователи магнитного поля, феррозонд.

ANALYSIS OF MEASUREMENTS DEVICES OF DESCRIPTIONS DETERMINATION OF MAGNETIC FIELD

V.P. Vasilenko, A.I. Zhayvoronok

In the article the most widespread types of transformers of magnetic-field are analysed for a direction finding influence on the source of magnetic-field, it is certain that most widespread at soldierly metrology organs of Armament of Military Powers of Ukraine there are ferro-probe transformers of magnetic-field.

Keywords: transformers of magnetic-field, ferro-probe.