

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломної роботи

магістра
(ступінь підготовки)

галузь знань 12 Інформаційні технології
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки
(спеціальність) 125 Кібербезпека
(код і назва напрямку підготовки)

спеціалізація
(освітня програма) Кібербезпека
(код і назва спеціальності)

ступінь підготовки магістр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація професіонал із організації інформаційної безпеки
(код і назва кваліфікації)

на тему: Особливості екранування складових електромагнітного поля для захисту від витоку інформації каналами ПЕМВ

Виконавець: студент 2 курсу, групи 125м-16-1

Бублик Олександр Борисович
(підпис) (прізвище ім'я по-батькові)

Керівники роботи	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
розділів:	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
спеціальний	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
економічний	к.е.н., доц. Волотковська Ю.О.		

Рецензент			
-----------	--	--	--

Нормоконтроль	ас. Мешков В.І.		
---------------	-----------------	--	--

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікацій
_____ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

напряму підготовки
(спеціальності)

125 Кібербезпека

(код і назва спеціальності)

студенту

125м-16-1

(група)

Бублику Олександр Борисовичу

(прізвище ім'я по-батькові)

Тема дипломної роботи Особливості екранування складових електромагнітного поля для захисту від витоку інформації каналами ПЕМВ

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора Державного ВНЗ «НГУ» від _____ № _____

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень процес витоку інформації каналами побічних електромагнітних випромінювань

Предмет досліджень способи екранування побічного електромагнітного випромінювання

Мета НДР підвищення ефективності екранування складових побічного електромагнітного випромінювання технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом

Вихідні дані для проведення роботи матеріали науково-дослідної та переддипломної практик

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна застосування екранів на основі феритових сплавів підвищує ефективність екранування низькочастотної магнітної складової побічних електромагнітних випромінювань

Практична цінність підвищення ефективності екранування низькочастотної магнітної складової побічних електромагнітних випромінювань

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати проведених досліджень повинні відповідати поставленим задачам дипломної роботи. При виконанні дипломної роботи необхідно дотримуватись вимог нормативних документів у сфері технічного захисту інформації

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд джерел за темою та напрям досліджень	18.09.17-06.10.17
Методи досліджень	07.10.17-24.11.17
Результати досліджень	25.11.17-15.12.17
Виконання економічного розділу	16.12.17-29.12.17
Оформлення пояснювальної записки	30.12.17-10.01.18

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект доцільність витрат на використання феритового сплаву для екранування побічних електромагнітних випромінювань

Соціальний ефект підвищення рівня захищеності інформації з обмеженням доступом від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Оформлення роботи повинно відповідати ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»

Завдання видав _____
(підпис)

Корнієнко В.І.
(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв
до виконання _____
(підпис)

Бублик О.Б.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 01.09.17р.

Термін подання дипломної роботи до ДЕК 16.01.18р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 88 с., 20 рис., 23 табл., 3 додатки, 59 джерел.

Об'єкт дослідження: процес виникнення електромагнітних випромінювань.

Мета роботи: підвищення ефективності екранування складових побічного електромагнітного випромінювання технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом.

Методи дослідження: методи індукції, аналізу і синтезу (при розкритті теоретичних положень); метод обробки інформації (при розрахунках параметрів).

У спеціальній частині дана характеристика екрануючих матеріалів. Проведено розрахунки коефіцієнтів екранування екрануючих матеріалів.

В економічному розділі визначені витрати на дослідження та розробку рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій по підвищенню ефективності екранування складових побічних електромагнітних випромінювань.

Наукова новизна дослідження полягає у застосуванні екранів на основі феритових сплавів для екранування складових побічних електромагнітних випромінювань.

ПОБІЧНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ, МАГНІТНА СКЛАДОВА, ЕЛЕКТРИЧНА СКЛАДОВА, МАГНІТНА ПРОНИКЛИВІСТЬ, ЕКРАНУВАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЕКРАНУВАННЯ, ФЕРИТОВІ СПЛАВИ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 88 с., 20 рис., 23 табл., 3 приложения, 59 источник.

Объект исследования: процесс возникновения электромагнитных излучений.

Цель работы: повышение эффективности экранирования составляющих побочного электромагнитного излучения технических средств обработки информации с ограниченным доступом.

Методы исследования: индукции, анализа и синтеза (при раскрытии теоретических положений), обработки информации (при расчетах параметров).

В специальной части дана характеристика экранирующих материалов. Проведены расчеты коэффициентов экранирования экранирующих материалов.

В экономическом разделе определены затраты на исследования и разработку рекомендаций по повышению эффективности экранирования магнитной и электрической составляющих побочного электромагнитного излучения.

Практическое значение работы состоит в разработке рекомендаций по повышению эффективности экранирования составляющих побочных электромагнитных излучений.

Научная новизна исследования заключается в применении экранов на основе ферритовых сплавов для экранирования составляющих побочных электромагнитных излучений.

ПОБОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ, МАГНИТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ, МАГНИТНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, ЭКРАНИРОВАНИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ ЭКРАНИРОВАНИЯ, ФЕРРИТОВЫЕ СПЛАВЫ

ABSTRACT

Explanatory note: 88 pages, 20 figures, 23 tables, 3 appendices, 59 sources.

Object of research: appearance of electromagnetic radiation process.

Purpose of degree work: increase shielding effectiveness of the parts for adverse electromagnetic radiation of apparatus that can processing limited access information.

Research methods: induction, analysis, synthesis (for description of the theoretical principles), information processing (calculate the parameters).

The special part of the structural elements considered shielding materials characteristic, calculations of shielding coefficients for shielding materials.

The economic section defines the cost of research and development of recommendations for increasing the efficiency of screening of the magnetic and electrical components of the side electromagnetic radiation.

The use of research in practice is to development recommendations for increasing the efficiency from adverse electromagnetic radiation shielding of low-frequency parts.

The scientific novelty of the research is to applying ferrite alloy for shielding low frequency-magnetic part of adverse electromagnetic radiation.

ADVERSE ELECTROMAGNETIC RADIATION, MAGNETIC PART, ELECTRIC PART, MAGNETIC PERMEABILITY, SHIELDING, SHIELDING FACTOR, FERRITE ALLOY.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АС – автоматизована система;
- ВЧ – високочастотний;
- ДТЗС – допоміжні технічні засоби і системи;
- ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
- ЕРС – електрорушійна сила;
- ІБ – інформаційна безпека;
- ІзОД – інформація з обмеженим доступом;
- ІР – інформаційні ресурси;
- ІС – інформаційна система;
- ІТ – інформаційні технології;
- ІТС – інформаційно-телекомунікаційна система;
- ЗІ – захист інформації;
- КЗЗ – комплекс засобів захисту;
- КС – комп'ютерна система;
- КСЗІ – комплексна система захисту інформації;
- ЛОМ – локальна обчислювальна мережа;
- НД ТЗІ – нормативний документ технічного захисту інформації;
- НСД – несанкціонований доступ;
- НЧ – низькочастотний;
- ОС – обчислювальна система;
- ОІД – об'єкт інформаційної діяльності;
- ОТЗ – основні технічні засоби;
- ПБ – політика безпеки;
- ПЕМВ – побічні електромагнітні випромінювання;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПК – персональний комп'ютер;
- ПРД – правила розмежування доступу;
- СЗІ – служба захисту інформації;

ТЗ – технічне завдання;

ТЗІ – технічний захист інформації;

ТЗП – технічні засоби передачі, обробки, зберігання, відображення інформації.

ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ ВІД ВИТОКУ КАНАЛАМИ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ШЛЯХОМ ЕКРАНУВАННЯ.....	14
1.1 Причини виникнення побічних електромагнітних випромінювань	14
1.2 Класифікація технічних каналів витоку інформації.....	15
1.2.1 Електромагнітні канали витоку інформації.....	16
1.2.2 Електричні канали витоку інформації	17
1.3 Аналіз природи електромагнітного поля.....	17
1.3.1 Електромагнітні хвилі.....	18
1.3.2 Магнітний і електричний диполь	21
1.4 Аналіз способів захисту від ПЕМВ	23
1.4.1 Електростатичне екранування	25
1.4.2 Магнітостатичне екранування	26
1.4.3 Електромагнітне екранування.....	27
1.5 Фізичні принципи екранування	34
1.5.1 Концепція відмінності хвильових імпедансів	40
1.6 Аналіз технічних засобів обробки інформації	43
1.7 Постановка задачі дослідження.....	45
1.8 Висновок	46
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЕКРАНУВАННЯ СКЛАДОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ КАНАЛАМИ ПЕМВ	47
2.1 Порівняльний аналіз матеріалів для екранування побічного електромагнітного випромінювання	47
2.2 Причини виникнення електричних каналів витоку інформації	50
2.3 Розрахунок коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів	53

	10
2.3.1 Розрахунок коефіцієнтів поглинання екрануючих матеріалів	56
2.3.2 Розрахунок коефіцієнтів відбиття екрануючих матеріалів.....	61
2.3.3 Розрахунок коефіцієнту ефективності екранування основних екрануючих матеріалів	64
2.3.4 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів	65
2.4 Перспективні напрями підвищення ефективності екранування магнітної складової побічних електромагнітних випромінювань	66
2.5 Розрахунок коефіцієнтів екранування феритових сплавів	68
2.6 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик феритового сплаву.....	70
2.7 Розробка рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання	72
2.8 Висновок	73
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	75
3.1 Визначення трудовитрат на дослідження екранування електромагнітних випромінювань	75
3.2 Розрахунок витрат на НДР	76
3.3 Оцінка економічної ефективності	78
3.4 Висновок	79
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	81
ДОДАТОК А	86
ДОДАТОК Б	87
ДОДАТОК В	88

ВСТУП

Вплив електромагнітного випромінювання (ЕМВ) різної природи на технічні та біологічні об'єкти є істотним фактором, що впливає на їх функціонування. Оскільки в даний час значно зросла кількість різноманітних джерел ЕМВ (інформаційні системи, системи зв'язку, навігації та ін.) І розширюється використовуваний частотний діапазон, то актуальними є проблеми захисту від впливу електромагнітних сигналів у широкій частоті частот.

Наряду з технічними аспектами цих питань існують і інші, зокрема, екологічні аспекти, які в ряді випадків є визначальними.

Розробка систем захисту, екранування та поглинання широкодіапазонного ЕМВ є досить складною задачею як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Жовті технічні вимоги до таких систем обумовлюють необхідність пошуку комплексних рішень захисту від ЕМВ, а також захисту інформації, що міститься в ЕМВ.

Такі рішення включають в себе використання не тільки спеціальних матеріалів і покриттів, але й елементів конструкцій (будівельних або технічних), обліку електродинамічних властивостей навколишнього середовища та ін.

Правильний облік розповсюдження та розподілу радіохвиль дає можливість використовувати захисні властивості таких елементів конструкцій. Необхідність додаткового екранування повинна бути обґрунтована і розглянута тільки після того, як вичерпані конструктивні рекомендації щодо оптимального компонування. Необхідно відмітити, що електромагнітний дисплей одночасно з виконанням основної функції перерозподіляє електромагнітне поле всередині об'єкта.

У даному огляді основна увага приділяється таким базовим компонентам систем захисту від ЕМВ, як екрани та поглиначі. Різноманіття матеріалів та конструкцій для цих елементів призводить до необхідності визначення

цілеспрямованості застосування тих чи інших пристроїв для вирішення конкретних завдань.

Діапазон частот побічних електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації становить від десятків Гц до декількох ГГц, а розповсюдження у просторі – на відстань до сотень метрів [2]. Останнім часом проблематика низькочастотних електромагнітних випромінювань привертає чималу увагу розробників і користувачів технічних засобів обробки інформації. Основною причиною такої зацікавленості є висока проникаюча можливість низькочастотних полів та складність локалізації (екранування) джерел випромінювання [2], тому екранування магнітної та електричної складової електромагнітного поля є актуальною задачею технічного захисту інформації з обмеженим доступом.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом.

Для досягнення мети в дипломній роботі поставлені такі завдання:

- проведення аналізу процесу виникнення побічних електромагнітних випромінювань;
- проведення аналізу способів захисту інформації з обмеженим доступом від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань;
- проведення аналізу принципів екранування побічного електромагнітного випромінювання;
- проведення аналізу екрануючих матеріалів для екранування складових побічних електромагнітних випромінювань;
- проведення порівняльної оцінки характеристик екрануючих матеріалів;
- проведення аналізу перспективних напрямів підвищення ефективності екранування складових побічних електромагнітних випромінювань;
- розробка рекомендацій по підвищенню ефективності екранування складових побічного електромагнітного випромінювання.

Об'єкт дослідження – процес витоку інформації каналами побічних електромагнітних випромінювань.

Предмет дослідження – способи екранування побічного електромагнітного випромінювання.

При вирішенні поставлених завдань у дипломній роботі використані методи індукції, аналізу і синтезу (при розкритті теоретичних положень); метод обробки інформації (при розрахунках параметрів).

Наукова новизна полягає у застосуванні екранів на основі феритових сплавів для екранування низькочастотної магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання.

Практична цінність роботи полягає у підвищенні ефективності екранування низькочастотної магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання.

РОЗДІЛ 1. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ ВІД ВИТОКУ КАНАЛАМИ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ШЛЯХОМ ЕКРАНУВАННЯ

1.1 Причини виникнення побічних електромагнітних випромінювань

Засоби електрозв'язку та інші радіоелектронні прилади мають електромагнітне випромінювання. Воно необхідно, щоб передавати дані, але є також і небажані хвилі у вигляді позасмугових, електромагнітних та шумових. Саме через них може виникнути витік відомостей. Характер цього випромінювання безпосередньо залежить від дальності дії обладнання.

При зборі інформації з пристроїв ближньої дії використовують магнітну складову, далекого – електромагнітне випромінювання. Таким чином технічний канал витоку інформації буде створювати поле перешкод. Воно буде залежати від розмірів приміщень, місць розташування зчитуючого обладнання і від матеріалів, з якого воно створене. Щоб визначити витік, потрібно перевіряти обидва поля, і ближнє і далеке.

Основу випадкових небезпечних сигналів, які виникають під час роботи на об'єкті інформаційної діяльності (ОІД) радіозасобів і електричних приладів, складають побічні електромагнітні випромінювання (ПЕМВ).

Функціонування будь-якого технічного засобу інформації пов'язано з протіканням по його струмоведучих елементах електричних струмів різних частот і утворенням різниці потенціалів між різними точками його електричної схеми, що породжує магнітні та електричні поля, [1], які називають побічними електромагнітними випромінюваннями.

Вузли та елементи електронної апаратури, в яких мають місце великі напруги і протікають малі струми, створюють в ближній зоні електромагнітні поля, в яких переважає електрична складова, [3]. Переважний вплив електричних полів на елементи електронної апаратури спостерігається і в тих випадках, коли ці елементи малочутливі до магнітної складової електромагнітного поля.

Вузли й елементи електронної апаратури, в яких протікають великі струми і мають місце малі перепади напруги, створюють в ближній зоні електромагнітні поля, в яких переважає магнітна складова, [3]. Переважний вплив магнітних полів на апаратуру спостерігається також у випадку, коли даний пристрій малочутливий до електричної складової.

Змінні електричне і магнітне поля створюються також в просторі, що оточує з'єднувальні лінії (дроти, кабелі) технічних засобів передачі, обробки, зберігання та відображення інформації (ТЗП).

Побічні електромагнітні випромінювання ТЗП є причиною виникнення електромагнітних і параметричних каналів витоку інформації, а також можуть виявитися причиною виникнення наводки інформаційних сигналів в сторонніх струмопровідних лініях і конструкціях, [3]. Тому зниженню рівня побічних електромагнітних випромінювань приділяється велика увага.

1.2 Класифікація технічних каналів витоку інформації

Класифікація технічних каналів витоку інформації ґрунтується на поділі їх на підгрупи. Існують природні і спеціально створені канали. Перші можуть з'являтися внаслідок побічних електромагнітних випромінювань під час переробки інформації або при сторонніх провідниках. У другому випадку в систему спеціально впроваджуються пристрою, спрямовані на перехоплення. Для цього використовуються приймальні пристрої та широкосмугові спрямовані антени. Розглядаючи технічні канали витоку інформації, варто також враховувати і джерела перешкод.

Можливі технічні канали витоку інформації утворюються:

- низькочастотними електромагнітними полями, які виникають під час роботи ТЗП і допоміжних технічних засобів та систем (ДТЗС);
- під впливом на ТЗП і ДТЗС електричних, магнітних і акустичних полів;
- при виникненні паразитної високочастотної генерації;

- при проходженні інформативних (небезпечних) сигналів у ланцюгах електроживлення;
- при взаємному впливі електричних ланцюгів;
- при проходженні інформативних (небезпечних) сигналів у ланцюгах заземлення;
- внаслідок помилкових комутацій і несанкціонованих дій.

Залежно від середовища поширення інформаційних сигналів і способів їх перехоплення, технічні канали витоку інформації каналами ПЕМВ можна розділити на електромагнітні та електричні.

1.2.1 Електромагнітні канали витоку інформації

До електромагнітних каналів витоку інформації відносяться, [4]:

- перехоплення побічних електромагнітних випромінювань елементів ТЗПІ;
- перехоплення ПЕМВ на частотах роботи високочастотних (ВЧ) генераторів в ТЗПІ і ДТЗС;
- перехоплення ПЕМВ на частотах самозбудження підсилювачів низької частоти (НЧ) ТЗПІ.

В ТЗПІ носієм інформації є електричний струм, параметри якого (амплітуда, частота або фаза) змінюються згідно закону зміни інформаційного сигналу. При проходженні електричного струму по струмоведучих елементах ТЗПІ навколо них виникає електричне та магнітне поля. В силу цього елементи ТЗПІ можна розглядати як випромінювачі електромагнітного поля, що несе інформацію.

До складу ТЗПІ і ДТЗС можуть входити різного роду високочастотні генератори. В результаті зовнішніх впливів інформаційного сигналу (наприклад, електромагнітних коливань) на елементах ВЧ-генераторів наводяться електричні сигнали, які можуть спричинити паразитну модуляцію власних ВЧ-коливань генераторів. Ці модульовані ВЧ-коливання випромінюються в навколишній простір.

Самозбудження підсилювачів НЧ ТЗПІ (наприклад, в системах звукопідсилення, гучномовного зв'язку і т.п.) можливе за рахунок виникнення випадкових паразитних зворотних зв'язків, що призводить до переходу підсилювача в режим автогенерації сигналів, [5]. Сигнал на частотах самозбудження, як правило, виявляється промодульованим інформаційним сигналом.

1.2.2 Електричні канали витоку інформації

Електричні канали витоку інформації містять, [4]:

- знімання наведень ПЕМВ ТЗПІ зі з'єднувальних ліній ДТЗС і сторонніх провідників;
- знімання інформаційних сигналів з ліній електроживлення ТЗПІ;
- знімання інформаційних сигналів з ланцюгів заземлення ТЗПІ і ДТЗС;
- знімання інформації шляхом встановлення в ТЗПІ електронних пристроїв перехоплення інформації.

Наведення електромагнітних випромінювань ТЗПІ виникають під час випромінювання елементами ТЗПІ інформаційних сигналів, а також при наявності гальванічного зв'язку в з'єднувальних лініях ТЗПІ і сторонніх провідниках або лініях ДТЗС.

Рівень сигналів, що наводяться, в значній мірі залежить від потужності сигналів, що випромінюються, відстані до провідників, а також довжини спільного пробігу з'єднувальних ліній ТЗПІ і сторонніх провідників.

1.3 Аналіз природи електромагнітного поля

На даний момент сучасні технології дозволяють визначати напругу електромагнітного поля дуже точно. Для цього використовуються спеціальні інструменти і аналітика. А от визначити, наскільки напружене сумарне поле, поки що точно неможливо. Найкраще раціонально розміщувати прилади в

приміщенні, щоб не створювати накладення їх випромінювання один на одного. Це значно спростить перевірку й виявлення технічних каналів витоку інформації.

Електромагнітне поле – це змінні електричне і магнітне поля, що породжують одне одного. Будь-яка зміна в часі магнітного поля призводить до виникнення змінного електричного поля, а зміна в часі електричного поля породжує змінне магнітне поле, [6]. Якщо електричні заряди рухаються з прискоренням, то створюване ними електричне поле періодично змінюється і саме створює в просторі змінне магнітне поле і т.д.

Джерелами електромагнітного поля можуть бути:

–магніт, що рухається;

–електричний заряд, що рухається з прискоренням або коливається (на відміну від заряду, що рухається з постійною швидкістю).

Електричне поле існує навколо електричного заряду в будь-якій системі відліку, магнітне поле – в системі відліку, щодо якої електричні заряди рухаються, електромагнітне – в системі відліку, щодо якої електричні заряди рухаються з прискоренням, [6].

1.3.1 Електромагнітні хвилі

Розрізняють стоячі і біжні хвилі, які можна розглянути на прикладі хвиль в двопровідній лінії під час передачі по ним електричної енергії. Особливо наочні ці процеси в лініях без втрат при високій частоті. На рис. 1.1 схематично зображена двопровідна лінія без втрат, у якій відстань між центрами дротів дорівнює d , радіус кожного проводу r . Лінія живиться від джерела е.р.с. $e=U \cdot \cos(\omega t)$, [7].

Струм в лінії I і різниця потенціалів між проводами U будуть змінюватися в часі так само, як е.р.с., на вході лінії, тобто за синусоїдальним законом. Характер зміни струму і напруги в певний момент часу показаний на рис. 1.1. В точці 1 позитивний заряд «+» на верхньому проводі і від'ємний заряд «-» на нижньому проводі. Електричні силові лінії між дротами показані стрілками. Ці лінії є і в

просторі, що оточує лінію, але не показані на рисунку. У точці 3 полярність зарядів на дротах і напрямок електричних силових ліній протилежна показаному в точці 1. Заряди в цих точках переміщуються праворуч по лінії зі швидкістю, порівняно зі швидкістю світла.

Струм, що протікає по дротах лінії, створює магнітне поле, зображене у вигляді кілець, що оточують дріт. Напрямок магнітних силових ліній позначено стрілками. На рис. 1.1 схематично показані хвилі струму і напруги, що поширюються уздовж замкнутої лінії. В кінці лінії є максимум струму і мінімум (нульове значення) напруги. По всій лінії є точки з вузлами і пучностями струму і напруги. Відповідно до вузлів і пучностей струмів та напруг на рис. 1.1 показані еквівалентні резонансні контури для кожного відрізка лінії: пучності струму відповідає послідовний резонансний контур, а пучностям напруги - паралельний резонансний контур, [7].

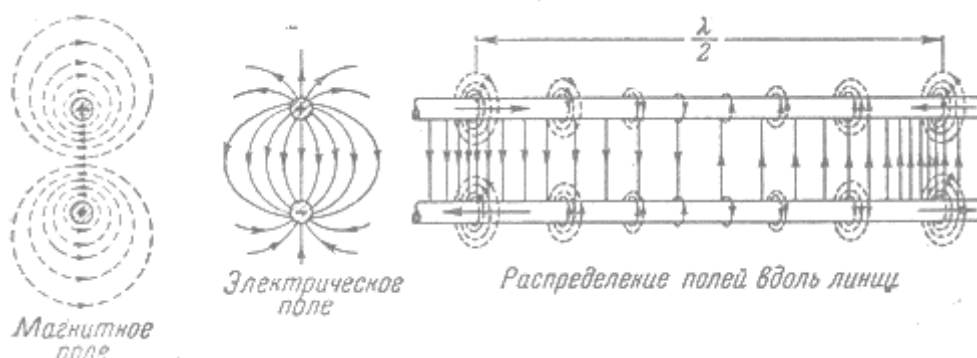


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення процесу виникнення біжної хвилі у двопровідній лінії

Відстань між окремими точками лінії, як і вся довжина лінії, вимірюється в частинах або цілих одиницях довжин хвилі, що розповсюджуються вздовж лінії. При цьому довжина хвилі визначається із співвідношення (1.1):

$$\lambda = \frac{c_0}{f} = \frac{2\pi c_0}{\omega}, \quad (1.1)$$

де λ – довжина хвилі, м;

c_0 – швидкість розповсюдження хвилі уздовж лінії, м/с;

f – частота коливань, Гц;

ω – циклічна частота коливань, рад/с.

Величини напруги і струму в точці дроту, що знаходиться на відстані x від початку лінії, можна визначити з (1.2, 1.3):

$$u = U \cos \left(\omega t - \frac{\omega x}{c_0} \right), \quad (1.2)$$

$$I = \frac{U}{W} = \frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}}, \quad (1.3)$$

де x – відстань від початку лінії, м;

C – ємність лінії, Ф;

L – індуктивність лінії, Гн.

Електричне і магнітне поле рухаються уздовж лінії в просторі і тим самим переносять енергію, що запасається, від джерела е.р.с. до навантаження. Якщо енергія замкнута на активний опір $R=W=\sqrt{\frac{L}{C}}$, тоді вся енергія, що рухається уздовж лінії, буде розсіюватись в цьому опорі і хвилі в лінії будуть біжними, [8].

Якщо є джерело електромагнітних хвиль (будь-який високочастотний заряд, що коливається), то навколо нього формується електромагнітне поле, а навколо змінного магнітного поля виникає вихрове електричне. З іншого боку, якщо розглядати вихрове електричне поле, що змінюється, то навколо нього формується вихрове магнітне за характеристикою магнітної індукції \vec{B} .

Лінії магнітної індукції і силові лінії електричного поля взаємно перпендикулярні (рис. 1.2). Взаємно перпендикулярне розташування характеристик магнітного і електричного поля, напруженості та індукції магнітного поля свідчить, що електромагнітна хвиля є поперечною.

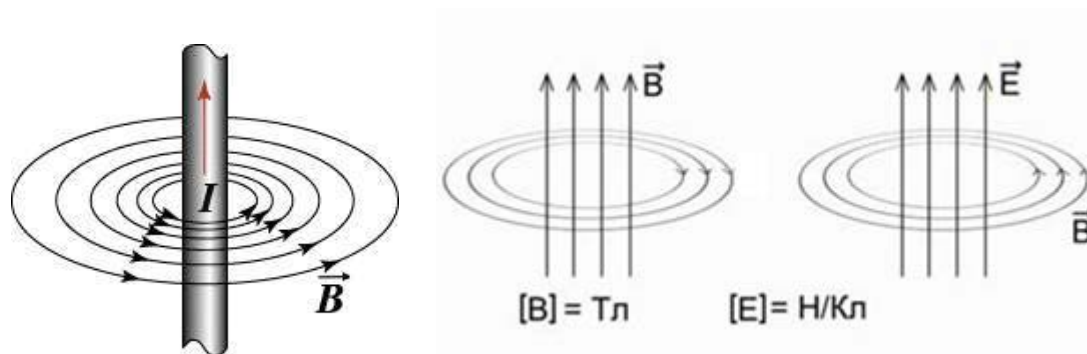


Рисунок 1.2 – Лінії магнітної індукції і силові лінії електричного поля

1.3.2 Магнітний і електричний диполь

Диполь – ідеалізована система, що служить для опису розповсюдження поля, [9]. Дипольне наближення засноване на розкладанні потенціалів поля в ряд за ступенями радіус-вектору і відкиданні всіх членів вище першого порядку.

Типовий приклад диполя – два нескінченно близьких заряду, рівних за величиною і протилежних за знаком. Поле такої системи повністю описується дипольним наближенням.

Електричний диполь – ідеалізована електронейтральна система, що складається з точкових і рівних за абсолютною величиною позитивного і від’ємного електричних зарядів (рис. 1.3).

Електричний диполь – являє собою сукупність двох рівних за абсолютною величиною різнойменних точкових зарядів, що знаходяться на деякій відстані один від одного, [9].

Добуток вектору \vec{l} , що проведений від від’ємного заряду к позитивному, на абсолютну величину зарядів q , називається дипольним моментом, [9] (1.4):

$$\vec{d} = q\vec{l}, \quad (1.4)$$

де \vec{d} – дипольний момент, Кл·м;

q – величина заряду, Кл;

\vec{l} – вектор, що проведений від від’ємного заряду к позитивному, м.

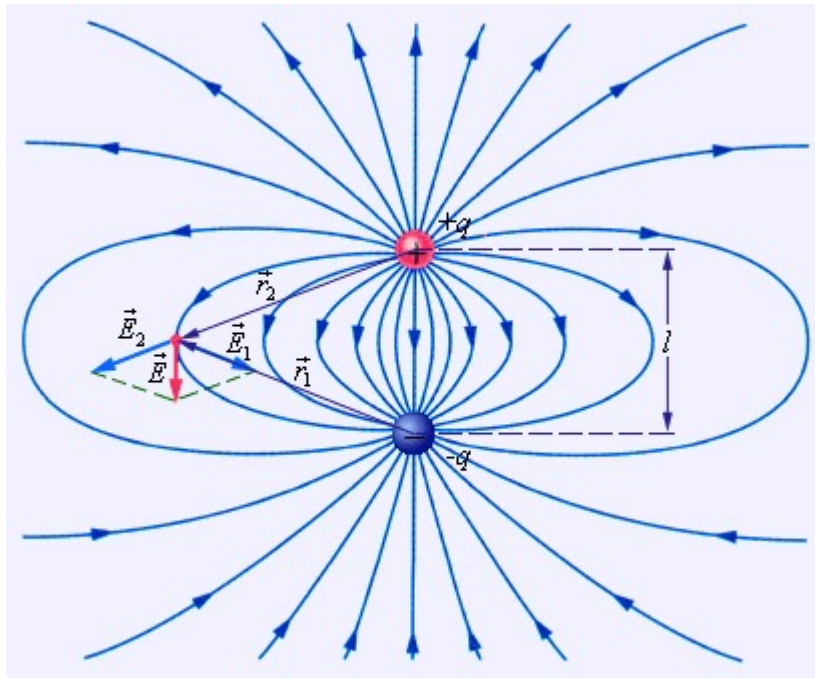


Рисунок 1.3 – Силові лінії електричного диполя

У зовнішньому електричному полі на диполь діє момент сил $\vec{E} \cdot \vec{d}$, який прагне повернути його так, щоб дипольний момент розвернувся уздовж напрямку поля. Потенційна енергія диполя в електричному полі дорівнює мінус $\vec{E} \cdot \vec{d}$.

Удалині від диполя напруженість його електричного поля зменшується з відстанню R як $1 / R^3$, тобто швидше, ніж у точкового заряду.

Будь-яка електронейтральна система в деякому наближенні може розглядатися як електричний диполь з моментом, [9] (1.5):

$$\vec{d} = \sum_i q_i \cdot \vec{r}_i, \quad (1.5)$$

де q_i – заряд i -го елемента, Кл;

\vec{r}_i – радіус-вектор заряду, м.

При цьому дипольне наближення буде коректним, якщо відстань, на якій вивчається електричне поле системи, досить велика в порівнянні з її характерними розмірами.

Магнітний диполь – аналог електричного, який умовно можна уявити, як

систему двох магнітних зарядів. В якості моделі магнітного диполя можна розглядати невелику (порівняно з відстанями, на яких вивчається магнітне поле, що генерується диполем) плоску замкнуту провідну рамку площею S , по якій тече струм I , [7]. При цьому магнітним моментом диполя називають величину, [9] (1.6):

$$\vec{d}_m = I \cdot S \cdot \vec{n}, \quad (1.6)$$

де \vec{d}_m – магнітний момент диполя, $A \cdot m^2$;

I – струм, що протікає в рамці, A ;

S – площа рамки, m^2 ;

\vec{n} – одиничний вектор, що направлений перпендикулярно площині рамки в тому напрямку, з якого струм в рамці тече проти годинникової стрілки.

1.4 Аналіз способів захисту від ПЕМВ

Для захисту інформації від витоків каналами ПЕМВ застосовуються пасивні та активні методи і засоби.

Пасивні методи захисту інформації направлені на, [10]:

- послаблення побічних електромагнітних випромінювань (інформаційних сигналів) основних технічних засобів (ОТЗ) на кордоні контрольованої зони до величин, що забезпечують неможливість їхнього виділення засобами розвідки на фоні природних шумів;

- послаблення наводок побічних електромагнітних випромінювань в сторонніх провідниках і з'єднувальних лініях, що виходять за межі контрольованої зони, до величин, що забезпечують неможливість їхнього виділення засобами розвідки на фоні природних шумів;

- виключення або послаблення просочування інформаційних сигналів у ланцюгах електроживлення, що виходять за межі контрольованої зони, до величин, що забезпечують неможливість їхнього виділення засобами розвідки на фоні природних шумів.

Активні методи захисту інформації направлені на, [10]:

- створення у просторі маскувальних електромагнітних завад з метою зменшення відносини сигнал/шум на кордоні контрольованої зони до величин, що забезпечують неможливість виділення засобами розвідки інформаційного сигналу;
- створення маскувальних електромагнітних завад в сторонніх провідниках і з'єднувальних лініях з метою зменшення відносини сигнал / шум на кордоні контрольованої зони до величин, що забезпечують неможливість виділення засобом розвідки інформаційного сигналу.

При функціонуванні технічних засобів обробки, прийому, зберігання і передачі інформації створюються побічні струми і поля, які можуть бути використані зловмисником для знімання інформації. Між двома струмопровідними елементами можуть виникнути такі види зв'язку:

- через електричне поле;
- через магнітне поле;
- через електромагнітне поле;
- через з'єднувальні лінії.

Основною характеристикою поля є його напруженість. Для електричного і магнітного полів у вільному просторі ця величина зворотно пропорційна квадрату відстані від джерела сигналу. Напруженість електромагнітного поля зворотно пропорційна першому ступеню відстані. Напруга на кінці провідної або хвильової лінії з відстанню падає повільно. Отже, на малій відстані від джерела сигналу мають місце всі чотири види зв'язку. По мірі збільшення відстані спочатку зникають електричне та магнітне поля, потім - електромагнітне поле і на дуже великій відстані впливає тільки зв'язок у лініях і хвильоводах, [11].

Одним з найбільш ефективних пасивних методів захисту від ПЕМВ є екранування. Екранування представляє собою локалізацію електромагнітної енергії в певному просторі за рахунок обмеження її поширення всіма можливими способами.

Розрізняють три види екранування, [12]:

- електростатичне;
- магнітостатичне;
- електромагнітне.

1.4.1 Електростатичне екранування

Електростатичне екранування полягає в замиканні електростатичного поля на поверхню металевго екрана і відведення електричних зарядів на землю (на корпус приладу) за допомогою контуру заземлення, [13]. Останній повинен мати опір не більш 4 Ом. Застосування металевих екранів досить ефективно і дозволяє повністю усунути вплив електростатичного поля. При правильному використанні діелектричних екранів, які щільно прилягають до елемента, що екранується, можна послабити поле джерела сигналу в ϵ разів, де ϵ – відносна діелектрична проникливість матеріалу екрана.

Ефективність застосування екрана багато в чому залежить від якості з'єднання корпусу ТЗП з екраном. Тут особливе значення має відсутність з'єднувальних проводів між частинами екрана і корпусом ТЗП.

Основні вимоги, що висуваються до електричних екранів, [14]:

- конструкція екрана повинна обиратися таким чином, щоб силові лінії електричного поля замикалися на стінки екрана, не виходячи за його межі;
- в області низьких частот (при глибині проникнення хвилі δ більше товщини екрана d , тобто при $\delta > d$) ефективність електростатичного екранування практично визначається якістю електричного контакту металевго екрана з корпусом пристрою та мало залежить від матеріалу екрана и його товщини;
- в області високих частот (при $\delta < d$) ефективність екрана, який працює в електромагнітному режимі, визначається його товщиною, провідністю та електромагнітною проникливістю.

1.4.2 Магнітостатичне екранування

При екрануванні магнітних полів розрізняють низькочастотні та високочастотні магнітні поля. Магнітостатичне екранування використовується для зменшення випромінювань низької частоти в діапазоні від 0 до 3...10 кГц. Низькочастотні магнітні поля шунтуються екраном за рахунок спрямованості силових ліній уздовж стінок екрана, [15].

Навколо елемента (наприклад, виток) з постійним струмом існує магнітне поле напруженістю H_0 , яке необхідно екранувати. Для цього виток оточують замкнутим екраном, магнітна проникність μ якого більше одиниці (рис. 1.4).

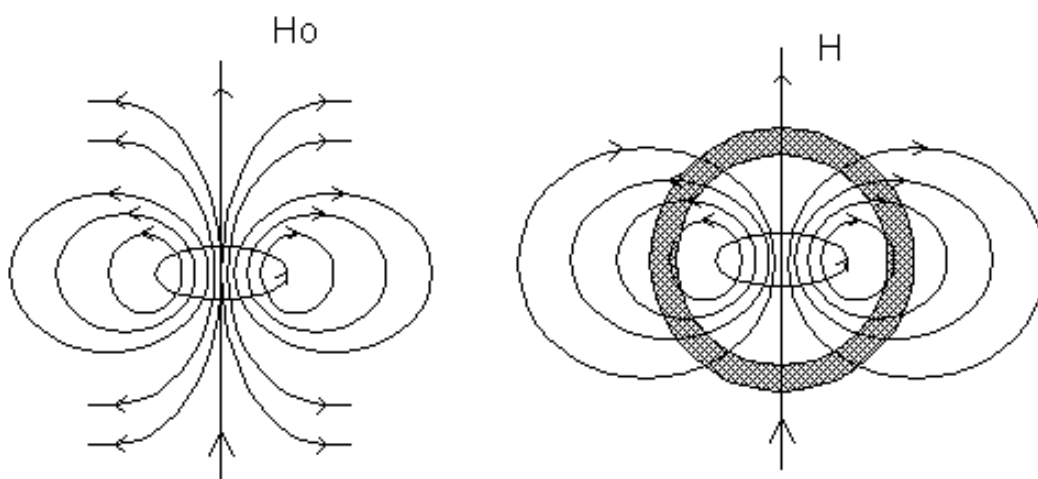


Рисунок 1.4 – Магнітостатичне екранування

Екран намагнітиться, в результаті чого створюється вторинне поле, яке послабить первинне поле поза екраном. Тобто силові лінії поля витка, зустрічаючи екран, що володіє меншим магнітним опором, ніж повітря, прагнуть пройти по стінках екрану і в меншій кількості доходять до простору поза екраном. Такий екран однаково придатний для захисту від впливу магнітного поля і для захисту зовнішнього простору від впливу магнітного поля створеного джерелом всередині екрана, [15].

Основні вимоги, що пред'являються до магнітостатичних екранів, [16]:

- магнітна проникливість μ матеріалу екрана повинна бути якомога вищою.

Для виготовлення екранів бажано застосовувати магнітом'які матеріали з

високою магнітною проникливістю (наприклад, пермалой);

- збільшення товщини стінок екрана призводить до підвищення ефективності екранування, однак при цьому слід брати до уваги можливі конструктивні обмеження за масою і габаритами екрана;

- стики, розрізи і шви в екрані повинні розміщуватися паралельно лініям магнітної індукції магнітного поля. Їх кількість має бути мінімальною;

- заземлення екрана не впливає на ефективність магнітостатичного екранування.

Ефективність магнітостатичного екранування підвищується при застосуванні багат шарових екранів.

1.4.3 Електромагнітне екранування

Електромагнітне екранування ефективно використовувати на високих частотах. Дія такого екрана заснована на тому, що високочастотне електромагнітне поле послаблюється їм же створеними вихровими струмами зворотної напруги, [17]. Цей спосіб екранування може послаблювати як магнітні, так і електричні поля, тому називається електромагнітним.

Спрощена фізична сутність електромагнітного екранування зводиться до того, що під дією джерела електромагнітної енергії на стороні екрана, зверненої до джерела, виникають заряди, а в його стінках - струми, поля яких в зовнішньому просторі протилежні полям джерела і приблизно рівні йому по інтенсивності. Два поля компенсують одне одного.

Електромагнітне екранування застосовується у випадку дії змінних електромагнітних полів. В якості електромагнітних екранів використовуються металеві оболонки, екрануюча дія яких обумовлена поглинанням енергії електромагнітного поля всередині екрана. Екрануюча дія зростає із збільшенням товщини стінки екрану d , кутової частоти ω , питомої провідності γ та абсолютної магнітної проникливості екрана μ_a , [18] (1.7):

$$\mu_a = \mu \cdot \mu_0, \quad (1.7)$$

де μ_a – абсолютна проникливість екрана, Гн/м;

μ – відносна магнітна проникливість матеріалу;

$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнітна стала, магнітна проникливість вакууму.

Параметр, що характеризує дію таких екранів, називається сталою або коефіцієнтом вихрових струмів, [18] (1.8):

$$k = \sqrt{j\omega\mu_a\gamma}, \quad (1.8)$$

де k – коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

ω – циклічна частота коливань, рад/с;

μ_a – абсолютна проникливість екрана, Гн/м;

γ – питома провідність матеріалу, См/м.

Змінне електромагнітне поле, проникаючи всередину екрана, постійно згасає. Це пов'язано з тим, що в кожному шарі екрана протікають вихрові струми, дія яких послаблює зовнішнє поле. При високих частотах зовнішнього поля екран зазвичай виготовляється з матеріалу, що має високу провідність (мідь, алюміній), при низьких частотах використовуються матеріали з високою магнітною проникливістю $\mu \gg 1$, [19].

Плоский екран можна уявити у вигляді порожнистої коробчастої конструкції (рис. 1.5), товщина стінок якої дорівнює d . Щільність енергії електромагнітного поля поза екраном визначається вектором Пойнтінга, що визначається за формулою, [20] (1.9):

$$\vec{\Pi}_0 = \vec{E}_0 \cdot \vec{H}_0, \quad (1.9)$$

де $\vec{\Pi}_0$ – вектор Пойнтінга;

\vec{E}_0 – вектор напруженості зовнішнього електричного поля;

\vec{H}_0 – вектор напруженості зовнішнього магнітного поля.

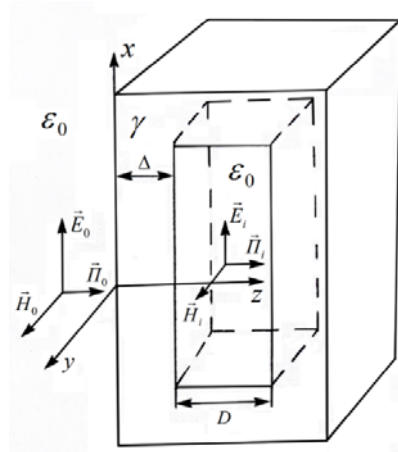


Рисунок 1.5 – Плоский екран у вигляді порожнистої коробчастої конструкції

Щільність енергії електромагнітного поля для точок в товщі екрана має вигляд, [20] (1.10):

$$\dot{W} = \sqrt{\frac{\omega\mu_a}{\lambda}} H_{m0}^2 e^{-2k_\phi z} \sin(\omega t - k_\phi z) \cdot \sin\left(\omega t - k_\phi z + \frac{\pi}{4}\right), \quad (1.10)$$

$$k_\phi = \sqrt{\frac{\omega\mu_a\gamma}{2}}, \quad (1.11)$$

де \dot{W} – щільність енергії електромагнітного поля, Дж/м³;

H_{m0} - амплітуда напруженості магнітного поля на поверхні екрану, А/м;

k_ϕ – коефіцієнт фази електромагнітної хвилі в провідному середовищі;

1/м;

z – відстань вздовж осі z , м;

t – час, с.

Із виразу (1.10) слідує, що величина енергії зменшується із зміною координати z пропорційно множнику $e^{-2k_\phi z}$, який зменшується від значення, що дорівнює 1 (для $z=0$), до $e^{-2k_\phi z}$ (для $z=\Delta$). Під величиною Δ розуміють глибину проникнення електромагнітного поля вглиб екрана. Пропорційно множнику $e^{-2k_\phi z}$ зменшуються напруженості полей, [25].

Коефіцієнт k_ϕ для провідних середовищ становить ≈ 100 м⁻¹ і більше в діапазоні частот від 50 Гц і вище. Тому енергія електромагнітного поля швидко

зменшується. Так, для діапазону радіочастот товщина стінки екрана може становити величину долей міліметра.

З коефіцієнтом k_ϕ пов'язане визначення довжини хвилі λ в провідному середовищі, на якій фаза коливання змінюється на 2π , [20] (1.12):

$$\lambda = \frac{2\pi}{k_\phi} = 2\pi \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_a\gamma}}, \quad (1.12)$$

де λ – довжина хвилі, м.

Відношення амплітуд напруженості полів на відстані $z = \lambda$ від поверхні дорівнює $e^{-2\pi} = 0,00187$, тобто на цій відстані електромагнітна хвиля практично затухає. На відстані $z = \lambda/2$ від поверхні проникає тільки $e^{-2\pi} \cdot 100 = 0,187\%$ енергії, що поглинається в провідному середовищі. Тому можна вважати, що хвиля згасає вже на відстані в два-три рази меншій, ніж довжина хвилі. В табл. 1.1 наведено значення довжини хвилі для деяких матеріалів, [21].

Таблиця 1.1 – Довжина хвилі в провідному середовищі λ , м

Частота, Гц	Алюміній $\mu=1$, $\gamma = 2 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{М}}$	Сталь $\mu=50$, $\gamma = 1,5 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{М}}$	Сталь $\mu=50$, $\gamma = 1,5 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{М}}$
50	10,00	1,63	5,89
500	3,13	0,53	1,86
1000	2,2	0,36	1,3
2000	1,6	0,25	0,93

Наявність у виразі (1.10) коефіцієнту k_ϕ вказує на зміну початкової фази коливання векторів поля від нульового значення до значення $k_\phi \cdot z = k_\phi \cdot \Delta$ всередині екрана. Таким чином, вектори поля \vec{E} та \vec{H} змінюють своє значення не тільки за величиною, але і за фазою. Такий висновок можна зробити, якщо проаналізувати коефіцієнт екранування для плоского екрана, [18] (1.13):

$$S = \frac{1}{ch\Delta + \frac{m}{2}sh\Delta}, \quad (1.13)$$

$$m = \frac{k \cdot D}{\mu}, \quad (1.14)$$

де k – коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

D – відстань між поверхнями екрана, м.

Цей коефіцієнт має комплексний характер. Виділяючи з виразу (1.13) модуль і аргумент, знаходять міру послаблення величини поля для будь-якої точки всередині екрана.

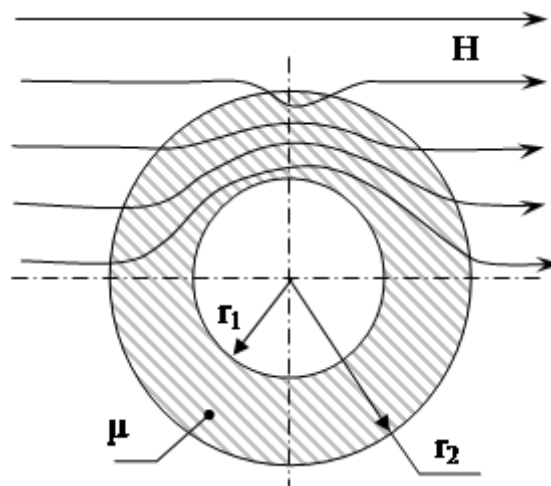
Циліндричний екран (рис. 1.6) в однорідному зовнішньому гармонійному полі має коефіцієнт екранування, який залежить від параметрів ω , μ_a , γ , Δ , але до них ще додається геометричний параметр – зовнішній радіус r циліндра, [18] (1.15):

$$S = \frac{1}{ch\Delta + \frac{1}{2} \left(m_{\text{ц}} + \frac{1}{m_{\text{ц}}} \right) sh\Delta}, \quad (1.15)$$

$$m_{\text{ц}} = \frac{k \cdot r_{\text{ц}}}{\mu}, \quad (1.16)$$

де k – коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

$r_{\text{ц}}$ – зовнішній радіус циліндра, м.



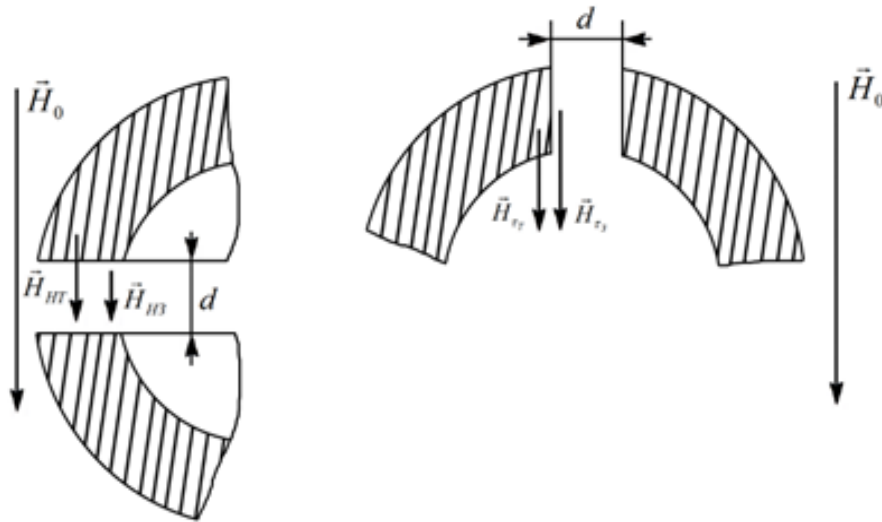


Рисунок 1.6 - Циліндричний екран в однорідному зовнішньому гармонійному полі

Із аналізу (1.15) слідує, [18]:

- при однорідному зовнішньому полі всередині екрана поле також однорідне і збігається за напрямком із зовнішнім, тому що коефіцієнт екранування не залежить від координат точок всередині екрану;
- поле всередині екрану має зсув по фазі щодо зовнішнього поля:
- із зростанням частоти екрануюча дія посилюється, що відображається збільшенням коефіцієнту вихрових струмів k ;
- при низькій частоті екрануюча дія визначається проходженням магнітного потоку в товщі екрану. Із зростанням частоти починає проявлятися електромагнітне екранування, яке повністю визначається властивостями екрана.

Аналогічно з циліндричним екраном можна отримати коефіцієнт екранування сферичного екрана у вигляді, [18] (1.17):

$$S = \frac{1}{ch\Delta + \frac{1}{3} \left(m_c + \frac{2}{m_c} \right) sh\Delta}, \quad (1.17)$$

$$m_c = \frac{k \cdot r_c}{\mu}, \quad (1.18)$$

де k – коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

r_c – зовнішній радіус стінки екрана, м.

Для сферичного екрана характерні такі ж явища, що і для циліндричного екрана. З точки зору хвильових уявлень ефект екранування проявляється за рахунок багаторазового відбиття електромагнітних хвиль від поверхні екрана і загасання енергії хвиль в його металевій товщі. Відбиття електромагнітної енергії зумовлено невідповідністю хвильових характеристик діелектрика, в якому розташований екран, і матеріалу екрана, [22]. Чим більша ця невідповідність, чим більше відрізняються хвильові опори екрана і діелектрика, тим інтенсивніше частковий ефект екранування, що визначається відбиттям електромагнітних хвиль.

Вибір матеріалу для електромагнітного екрана залежить від багатьох умов. Металічні матеріали обирають, враховуючи наступні умови:

- необхідність досягнення певної величини ослаблення електромагнітного поля при наявності обмеження розмірів екрана і його впливу на об'єкт захисту;
- стійкість і міцність металу як матеріалу.

Серед найбільш поширених металів для виготовлення електромагнітних екранів можна виділити сталь, мідь, алюміній, латунь, [23]. Популярність цих матеріалів в першу чергу обумовлена досить високою ефективністю екранування. Сталь популярна також внаслідок можливості використання зварювання при монтажі екрана.

До недоліків листових металевих екранів можна віднести високу вартість, велику вагу, великі габарити і складність монтажу. Цих недоліків позбавлені металеві сітки. Вони легші, простіші у виготовленні і розміщенні, а також дешевші. Основними параметрами сітки є її крок, що дорівнює відстані між сусідніми центрами дроту, радіус дроту і питома провідність матеріалу сітки. До недоліків металевих сіток відносять, перш за все, високий знос в порівнянні з листовими екранами, [24].

Для екранування також застосовуються фольгові матеріали, [24]. До них відносяться електрично тонкі матеріали товщиною 0,01 - 0,05 мм. Фольгові

матеріали здебільшого виробляються з діамагнітних матеріалів - алюміній, латунь, цинк.

Перспективним напрямком в області екранування є застосування струмопровідних фарб, [25], тому що вони дешеві, не вимагають робіт по монтажу, прості в застосуванні. Струмопровідні фарби створюються на основі діелектричного плівкоутворювального матеріалу з додаванням у нього провідникових складових, пластифікатора і затверджувача. В якості струмопровідних пігментів використовують колоїдне срібло, графіт, сажу, оксиди металів, порошкову мідь, алюміній, [25].

Струмопровідні фарби позбавлені недоліків листових екранів і механічних решіток, тому що досить стійкі в умовах різких кліматичних змін і прості в експлуатації.

Екрануватися можуть не тільки окремі ТЗП, а й приміщення в цілому. У неекранованих приміщеннях функції екрана частково виконують залізобетонні складові в стінах. У вікнах і дверях їх немає, тому вони більш уразливі.

1.5 Фізичні принципи екранування

Сутність екранування можна розглянути на прикладі плоского провідникового екрана.

На рис. 1.7 представлений нескінченно протяжний плоский металевий екран товщиною d , що знаходиться в повітрі, на який зліва падає плоска електромагнітна хвиля, [26].

У процесі свого падіння на кордон розділу двох середовищ з різними електрофізичними характеристиками («повітря – метал» і «метал – повітря») хвиля відбивається і переломлюється, а в товщі екрану, з огляду на його провідні властивості, відбувається часткове поглинання енергії електромагнітного поля, [20]. Таким чином, електромагнітна хвиля при взаємодії з екраном частково відбивається від його поверхні, частково проникає в стінку екрана, де вона поглинається матеріалом екрана, багаторазово відбивається від його стінок і, в

кінцевому підсумку, частково проникає в область, що екранується (рис. 1.8). При цьому всі перераховані вище процеси супроводжуються втратами енергії електромагнітної хвилі, [26].

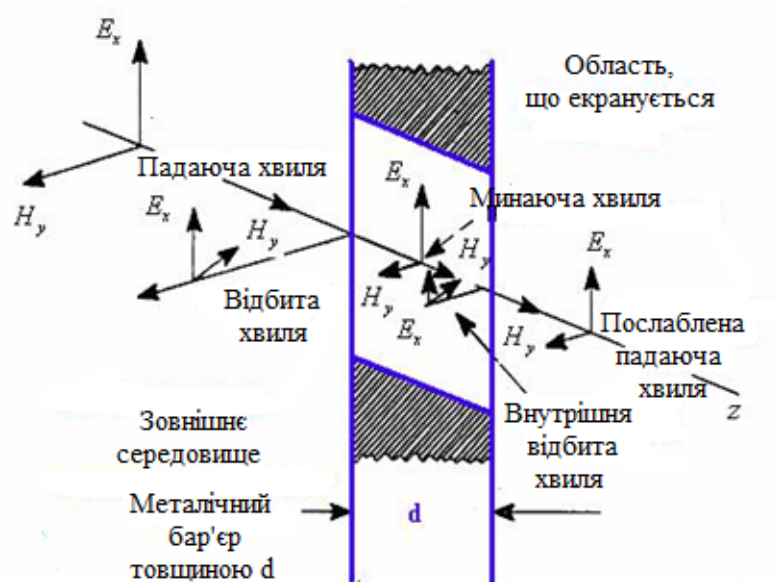


Рисунок 1.7 – Відбиття та проходження падаючої на екран електромагнітної хвилі

Теорія екранування заснована на двох фундаментальних принципах - на відбитті і поглинанні електромагнітних хвиль при переході їх з одного матеріального середовища в інше. Обидва ці ефекти знижують енергію електромагнітного поля, що пройшла за межі екрана. Найчастіше в якості матеріалу екрана використовується провідник.

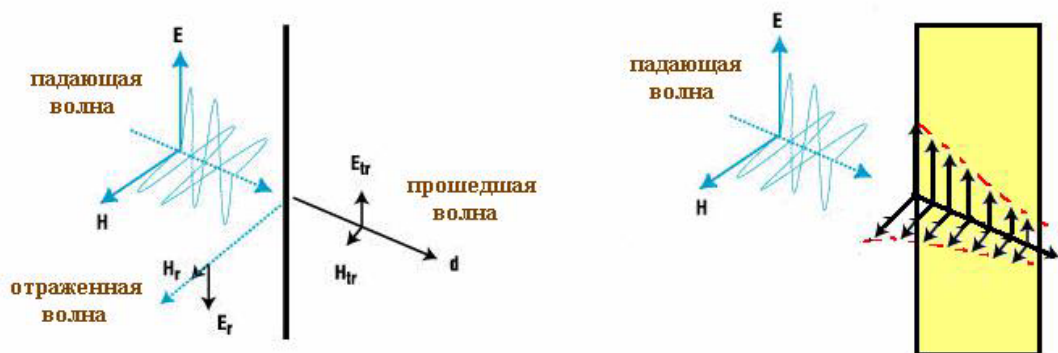


Рисунок 1.8 – Втрати електромагнітної хвилі на відбиття а поглинання

Припустимо наступну ситуацію – маємо нормальне падіння вертикально

поляризованої електромагнітної хвилі на поверхню металевого екрана (рис. 1.9). Магнітна проникливість матеріалу екрана береться рівною одиниці, [26].

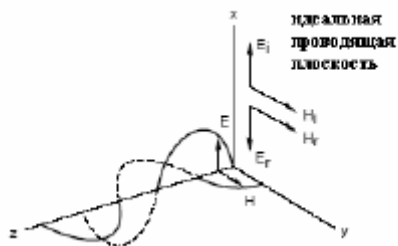


Рисунок 1.9 – Падіння плоскої хвилі на ідеальний екран

Вектори \vec{E} і \vec{H} електромагнітної хвилі лежать в площині екрана. На межі розділу двох середовищ має задовольнятися співвідношення, [26] (1.19):

$$(\vec{E}_1 - \vec{E}_2) \cdot \vec{\tau}_0 = 0, \quad (1.19)$$

де $\vec{\tau}_0$ – одиничний вектор дотичної до поверхні розділу середовищ;

\vec{E} з індексами 1 і 2 відноситься до суміжних середовищ.

Для вектору \vec{H} повинно виконуватись наступне співвідношення, [26] (1.20):

$$(\vec{H}_1 - \vec{H}_2) \cdot \vec{\tau}_0 = \vec{\eta}, \quad (1.20)$$

де $\vec{\eta}$ – щільність поверхневого струму.

Ідеальний випадок, коли провідність екрану нескінченно висока (імпеданс дорівнює нулю). Тоді електрична компонента напруженості відбитої хвилі $E_r = E_2$ буде протилежна і дорівнювати відповідній компоненті падаючої хвилі $E_i = E_1$.

За таких ідеальних умовах екранування від електричного поля буде ідеальним, тому що обидва електричних поля - падаюче і відбите взаємно компенсують одне одного.

У реальному випадку ефективність екранування металевим екраном не нескінченна, оскільки не нескінченна провідність матеріалу екрана. Ефективність екранування кінцева, хоча і може бути дуже високою. Оскільки

провідність матеріалу не нескінченна, частина хвилі пройде в стінку екрану і створить в ній струм, [27].

Ці наведені струми розсіюють падаючу електромагнітну енергію двома способами: на теплові втрати в матеріалі екрану і на втрати на випромінювання, оскільки ці струми наново випромінюють власні електромагнітні поля, [26].

Для тонкого екрану залежність щільності струму від глибини зображена на рис. 1.10.



Рисунок 1.10 – Послаблення індукційного струму в екрані з тонкою стінкою

Провідник зі змінним струмом працює, в тому числі, і як антена. Тому друга стінка тонкого екрану, по якій протікає цей змінний струм, теж буде випромінювати електромагнітну енергію.

Механізм протікання поверхневого струму в екрані під дією електромагнітного поля зображено на рис. 1.11.

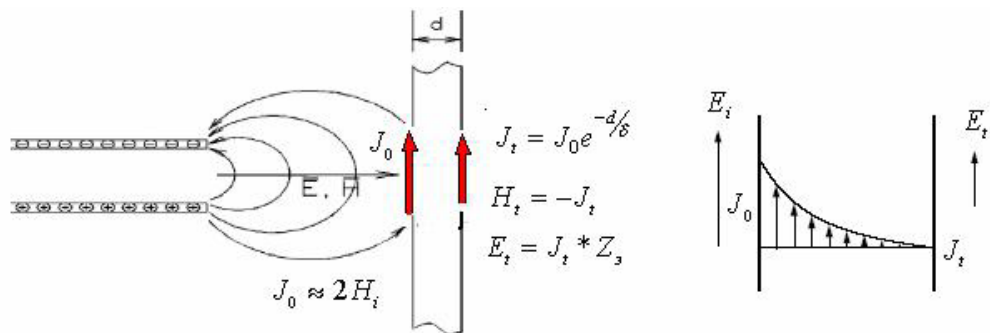


Рисунок 1.11 – Струм в екрані при падінні вертикально поляризованої хвилі

Амплітуда поля після проходження бар'єру зменшується, але напрямок поля залишається незмінним. Згасання потужності є функцією відстані від джерела поля (рис. 1.12).

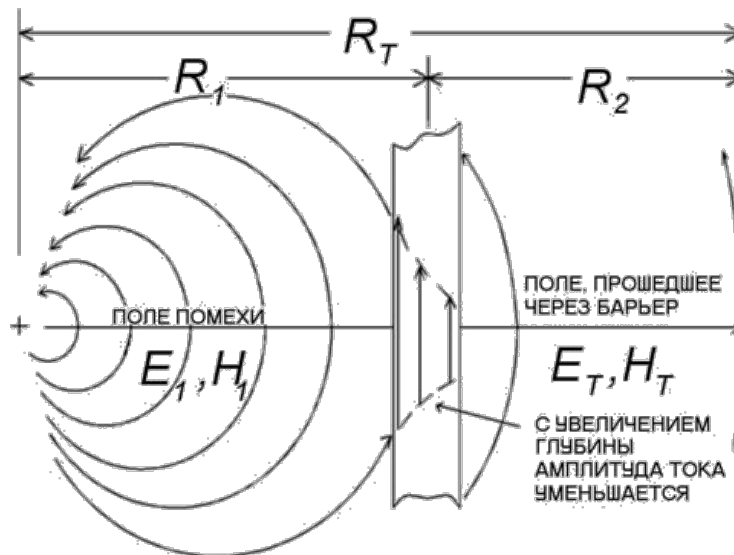


Рисунок 1.12 – Проходження поля через бар'єр

Потужність на відстані R_2 від бар'єру обчислюється за формулою, [26] (1.21):

$$P_{R_2} = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)^2 \times P_T, \quad (1.21)$$

де P_{R_2} - щільність потужності на відстані R_2 , Вт/м²;

R_1 – відстань до бар'єру, м;

R_T – сумарна відстань, м;

P_T – щільність потужності після проходження бар'єру, Вт/м².

В основі екранування на низьких частотах лежать два фізичних принципи – поляризація і намагнічення матеріалу екрана. На низьких частотах екранування електричних полів засновано на ефекті Фарадея (рис. 1.13). Поляризація зарядів в металевій стінці екрана створює поле, яке компенсує зовнішнє низькочастотне електричне поле, [28]. Оскільки рухливість електронів в металі дуже висока, то товщина стінок екрана може бути малою.

У випадку дії магнітних полів ефект поляризації не працює, оскільки в природі немає магнітних зарядів. Однак ослаблення низькочастотного магнітного поля можна досягти, якщо в якості матеріалу екрана взяти метал з високою магнітною проникністю ($\mu \gg 1$) і з достатньою товщиною, щоб силові

лінії магнітного поля пройшли в основному в стінках екрана, де реактивний опір для магнітного поля мінімальний (рис. 1.14).

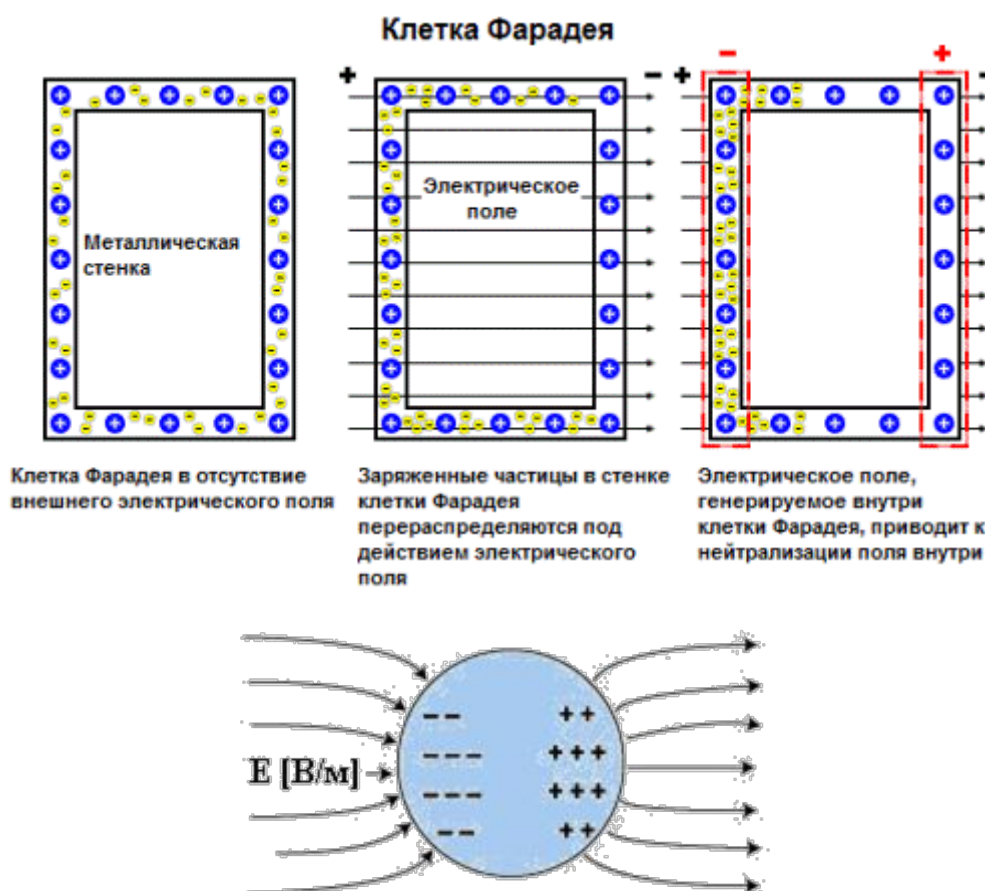


Рисунок 1.13 – Принцип дії екрана Фарадея

В екрані, виготовленого з металу із високою провідністю, високочастотне магнітне поле викликає вихрові струми, які в свою чергу створюють магнітне поле, спрямоване назустріч зовнішньому і компенсує його (рис. 1.14). Товщина екрана в цьому випадку може бути досить тонкою порівняно з товщиною екрана для низькочастотних магнітних полів і магнітна проникливість матеріалу екрана не обов'язково повинна бути високою. Тут важлива, в першу чергу, висока провідність металу екрану, [29].

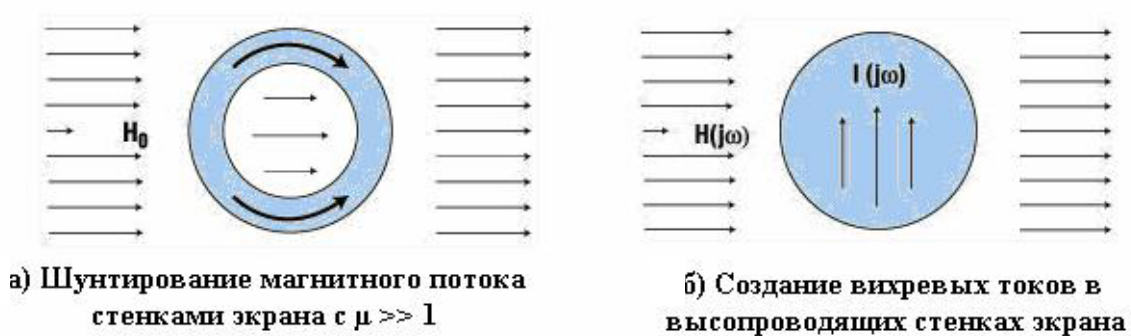


Рисунок 1.14 – Принцип екранування магнітного поля

1.5.1 Концепція відмінності хвильових імпедансів

Під час створення екранів дуже важлива відмінність хвильових імпедансів на межі розділу середовищ. Для будь-якої електромагнітної хвилі, що розповсюджується, характерним параметром є повний хвильовий опір середовища, в якому відбувається її поширення, [30] (1.22):

$$Z = \frac{E}{H}, \quad (1.22)$$

де Z – імпеданс, повний хвильовий опір, Ом.

Якщо імпеданс хвилі, що падає на екран, сильно відрізняється від імпедансу матеріалу екрана, то велика частина енергії буде відбиватися від екрану, а решта пройде через кордон, і в матеріалі екрана хвиля, що пройшла, буде слабшати. Електричне і магнітне поля відбиваються від кожної межі екрану по-різному, [30].

Якщо імпеданси не рівні, то відбувається відбиття частини хвилі. Частина хвилі, що не відбилась, проходить в екран, де відбувається її повне або часткове поглинання.

Електрична компонента поля відбивається переважно при переході із середовища з високим опором в середовище з низьким опором, тобто на першому кордоні, оскільки хвильовий імпеданс повітря (або вакууму) високий,

а металевій стінці - низький. Тому велика частина енергії електричного поля відбивається від металевих екранів.

Перша стінка металевих екранів для магнітної компоненти поля представляє собою навантаження, що близьке до узгодженого. Тому тільки незначна частина енергії хвилі буде відбиватися від першої межі екрану, а більша її частина буде проходити всередину екрану і там поглинатися. Магнітна компонента поля відбивається при переході хвилі із середовища з низьким опором (металу) в середовище з високим опором (повітря - діелектрик), тобто на другій межі, [31]. З цієї причини важко зробити екран від магнітного поля, який би працював на принципі відбиття хвилі на першій зовнішній стінці екрану.

Між цими двома поверхнями екрану хвиля може багаторазово відбиватися. Втратами на це багаторазове відбиття, якщо вони менше 10 дБ, зазвичай можна знехтувати, [30].

Коефіцієнт проходження через екран являє собою ефективність екранування, він дорівнює відношенню амплітуд хвилі, що пройшла через екран і хвилі, що падає на екран. Аналітична оцінка ефективності екранування в загальному випадку, особливо при комплексних діелектричній і магнітній проникливості матеріалу, доволі складна. Тому нерідко використовується більш простий, наближений аналіз, заснований на представленні ефективності екрану як суми окремих складових, [32] (1.23):

$$K = K_{\text{погл}} + K_{\text{відб}} + K_{\text{б.відб}}, \quad (1.23)$$

де K – коефіцієнт ефективності екранування;

$K_{\text{погл}}$ - ефективність екранування внаслідок поглинання екраном електромагнітної енергії;

$K_{\text{відб}}$ - ефективність екранування внаслідок відбиття екраном електромагнітної хвилі;

$K_{\text{б.відб}}$ - поправний коефіцієнт, що враховує багаторазові внутрішні перевідбиття хвилі від поверхонь екрану.

Під час проходження електромагнітної хвилі через стінку екрана мають місце такі процеси, [26] (рис. 1.15):

- падаюча на екран хвиля частково відбивається від стінки екрана, оскільки хвильовий імпеданс матеріалу екрана не дорівнює імпедансу падаючої хвилі;
- та частина хвилі, яка проникає за межі екрана, буде послаблюватися в стінці екрана в силу кінцевої провідності матеріалу екрана;
- частина хвилі, що була ослаблена в стінці екрана і дійшла до його заднього кордону, в силу відмінності імпедансів по обидві сторони задньої стінки екрана буде спочатку відбиватися від задньої межі, потім, якщо вона ще збережеться, від передньої і т.д., тобто буде відбуватися багаторазове відбиття сигналу всередині стінки екрана. Теоретично цей процес багаторазового відбиття відбуватиметься нескінченно довго. Однак, оскільки після кожної пари відбиття відбуватимуться втрати енергії, то цей процес буде обмежений в часі, [26].

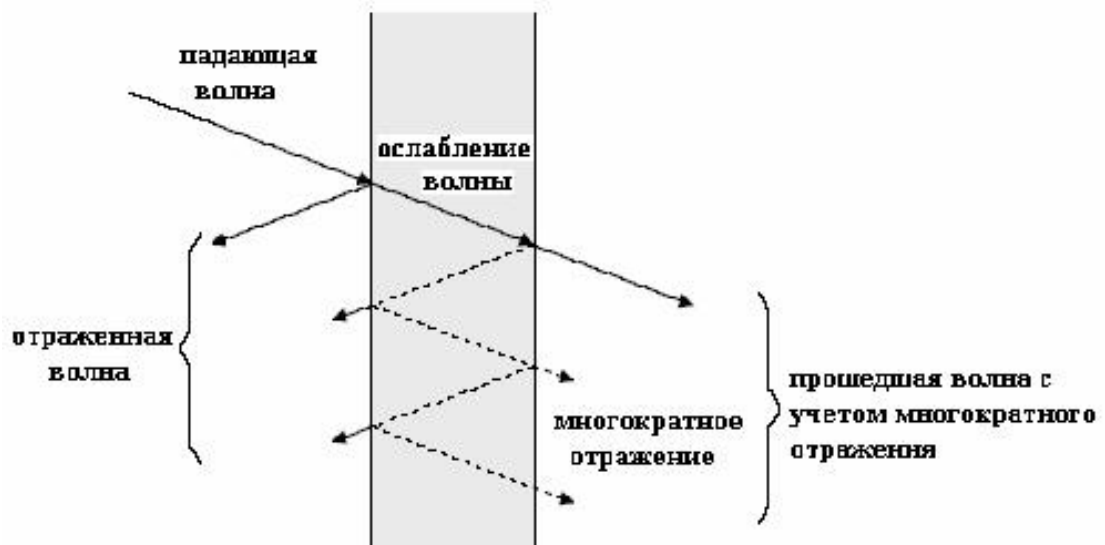


Рисунок 1.15 – Схема проходження хвилі через стінку екрана

Формули для розрахунку в середовищі MathCAD амплітуди хвилі, що пройшла через стінку екрана, мають вигляд, [26] (рис. 1.16):

$$F_{out} = F_{in} \cdot \frac{2Z_M}{Z_M + Z_A} \cdot e^{-\frac{t}{\delta}} \cdot \frac{2Z_A}{Z_M + Z_A}$$

$$F_{out} = F_{in} \cdot s_R \cdot s_A \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Reflection: } s_R = \frac{4Z_A Z_M}{(Z_A + Z_M)^2} \\ \text{Absorption: } s_A = e^{-\frac{t}{\delta}} \end{array} \right.$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu}}, \quad \sigma: \text{conductivity}, \mu: \text{permeability}$$

Рисунок 1.16 – Розрахунок амплітуди хвилі в MathCAD

На рис. 1.16 F_{out} і F_{in} – напруженість поля хвилі, що пройшла через екран і хвилі, що падає на екран, В/м, А/м.

Z_M і Z_A – імпеданс металу екрана і хвильовий імпеданс падаючої хвилі, Ом;

t – товщина екрана, м;

δ – товщина скін-слою, м;

Другий співмножник у формулі означає відбиття від передньої стінки екрана, третій - поглинання в екрані, четвертий - відбиття від задньої стінки екрана.

1.6 Аналіз технічних засобів обробки інформації

Джерелами небезпечного сигналу є елементи, вузли і провідні ланцюги технічних засобів із струмами і напругами інформаційних сигналів, а також елементи технічних засобів, що створюють акустичні поля небезпечних сигналів.

До основних технічних засобів і систем, призначених для передачі, прийому, обробки і зберігання інформації з обмеженим доступом, що випромінюють електромагнітні хвилі відносяться, [33]:

- ЕОМ;
- апаратура звукозапису, звуковідтворення і звукопідсилення;
- системи оперативно-командного і гучномовного зв'язку;
- системи внутрішнього телебачення;
- засоби виготовлення і розмноження документів.

До допоміжних технічних засобів і систем, що випромінюють електромагнітні хвилі відносяться, [33]:

- системи телефонного зв'язку;
- системи радіотрансляції;
- системи електроживлення;
- системи охоронної та пожежної сигналізації.

Допоміжні технічні засоби, а також різного роду електричні ланцюги, що розташовуються в безпосередній близькості від основних технічних систем і засобів, можуть володіти антенним ефектом, [34]. Цей ефект полягає в перетворенні енергії, що приходить від основних технічних систем і засобів електромагнітної хвилі в енергію електричних струмів. Вторинні технічні системи та засоби, а також утворювані ними ланцюги, називаються випадковими приймальними антенами. До зосереджених випадкових приймальних антен відносяться телефонні апарати, датчики охоронної та пожежної сигналізації тощо. До розподілених випадкових антен відносяться різного роду кабелі, дроти систем сигналізації, ретрансляційні мережі, труби, металеві конструкції і т.п.

Під час проходження небезпечних сигналів по елементах і колах технічних засобів, сполучних ліній, в навколишньому просторі виникає електромагнітне поле. Тому такі засоби і лінії можна вважати випромінювачами побічних електромагнітних хвиль.

Електромагнітні випромінювання радіоелектронного обладнання можна розділити на основні і небажані, [33].

Основні радіовипромінювання характеризуються:

- несучою частотою;
- потужністю (напруженістю) поля;
- широкою смугою частот, що випромінюються;
- параметрами модуляції.

Небажані випромінювання поділяються на побічні, позасмугові і шумові. Найбільш небезпечними, з точки зору утворення каналів витоку інформації, є побічні випромінювання.

Побічні випромінювання – це радіовипромінювання, що виникають в результаті будь-яких нелінійних процесів в радіоелектронному пристрої, крім процесів модуляції. Побічні випромінювання виникають як на основній частоті, так і на гармоніках, а також у вигляді їх взаємодії, [27].

Найбільшу загрозу створюють засоби звукофікації приміщень для озвучування акустичної інформації, яка містить відомості, що захищаються. До них відносяться мікрофони, підсилювачі потужності, гучномовці, що встановлюються на стінах великих приміщень (залів для нарад, конференц-залів) або в спинки крісел, а також сполучні кабелі, [34]. Причому часто підсилювачі потужності розміщуються в технічному приміщенні, віддаленому на значну відстань від ОІД. По дротах кабелів звукопідсилювальної апаратури протікають великі струми, які складають частки і одиниці ампер. Ці струми створюють потужні магнітні поля, які, по-перше, можуть поширюватися за межі виділеного приміщення, будівлі і навіть організації, а по-друге, наводити е.р.с. в будь-яких струмопровідних конструкціях, в тому числі в ланцюгах електроживлення і металевих арматурах будівель. У таких випадках, коли мають місце переважно низькочастотні випромінювання, перевагу має магнітна складова електромагнітного поля, [35], послаблення якої є актуальним завданням.

1.7 Постановка задачі дослідження

Для підвищення ефективності екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проведення аналізу екрануючих матеріалів для екранування складових побічного електромагнітного випромінювання;
2. Проведення порівняльної оцінки екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів;
3. Обґрунтування вибору перспективних напрямів підвищення ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання;

4. Проведення порівняльної оцінки екрануючих характеристик матеріалів на базі феритових сплавів;

5. Розробка рекомендацій по підвищенню ефективності екранування складових побічного електромагнітного випромінювання.

1.8 Висновок

Найважливішим у захисті від витоків ПЕМВ є обмеження сигналів, тобто вони не повинні виходити за межі компанії. Існують норми та допустимі значення хвиль, які необхідно встановити на обладнанні, щоб не допустити можливості отримання доступу до ліній зв'язку конкурентів. Щоб забезпечити захист даних від побічних випромінювань, слід провести ряд заходів, а саме:

- встановити всі пристрої, потенційно призводять до витoku, у місцях, максимально віддалених від межі території, що охороняється.
- забезпечити екранування приміщень, будівель і комунікацій у фірмі.
- краще всього використовувати локальні системи, які не мають виходу за межі території.
- всі розв'язки в мережах живлення та заземлення робити виключно на охоронюваній території.
- також можна встановити пригнічують фільтри.
- якщо ж є підозри, що захист інформації від витoku по технічних каналах вже не допомагає і є витік, то для її виявлення можна використовувати селективні вольтметри, вимірювальні приймачі, аналізатори сектору та інше специфічне обладнання.

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЕКРАНУВАННЯ СКЛАДОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ КАНАЛАМИ ПЕМВ

2.1 Порівняльний аналіз матеріалів для екранування побічного електромагнітного випромінювання

Витік з контрольованої зони може відбутися через електромережу, до якої підключені технічні засоби. Найчастіше для таких підключень і крадіжки інформації подібним чином використовують блоки живлення, випромінюють високі частоти. Щоб провести захисні заходи, в основному використовуються методи розведення ланцюгів.

Для цього встановлюють спеціалізовані мережеві фільтри, перетворювачі та подібне устаткування, що захищає приміщення від зайвих коливань хвиль в електромережах. При більш серйозному підході на захищеною і охоронюваною території встановлюють окремі трансформатори, через які відбувається передача електрики в будинок. Таким способом відбувається найбільш надійний захист інформації від витоку по технічних каналах через електромережу.

Важливо також звернути увагу на заземлення. Дуже важливо правильно встановити все обладнання і захистити його від зловмисників. Установка заземлення поза приміщень проводиться на глибині понад півтора метра. У будинку ж їх потрібно встановлювати таким чином, щоб регулярно можна було перевіряти на цілісність і наявність додаткових підключень.

Відомо, що лінії передачі інформації можуть надавати дію один на одного. Впливає ланцюгом називають ту ланцюг, яка створює первинне вплив на електромагнітне поле. Далі йдуть вже ланцюга, на які це поле впливає. Крім прямого впливу ланцюгів один на одного є ще і непрямий вплив, яке може виникнути із-за відображення сигналів. Вплив може бути систематичним і випадковим.

В основному вони виникають з-за дротів однакового розміру, розташованих в надземному просторі. Випадкові ж впливу з'являються внаслідок збігу обставин, які не можна оцінити або передбачити. Для створення умов впливу один кабель повинен бути екранований, іншої немає. З цього випливає, що технічні наведення не безпечні, і за них може проводитися технічна розвідка каналів витоку інформації. При пошкодженні або корозії кабелів, що дуже часто трапляється на практиці, вони починають випромінювати сильні сигнали в електромагнітному полі.

Обладнання можна захистити від взаємного впливу. Для цього слід застосувати необхідні заходи, а саме:

- використовувати системи передачі та лінії зв'язку, у яких показники взаємного впливу мінімальні. Можна майже повністю вирішити питання, якщо встановлювати виключно волоконно-оптичні лінії й коаксіальні кабелі.

- вибирати кабелі для різних систем раціонально, тобто намагатися компенсувати всі наведення між симетричними лініями.

- проводити екранування ланцюгів гнучкими і жорсткими екранами, це забезпечить зниження взаємодії завдяки послабленню інтенсивності електромагнітного поля за допомогою екрана.

Для екранування електромагнітних випромінювань застосовуються екрани з матеріалів, які повинні мати певні властивості: на низьких частотах рекомендується використовувати матеріали з великим значенням магнітної проникливості μ , на високих частотах – з високою провідністю γ .

Це пов'язано з тим, що на низьких частотах принцип екранування полягає в тому, щоб силові лінії магнітного поля пройшли в основному в стінках екрана. На високих частотах електромагнітне поле викликає вихрові струми, що створюють поле, спрямоване назустріч зовнішньому і компенсує його.

На сьогодні для зменшення електромагнітних випромінювань проводяться дослідження таких матеріалів як перліт, шунгіт, титаномagnetит, торфобетони, [36]. Створюються і модифікуються нові домішки, порошки, які складають основу конструкцій електромагнітних екранів.

Перлітові екрани являють собою складні діелектрики, які складаються з твердого (гіпсова суміш з частками перліту) і рідкого компонентів (водяного розчину). Коефіцієнт екранування такої суміші складає 20-30 дБ, коефіцієнт відбиття – 2-8 дБ, [37].

Екрани, що виготовлені з торфобетонів, являють собою суміш порошкоподібних компонентів (низинний торф) в бетонній основі із водяним розчином. Коефіцієнт відбиття такої суміші складає 4-8 дБ, коефіцієнт екранування – 15-24 дБ, [38].

Шунгіт – природний матеріал, для виготовлення електромагнітних екранів використовуються його модифікації. Найчастіше використовують термічний відпал шунгітових порід при температурі близько 800 °С. Шунгітові екрани мають коефіцієнт відбиття 2-6 дБ, коефіцієнт екранування – 22-26 дБ, [39].

Перевагами екранів, що виготовлені на основі вище зазначених матеріалів, є високі показники ефективності екранування електромагнітного випромінювання. До недоліків можна віднести складний процес виготовлення екрануючих сумішей і конструкції самого екрана, великі економічні витрати, [40]. Головним недоліком є неможливість використання таких екранів для екранування електромагнітних полів низької частоти, коли магнітна складова поля переважає електричну. Це пов'язано із тим, що для ефективного зменшення магнітної складової електромагнітного поля матеріал екрана повинен мати високі магнітні показники, а саме велике значення магнітної проникливості μ . Ефективність екранування зазначених сумішей визначається в діапазоні від одиниць МГц до одиниць ГГц, [40].

Для екранування низькочастотних полів застосовуються екрани, виготовлені з міді, сталі, алюмінію, заліза, пермалою, нікелю, [41]. Недоліком таких екранів є великі розміри конструкції, тому що для забезпечення ефективного зменшення електромагнітних випромінювань необхідно збільшувати товщину екрана. Це пов'язано з тим, що із зростом частоти магнітна проникливість усіх матеріалів швидко зменшується, причому тим значніше, чим

більше її початкове значення, [41]. Ефективність екранування зазначених металів визначається в діапазоні від одиниць Гц до сотень кГц.

Головним фактором, що визначає якість екрана, є радіофізичні властивості матеріалу і конструкційні особливості. Для розрахунків екранів електромагнітних випромінювань використовується спрощене уявлення їх форми: сфера, циліндр, плоскопаралельний лист. Така заміна конструкції не призводить до значних відхилень реальної ефективності від розрахункової, тому що основною причиною, що обмежує досягнення високих значень ефективності екранування, є наявність в екрані технологічних отворів (пристрої введення-виведення, вентиляції), а в екранованих приміщеннях - пристроїв життєзабезпечення, що зв'язують приміщення з зовнішнім середовищем, [42].

2.2 Причини виникнення електричних каналів витоку інформацій

Причинами виникнення електричних каналів витоку інформацій можуть бути:

- наведення електромагнітних випромінювань ТЗП на з'єднувальні лінії ДТЗС і сторонні провідники, що виходять за межі контрольованої зони;
- просочування інформаційних сигналів у колі електроживлення ТЗП;
- просочування інформаційних сигналів у колі заземлення ТЗП.

Наведення електромагнітних випромінювань ТЗП виникають при випромінюванні елементами ТЗП (у тому числі і їх з'єднувальними лініями) інформаційних сигналів, а також при наявності гальванічного зв'язку з'єднувальних ліній ТЗП і сторонніх провідників або ліній ДТЗС. Рівень сигналів що наводиться, в значній мірі залежить від потужності сигналів що випромінюються, відстані до провідників, а також довжини спільного пробігу з'єднувальних ліній ТЗП і сторонніх провідників. Простір навколо ТЗП, в межах якого на випадковій антени наводиться інформаційний сигнал вище припустимого (нормованого) рівня, називається (небезпечної) зоною 1. Випадковою антеною є ланцюг ДТЗС або сторонні провідники, здатні приймати

побічні електромагнітні випромінювання. Випадкові антени можуть бути зосередженими і розподіленими. Зосереджена випадкова антена являє собою компактний технічний засіб, наприклад телефонний апарат, гучномовець радіотрансляційної мережі і т.д. До розподілених випадкових антен відносяться випадкові антени з розподіленими параметрами: кабелі, дроти, металеві труби та інші струмопровідні комунікації.

Просочування інформаційних сигналів у коло електроживлення можливо при наявності магнітного зв'язку між вихідним трансформатором підсилювача (наприклад, ПНЧ) і трансформатором випрямляючого пристрою. Крім того, струми інформаційних сигналів що підсилюються, замикаються через джерело електроживлення, створюючи на його внутрішньому опорі падіння напруги, яка при недостатньому загасанні у фільтрі випрямляючого пристрою може бути виявлена в лінії електроживлення. Інформаційний сигнал може проникнути в ланцюги електроживлення також в результаті того, що середнє значення споживаного струму в кінцевих каскадах підсилювачів в більшій чи меншій мірі залежить від амплітуди інформаційного сигналу, що створює нерівномірне навантаження на випрямлювач і призводить до зміни споживаного струму за законом зміни інформаційного сигналу.

Крім заземлюючих провідників, що слугують для безпосереднього з'єднання ТЗП з контуром заземлення, гальванічний зв'язок з землею можуть мати різні провідники, що виходять за межі контрольованої зони. До них відносяться нульовий провід мережі електроживлення, екрани (металеві оболонки) з'єднувальних кабелів, металеві труби систем опалення та водопостачання, металева арматура залізобетонних конструкцій і т.д. Всі ці провідники спільно з заземлювальним пристроєм утворюють розгалужену систему заземлення, на яку можуть наводитися інформаційні сигнали. Крім того, в ґрунті навколо заземлюючого пристрою виникає електромагнітне поле, яке також є джерелом інформації. Перехоплення інформаційних сигналів по електричних каналах витoku можливе шляхом безпосереднього підключення до з'єднувальних ліній ДТЗС і сторонніх провідників, які проходять через

приміщення, де встановлені ТЗПІ, а також до їх систем електроживлення та заземлення. Для цих цілей використовуються спеціальні засоби радіо- та радіотехнічної розвідки, а також спеціальна вимірювальна апаратура. Схеми електричних каналів витоку інформації представлена на рис.2.1 і 2.2.

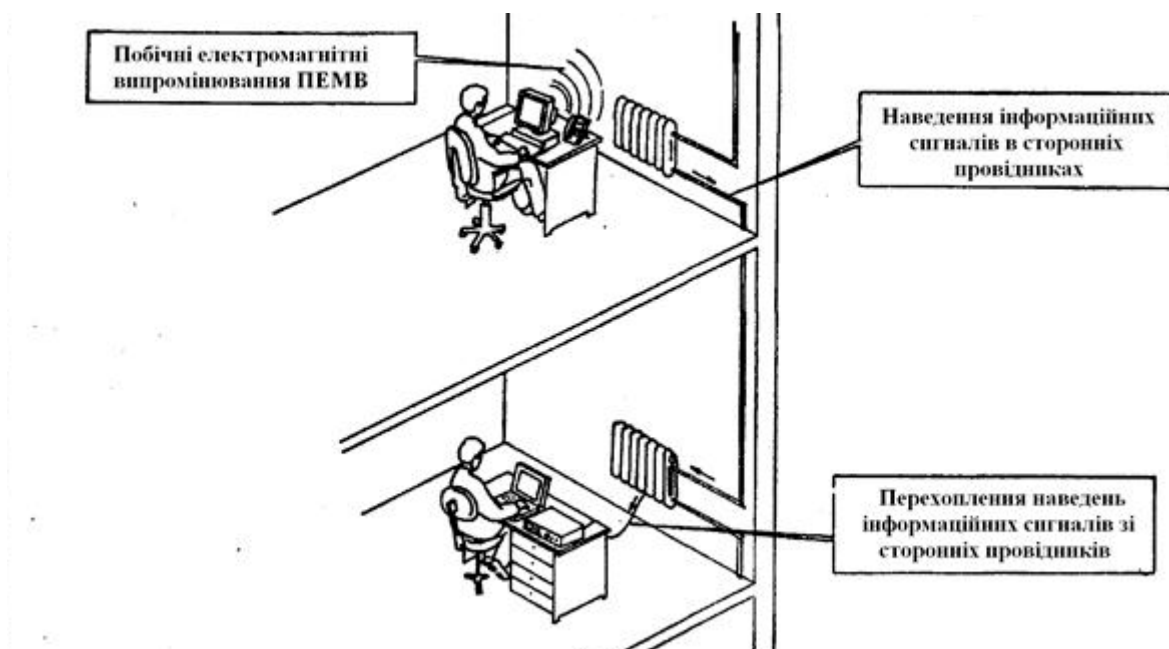


Рисунок 2.1 – Знімання наведень інформаційних сигналів зі з'єднувальних ліній ДТЗС і сторонніх провідників

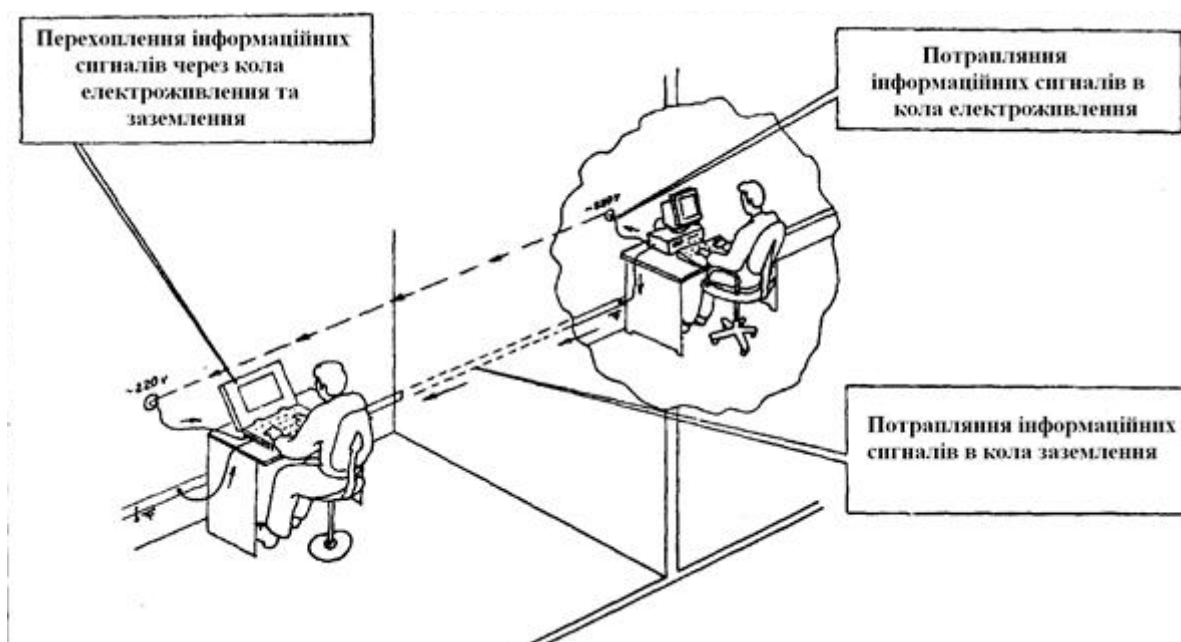


Рисунок 2.2 – Перехоплення інформаційних сигналів з ланцюгів заземлення та електроживлення

Останнім часом почастишали випадки знімання інформації, що обробляється в ТЗП, шляхом установки в них електронних пристроїв перехоплення інформації – закладних пристроїв. Електронні пристрої перехоплення інформації, що встановлюються в ТЗП, іноді називають апаратними закладками. Вона є міні-передавачі, випромінювання яких модулюється інформаційним сигналом. Найбільш часто закладки встановлюються в ТЗП іноземного виробництва, проте можливе їх установка й у вітчизняних засобах. Перехоплена за допомогою закладних пристроїв інформація або безпосередньо передається по радіоканалу, чи спочатку записується на спеціальний запам'ятовуючий пристрій, а вже потім по команді передається об'єкт що управляє нею.

2.3 Розрахунок коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів

Для розрахунків електромагнітних екранів найчастіше використовується заміна реальної конструкції на плоскопаралельну. Розрахунок плоскопаралельного екрана визначається як відношення тангенціальних складових електричного і магнітного полів. Коефіцієнт проходження через шар екрана являє собою ефективність екранування, так як дорівнює відношенню амплітуд хвилі, що пройшла, і хвилі, що падає на екран. Якщо середовищем по обидва боки екрана є вакуум, то коефіцієнт проходження D має вигляд, [18] (2.1):

$$D = \frac{4 \times Z_m}{(1 + Z_m)^2 \times e^{-i\lambda d} - (1 - Z_m)^2 \times e^{i\lambda d}}, \quad (2.1)$$

$$Z_m = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}, \quad (2.2)$$

де D – коефіцієнт проходження хвилі;

d – товщина екрана, м;

μ - магнітна проникливість матеріалу;

ε – діелектрична проникливість матеріалу;

λ – довжина хвилі у вільному просторі, м.

У загальному випадку – при комплексних діелектричній і магнітній проникливості матеріалу – теоретичний аналіз наведеного виразу є важким, тому використовується розрахунок ефективності екранування за поглинанням і відбиттям падаючої хвилі екраном.

Коефіцієнт ефективності екранування визначається за формулою, [43] (2.3):

$$S = \frac{1}{ch(k_M \cdot d)} + \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_D}{Z_M} \cdot th(k_M \cdot d)}, \quad (2.3)$$

$$k_M = \sqrt{j\omega\mu\gamma}, \quad (2.4)$$

$$Z_D = j\omega\mu_D \frac{l}{2}, \quad (2.5)$$

$$Z_M = \sqrt{\frac{j\omega\mu_M}{\gamma}}, \quad (2.6)$$

де S коефіцієнт екранування, дБ;

k_M – коефіцієнт розповсюдження в металі, 1/м;

d – товщина екрана, м;

Z_D – хвильовий опір діелектрика, Ом;

Z_M – хвильовий опір металу, Ом;

l – відстань між стінками екрана, м.

Вираз (2.3) складається з двох частин (2.7):

$$S = S_B + S_{\Pi}, \quad (2.7)$$

$$\text{де } S_B = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_D}{Z_M} \cdot th(k_M \cdot d)} - \text{екранування відбиттям, дБ}; \quad (2.8)$$

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch(k_M \cdot d)} - \text{екранування поглинанням, дБ}. \quad (2.9)$$

По мірі проникнення вглиб провідникового середовища відбувається ефект зменшення амплітуди електромагнітного випромінювання, що називається скін-

ефектом. Об'ємна щільність струму максимальна біля поверхні провідника, по мірі віддалення від поверхні вона зменшується і на глибині Δ стає меншою в e раз. Практично весь струм зосереджується в шарі товщиною Δ , яка називається товщиною скін-шару (2.10):

$$\Delta = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}}, \quad (2.10)$$

де Δ - товщина скін-шару, м;

ρ – питомий опір, Ом·м;

μ - магнітна проникливість матеріалу;

f – частота, Гц.

В табл. 2.1 приведені базові характеристики основних екрануючих матеріалів, [44], в табл. 2.2 приведені розраховані значення товщини скін-шару матеріалів на різних частотах.

Таблиця 2.1 – Магнітна проникливість і питомий опір екрануючих матеріалів

Матеріал	μ	γ , См/м
Мідь	1	$5,95 \cdot 10^7$
Сталь електротехнічна	4000	$2,5 \cdot 10^6$
Алюміній	1	$3,7 \cdot 10^7$
Залізо	1400	$1 \cdot 10^7$
Нікель	1120	$1,15 \cdot 10^7$
Пермалой	10000	$5 \cdot 10^6$

Магнітна проникливість заліза сильно залежить від ступеня чистоти і механічної обробки. Залізо найвищого ступеня чистоти має значення $\mu \approx 1400$.

Таблиця 2.2 – Товщина скін-шару Δ , мкм екрануючих матеріалів

Матеріал	Частота, Гц			
	100	10^3	10^4	10^5
Мідь	6600	2090	660	209
Сталь електротехнічна	851	269	85,1	26,9
Алюміній	8270	2620	827	262
Залізо	560	189	63,1	18,7
Нікель	542	150	54,3	16,2
Пермалой	392	112	34,8	10,2

Коефіцієнти ефективності екранування екрануючих матеріалів розраховані для низьких частот в діапазоні 100 Гц – 90 кГц. Розрахунки проведені за допомогою програмного продукту MathCAD.

2.3.1 Розрахунок коефіцієнтів поглинання екрануючих матеріалів

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для міді при частоті випромінювань $f = 100$ Гц, товщині шару $d = 6,6$ мм:

$$S_{\pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{2\pi \cdot 100 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^7 \cdot 6,6 \cdot 10^{-3}}\right)} = 3,5.$$

Результати розрахунків S_{π} при $f = 100$ Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 100$ Гц

Матеріал	S_{π} , дБ
Мідь	3,5
Сталь	11,7
Алюміній	2,6
Залізо	13,8
Нікель	15,7
Пермалой	31,6

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для сталі електротехнічної при частоті випромінювань $f = 500$ Гц:

$$S_{\pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{2\pi \cdot 500 \cdot 4000 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}})} = 17,4.$$

Результати розрахунків S_{π} при $f = 500$ Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 500$ Гц

Матеріал	S_{π} , дБ
Мідь	7,2
Сталь	17,4
Алюміній	5,4
Залізо	18,2
Нікель	19
Пермалой	33,45

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для пермалойу при частоті випромінювань $f = 1$ кГц:

$$S_{\pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 10000 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}})} = 28,1.$$

Результати розрахунків S_{π} при $f = 1$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 1$ кГц

Матеріал	$S_{\text{п}}$, дБ
Мідь	14
Сталь	23
Алюміній	12
Залізо	19,1
Нікель	21
Пермалой	28,1

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для заліза при частоті випромінювань $f = 5$ кГц:

$$S_{\text{п}} = \frac{1}{ch(\sqrt{2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 1400 \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}})} = 22,9.$$

Результати розрахунків $S_{\text{п}}$ при $f = 5$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 5$ кГц

Матеріал	$S_{\text{п}}$, дБ
Мідь	25
Сталь	27
Алюміній	26
Залізо	22,9
Нікель	28,7
Пермалой	22

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для нікелю при частоті випромінювань $f = 10$ кГц:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1120 \cdot 1,15 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 32,4.$$

Результати розрахунків S_{Π} при $f = 10$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 10$ кГц

Матеріал	S_{Π} , дБ
Мідь	28,9
Сталь	16,4
Алюміній	31,5
Залізо	30,5
Матеріал	S_{Π} , дБ
Нікель	32,4
Пермалой	16,77

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для алюмінію при частоті випромінювань $f = 30$ кГц:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{2\pi \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3,7 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 36,4.$$

Результати розрахунків S_{Π} при $f = 30$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 30$ кГц

Матеріал	$S_{\text{п}}$, дБ
Мідь	32,5
Сталь	40
Алюміній	36,4
Залізо	34
Нікель	36
Пермалой	12,46

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для міді при частоті випромінювань $f = 90$ кГц:

$$S_{\text{п}} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{2\pi \cdot 90 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 5,25 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 40,3.$$

Результати розрахунків $S_{\text{п}}$ при $f = 90$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при $f = 90$ кГц

Матеріал	$S_{\text{п}}$, дБ
Мідь	40,3
Сталь	49,7
Алюміній	42
Залізо	42,9
Нікель	45,8
Пермалой	5,2

2.3.2 Розрахунок коефіцієнтів відбиття екрануючих матеріалів

Розрахунок коефіцієнту екранування відбиттям проведено за формулою (2.11):

$$S_B = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot \frac{2\pi \cdot f \cdot 1 \cdot \frac{l}{2}}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot f \cdot \mu}{\gamma}}} \cdot th(\sqrt{2\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \gamma \cdot d})}. \quad (2.11)$$

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування відбиттям для міді при частоті випромінювань $f = 100$ Гц, $d = l$:

$$S_B = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 1 \cdot 3,3 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot 100 \cdot 1}{5,95 \cdot 10^7}}} \cdot th(\sqrt{2\pi \cdot 100 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^7 \cdot 6,6 \cdot 10^{-3}})} = 0,45.$$

Результати розрахунків S_B при $f = 100$ Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 100$ Гц

Матеріал	S_B , дБ
Мідь	0,45
Сталь	0,32
Алюміній	0,43
Залізо	0,24
Нікель	0,28
Пермалой	0,3

Результати розрахунків S_B при $f = 500$ Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 500$ Гц

Матеріал	S_v , дБ
Мідь	0,7
Сталь	0,65
Алюміній	0,62
Залізо	0,6
Нікель	0,7
Пермалой	0,54

Результати розрахунків S_v при $f = 1$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 1$ кГц

Матеріал	S_v , дБ
Мідь	0,93
Сталь	1,03
Матеріал	S_v , дБ
Алюміній	0,9
Залізо	0,87
Нікель	0,98
Пермалой	0,88

Результати розрахунків S_v при $f = 5$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 5$ кГц

Матеріал	S_v , дБ
Мідь	1,02
Сталь	1,18
Алюміній	1,1
Залізо	1,12
Нікель	1,16
Пермалой	1,08

Результати розрахунків S_v при $f = 10$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 10$ кГц

Матеріал	S_v , дБ
Мідь	1,12
Сталь	1,64
Алюміній	1,4
Залізо	1,52
Матеріал	S_v , дБ
Нікель	1,62
Пермалой	1,21

Результати розрахунків S_v при $f = 30$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 30$ кГц

Матеріал	S_B , дБ
Мідь	1,45
Сталь	1,96
Алюміній	1,62
Залізо	1,85
Нікель	1,9
Пермалой	1,54

Результати розрахунків S_B при $f = 90$ кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при $f = 90$ кГц

Матеріал	S_B , дБ
Мідь	1,65
Сталь	2,3
Алюміній	1,8
Залізо	2,15
Нікель	2,1
Пермалой	1,7

2.3.3 Розрахунок коефіцієнту ефективності екранування основних екрануючих матеріалів

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування S , дБ для міді при частоті випромінювань $f = 100$ Гц за формулою (2.7):

$$S = S_{\Pi} + S_B = 3,5 + 0,5 = 4.$$

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів для діапазону частот 100 Гц – 90 кГц представлені в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Коефіцієнти ефективності екранування S , дБ екрануючих матеріалів в діапазоні частот 100 Гц – 90 кГц

Частота	S , дБ					
	Мідь	Сталь	Алюміній	Залізо	Нікель	Пермалой
100 Гц	4	12	3	14	16	32
500 Гц	8	18	6	19	20	34
1 кГц	15	24	13	20	22	29
5 кГц	26	28	27	24	30	23
10 кГц	30	36	33	32	34	18
30 кГц	34	42	38	36	38	14
90 кГц	42	52	44	45	48	7

Аналіз результатів розрахунків і таблиць показує, що найвищий коефіцієнт ефективності екранування S на частотах до 1 кГц має пермалой, він становить 32 дБ, а на частотах 1 кГц – 30 кГц – сталь електротехнічна із показником 52 дБ.

2.3.4 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів

Для графічного аналізу проведених розрахунків побудовано залежності коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів від частоти електромагнітного випромінювання (рис. 2.3).

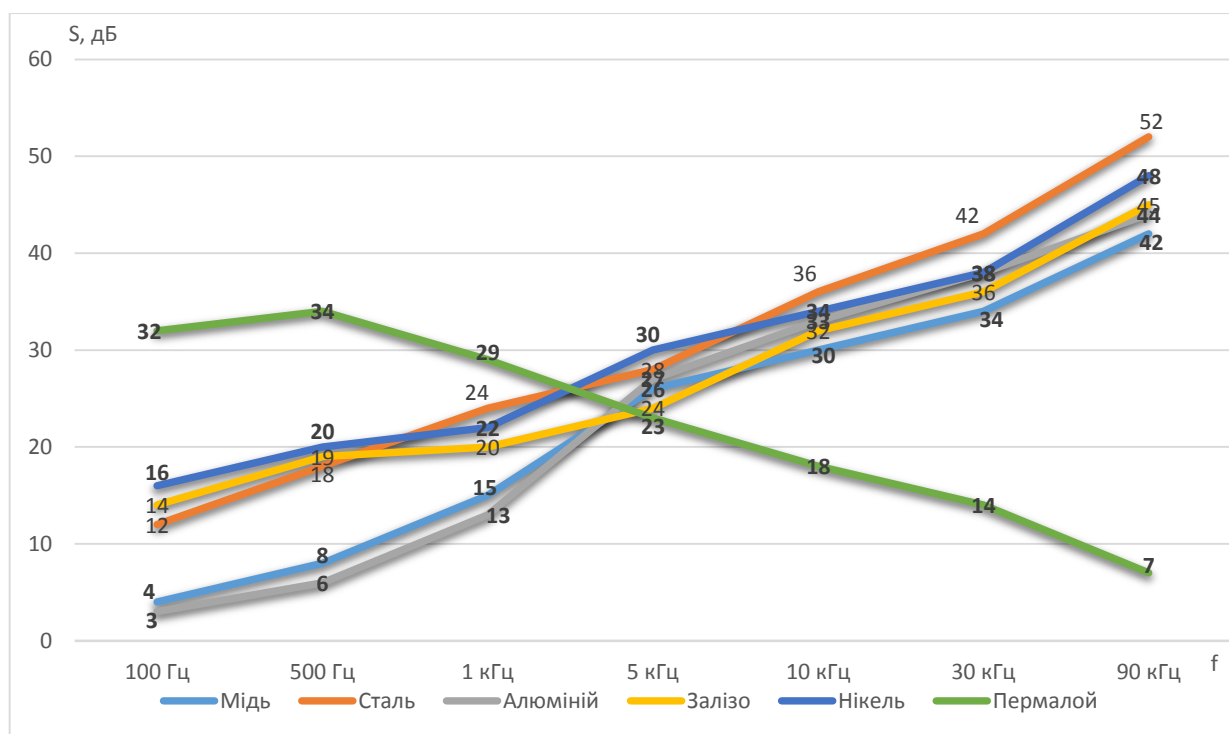


Рисунок 2.3 – Графіки залежності коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів від частоти електромагнітного випромінювання

На графіках залежності коефіцієнту ефективності екранування від частоти електромагнітного випромінювання наочно видно, що на частотах до 1 кГц найвищим показником екранування володіє пермалой і становить 28...32 дБ, але на частотах більше 1 кГц його коефіцієнт екранування різко знижується на 11...20 дБ. На частотах 3 кГц – 9 кГц найвищий коефіцієнт екранування має нікель, він становить 30...50 дБ. На частотах вище 10 кГц найвищий коефіцієнт ефективності екранування має сталь електротехнічна – 30...50 дБ.

2.4 Перспективні напрями підвищення ефективності екранування магнітної складової побічних електромагнітних випромінювань

Перспективним напрямом для ефективного екранування низькочастотної магнітної складової електромагнітного поля є використання магнітом'яких феритів - це хімічні сполуки оксиду заліза Fe_2O_3 з оксидами інших металів.

Магнітом'які ферити в основному застосовуються в промисловості, [45], зокрема при виготовленні магнітопроводів, що працюють в слабких і сильних

магнітних полях; магнітних підсилювачів, сердечників трансформаторів, котушок індуктивності, статорів і роторів двигунів, термомагнітних компенсаторів і т.д.

На даний момент проводяться дослідження їх властивостей і характеристик для промислових цілей. Залежно від складу і змісту металів в феритових сплавах, можна отримати ферит з різними значеннями магнітної проникливості і питомої провідності. У промисловості використовують найбільш просту технологію, яка полягає в спіканні оксидів при підвищеній температурі: в підготовлений феритовий порошок, що складається з обпалених оксидів різних металів, тонко подрібнених і ретельно перемішаних, додають пластифікатор (зазвичай розчин полівінілового спирту), з отриманої маси під великим тиском пресують вироби необхідної форми і обпалюють їх при температурі 1100 – 1400 °С. У процесі випалу і формується ферит, що представляє собою твердий розчин оксидів, [46].

Особливий інтерес представляють складні ферити, які отримують в результаті поєднання феромагнітних і неферомагнітних матеріалів (наприклад, ZnO з Fe₂O₃ і NiO з Fe₂O₃). При цьому істотно поліпшуються магнітні властивості, що пояснюється значним зниженням точки Кюрі до температур, які мало перевищують робочу температуру виробів, а поблизу точки Кюрі магнітна проникливість феромагнітного матеріалу різко зростає, [47].

Ферити володіють високим питомим електричним опором (в 10⁴ – 10¹² разів більше, ніж метали), що призводить до малих втрат на вихрові струми.

Одними з таких сплавів є нікель-цинкові і марганець-цинкові ферити. Вони являють собою тверді розчини заміщення, утворені простими феритами NiFeO₄ і MnFe₂O₄, що є феромагнетиками з немагнітним ZnFe₂O₄. Зазначені ферити мають високі показники магнітної проникності і питомого опору, [48].

Для низькочастотних марганець-цинкових феритів базова магнітна проникливість становить від 2000 і більше.

Запропоновано використовувати ферит НМ 7500 (низькочастотний ферит на основі марганець-цинкового сплаву з магнітною проникливістю $\mu=7500$) та НН 3000 (низькочастотний ферит на основі нікель-цинкового сплаву з магнітною

проникливістю $\mu=3000$) в якості екрануючих матеріалів для підвищення ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання.

Перевагою обраних сплавів є те, що їхня магнітна проникність майже не змінюється із збільшенням частоти випромінювань [49], а великі значення магнітної проникливості і питомого опору дозволяють отримати високий коефіцієнт ефективності екранування.

2.5 Розрахунок коефіцієнтів екранування феритових сплавів

В табл. 2.18 представлені розрахунки товщини скін-шару для феритових сплавів в залежності від частоти.

Таблиця 2.18 – Товщина скін-шару Δ , мкм феритових сплавів

Матеріал	Частота, Гц			
	100	10^3	10^4	10^5
НМ 7500	570	230	62	10
НН 3000	650	250	52	8

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування поглинанням S_{π} , дБ для НМ 7500 при частоті електромагнітного випромінювання $f = 100$ Гц, товщині шару $d = 4$ мм:

$$S_{\pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{2\pi \cdot 50 \cdot 7500 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}})} = 45.$$

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування поглинанням для феритових сплавів в діапазоні частот 100 Гц – 90 кГц представлені в табл. 2.19.

Таблиця 2.19 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинання S_p , дБ феритових сплавів

Частота	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
НМ 7500	27,6	28,4	30	32	40	43	53,5
НН 3000	16,2	20	23,7	25,5	37	44,2	55

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування відбиттям S_B , дБ для НМ 7500 при частоті електромагнітного випромінювання $f = 500$ Гц:

$$S_B = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi \cdot 500 \cdot 7500 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2}}{\sqrt{2\pi \cdot 500 \cdot 7500 \cdot 1}}} \cdot th(\sqrt{2\pi \cdot 500 \cdot 7500 \cdot 1} \cdot 4 \cdot 10^{-3})} = 0,79.$$

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування відбиттям феритових сплавів на частотах 100 Гц – 90 кГц представлені в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям S_B , дБ феритових сплавів

Частота	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
НМ 7500	1,2	1,5	1,9	2,1	2,6	3,1	3,4
НН 3000	1,7	1,8	2,1	2,5	3,2	3,7	4,1

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування S для феритових сплавів на частотах 100 Гц – 90 кГц приведені в табл. 2.21

Таблиця 2.21 – Коефіцієнти ефективності екранування S , дБ феритових сплавів

Частота	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
НМ 7500	29	30	32	34	42	46	57
НН 3000	18	22	26	28	28	40	59

2.6 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик феритового сплаву

Аналіз результатів розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування феритових сплавів показав, що в діапазоні частот до 1 кГц найбільший показник S має марганець-цинковий ферит, він складає 29...34 дБ. На частоті більше 1 кГц переважає нікель-цинковий ферит, для якого коефіцієнт екранування S складає 40...59 дБ.

На основі проведеного аналізу побудовано залежність коефіцієнта ефективності екранування від частоти електромагнітних випромінювань для феритових сплавів (рис. 2.4) і представлено сукупність графіків залежності коефіцієнтів ефективності екранування від частоти для різних екрануючих матеріалів (рис. 2.5).

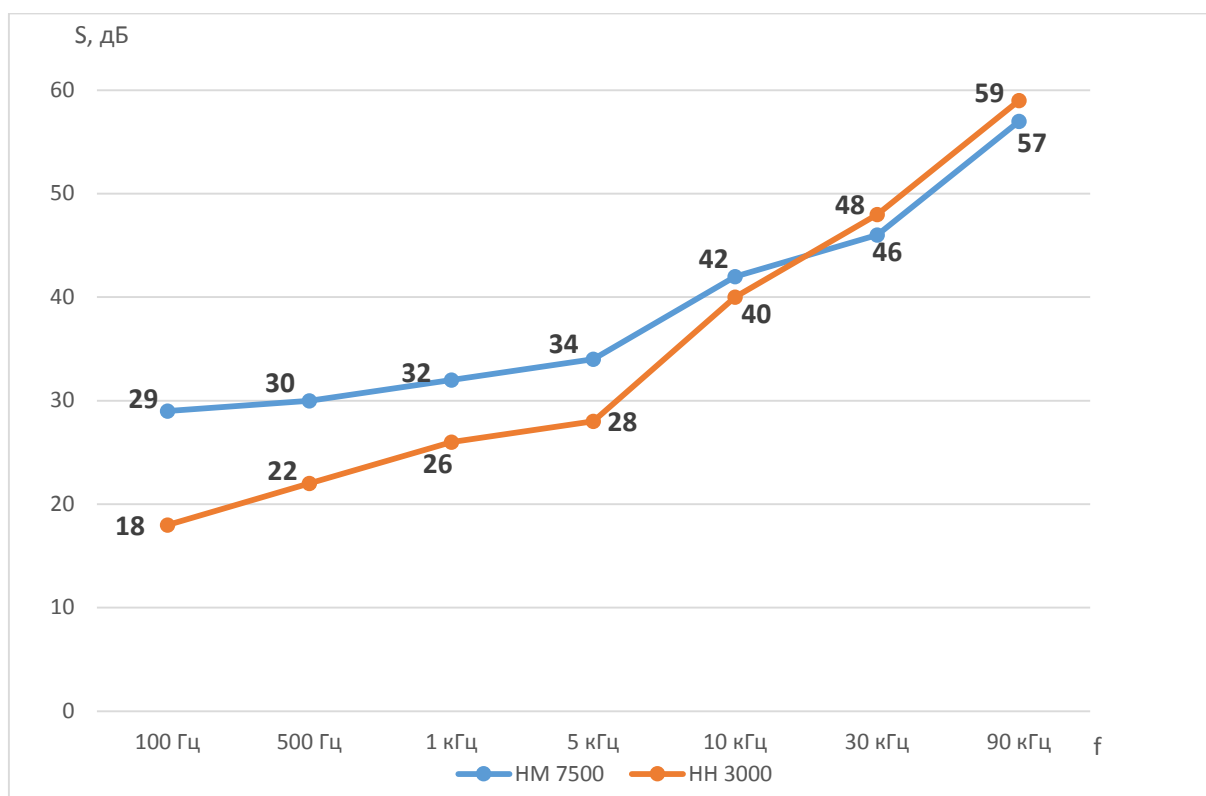


Рисунок 2.4 – Графіки залежності коефіцієнта ефективності екранування феритових сплавів від частоти випромінювання

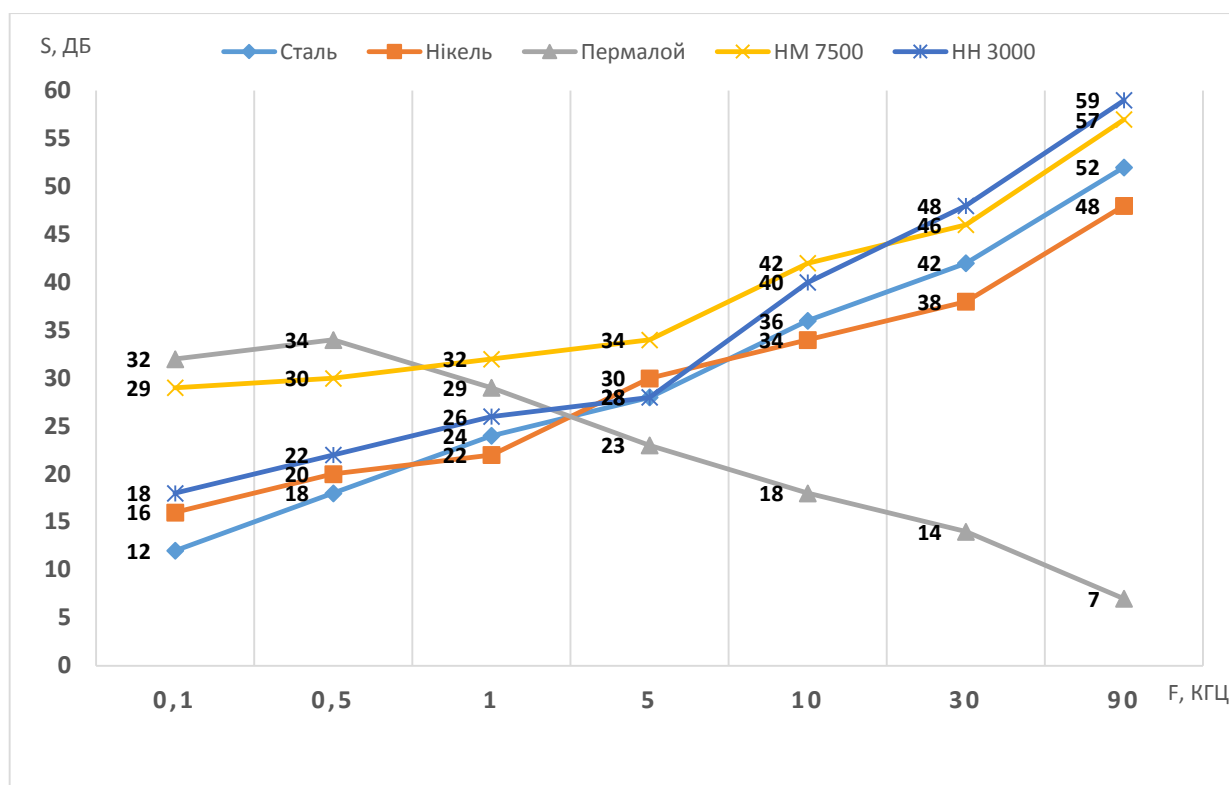


Рисунок 2.5 – Графіки залежності коефіцієнта ефективності екранування екрануючих матеріалів від частоти випромінювання

Аналіз результатів розрахунків коефіцієнту екранування показав, що в діапазоні частот до 1 кГц найвищий коефіцієнт екранування має пермалой, він складає 29...32 дБ. Для частот від 1 кГц до 90 кГц найвище значення коефіцієнта екранування електромагнітних випромінювань мають феритові сплави. Для діапазону частот від 1 кГц до 10 кГц коефіцієнт S для НМ 7500 становить 29...42 дБ, що на 2...4 дБ більше, ніж для нікелю. В діапазоні частот від 1 кГц до 90 кГц коефіцієнт екранування НН 3000 становить 40...59 дБ, що на 4...7 дБ більше, ніж для сталі електротехнічної.

Отримані результати дають підстави рекомендувати використання феритових сплавів для екранування низькочастотної магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання. Феритові сплави можуть бути застосовані для виготовлення різноманітних екрануючих конструкцій – екрани, бокси, корпуси, захисні кожухи. Також вони можуть бути застосовані для обробки стін під час екранування приміщень.

2.7 Розробка рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання

На основі проведеного аналізу екрануючих характеристик різних матеріалів були сформовані рекомендації по підвищенню ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання. Способи екранування побічних електромагнітних випромінювань відрізняються на високих і низьких частотах, тому пред'являються певні вимоги до екрануючих матеріалів. Для екранування побічних електромагнітних випромінювань в широкому діапазоні частот використовують основні екрануючі матеріали: мідь, сталь, алюміній, нікель. Вони мають великі значення питомої електропровідності, що складають до $6 \cdot 10^7$ См/м.

Для екранування височастотних електромагнітних випромінювань пред'являються вимоги по зменшенню товщини шару екрануючого матеріалу, який має складати не більше 30 мкм, тому що екранування досягається за рахунок відбиття електромагнітної хвилі від поверхні екрана. Чим вище частота випромінювання, тим тоншим має бути шар екрануючого матеріалу.

На низьких частотах в діапазоні до 30 кГц переважає магнітна складова побічних електромагнітних випромінювань, які характеризуються високою проникливістю і складністю локалізації джерела випромінювання. Для екрануючих матеріалів пред'являються вимоги по збільшенню товщини шару, який має складати від 10 мкм до 6 мм, тому що екранування досягається за рахунок поглинання електромагнітної хвилі. Чим нижче частота випромінювання, тим товщим має бути екран. Найбільший коефіцієнт екранування в діапазоні 100 Гц – 1 кГц має пермалой, він складає 29...32 дБ. В діапазоні частот 1 кГц – 90 кГц найбільший коефіцієнт екранування має сталь електротехнічна, він складає 24...52 дБ.

Для підвищення ефективності екранування низькочастотної магнітної складової рекомендується використовувати екрануючі матеріали на основі феритових спалів. В діапазоні частот 1 кГц – 90 кГц коефіцієнт ефективності

феритових сплавів становить 26...59 дБ, товщина шару матеріалу повинна складати від 3 мм до 10 мкм. На частотах менше 1 кГц більший коефіцієнт ефективності екранування має сплав марганець-цинкового фериту – 29...32 дБ. На частотах вище 1 кГц більший коефіцієнт ефективності екранування має сплав нікель-цинкового фериту – 28...59 дБ.

2.8 Висновок

На даний момент існують різні засоби захисту від витоку інформації по технічним каналам. З урахуванням розвитку інформаційних технологій і підвищеної кількості можливостей промислового шпигунства, будь-яке підприємство, що володіє конфіденційною інформацією має забезпечити себе від подібних витоків. Якщо правильно підійти до питання і використовувати всілякі захисні методики, можна значно знизити ризик витоку важливих відомостей для компанії. Якщо ж всі ці методики не були проведені, то з певною періодичністю варто перевіряти всі засоби зв'язку і можливі технічні канали, щоб виявити і знешкодити пристрої, що зчитують і передають інформацію.

У наш час абсолютно неможливо передбачити, яким чином зловмисники потраплять в охоронюване приміщення і встановлять спеціальне обладнання для зчитування. Але постійний моніторинг і захисні засоби можуть забезпечити від цього. Крім того, поява екранованих і відображають антен значно збільшило можливості крадіжки інформації. Тому дуже важливо проводити моніторинг електромагнітного поля в приміщенні і навколо нього. Будь-який засіб технічного шпигунства можна виявити і знешкодити, головне, займатися цим питанням і використовувати наявні технічні пристосування, призначені для цього.

Для підвищення ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання були вирішені наступні задачі:

1. Проведено аналіз екрануючих матеріалів для екранування магнітної та електричної складової побічного електромагнітного випромінювання;

2. Проведено порівняльну оцінку екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів;
3. Надано обґрунтування вибору перспективних напрямів підвищення ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання;
4. Проведено порівняльну оцінку екрануючих характеристик матеріалів на базі феритових сплавів;
5. Проведено імітаційне моделювання процесу послаблення електромагнітного випромінювання екрануючими матеріалами;
6. Розроблено рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення трудовитрат на дослідження екранування електромагнітних випромінювань

Нормування праці в процесі проведення розрахунків по проведенню аналіз та необхідного дослідження ускладнено через творчий характер роботи.

Трудомісткість розраховується для кожного етапу проведення дослідження і складається з таких основних частин:

t_n - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання

t_a - витрати праці на дослідження та аналіз матеріалів для екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання;

t_o - витрати праці на розрахунок коефіцієнтів, використаних при НДР;

t_m - затрати праці на імітаційне моделювання процесу у середовище MathCad;

t_d - витрати праці на аналіз отриманих результатів та підготовку документації.

Розрахунок витрат праці визначається на підставі підрахунку умовного кількості параметрів і характеристик систем, які обробляються, в тому числі і параметрів і критеріїв, які необхідно буде розрахувати в процесі дослідження.

Таблиця 3.1 – Розрахунок трудомісткості дослідження

Стадія проведення НДР	Трудомісткість, люд.-год.
1. витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання t_n :	
витрати праці на підготовку і опис екранування	16
2. витрати праці на дослідження та аналіз матеріалів t_a	
витрати праці на дослідження та аналіз матеріалів для екранування складових побічного електромагнітного випромінювання	8

Продовження таблиці 3.1

Стадія проведення НДР	Трудомісткість, люд.-год.
3. витрати праці на розрахунок коефіцієнтів t_o	
коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів	16
коефіцієнтів поглинання екрануючих матеріалів	14
коефіцієнтів відбиття екрануючих матеріалів	24
коефіцієнту ефективності екранування основних екрануючих матеріалів	15
4. затрати праці на проведення порівняльної оцінки екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів та феритового сплаву t_p	
порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів	16
розрахунок коефіцієнтів екранування феритових сплавів	20
порівняльна оцінка екрануючих характеристик феритового сплаву	5
5. Імітаційне моделювання процесу t_m	
Імітаційне моделювання процесу послаблення електромагнітних випромінювань екрануючими матеріалами (у середовище MathCad)	15
6. Підготовка документації t_d	
Розробка рекомендацій по підвищенню ефективності екранування складових побічного електромагнітного випромінювання	20
Всього	169

Розрахунок трудомісткості на дослідження екранування електромагнітних випромінювань наведено в таблиці 3.1.

3.2 Розрахунок витрат на НДР

Витрати на створення алгоритмів визначаються ґрунтуючись на годинній тарифній заробітній платі розробника і машинному часу з урахуванням спожитої електроенергії і використаного програмного забезпечення:

$$K_{пз} = Z_{zn} + Z_{мч}. \quad (3.1)$$

Заробітна плата виконавця враховує мінімальну заробітну плату, а також відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок 22%) и визначається за формулою:

$$Z_{зп} = t \cdot Z_{пр} = 169 \cdot 24,4 = 3637 \text{ грн}, \quad (3.2)$$

де $t = 169 \text{ люд.-год}$ – загальна тривалість створення розробки, годин;

$Z_{пр} = 24,40 \text{ грн/год}$ – мінімальна заробітна плата в Україні на 01.12.2017 з нарахуваннями, грн/годину.

Вартість машинного часу:

$$Z_{мч} = t \cdot C_{мч} = 8,16 \cdot 169 = 1380, \text{ грн}, \quad (3.3)$$

де $C_{мч}$ – вартість 1 години машинного часу ПК та використаного обладнання, грн./година.

Вартість 1 години машинного часу ПК визначається за формулою:

$$C_{мч} = P \cdot C_e + \frac{\Phi_{зал} \cdot N_a}{F_p} + \frac{K_{лпз} \cdot N_{апз}}{F_p} =$$

$$= (0,6 \cdot 1,67) + (10000 \cdot 0,2) / 1920 + (47000 \cdot 0,25) / 1920 = 8,16 \text{ грн/год}, \quad (3.4)$$

де $P = 0,6$ – встановлена потужність ПК та іншого обладнання, кВт;

$C_e = 1,67$ – тариф на електричну енергію, грн/кВт*година;

$\Phi_{зал} = 10000$ – балансова вартість ПК та іншого обладнання на поточний рік, грн.;

$N_a = 0,2$ – річна норма амортизації використане обладнання, частки одиниці;

$N_{апз} = 0,25$ – річна норма амортизації на ліцензійне програмне забезпечення, частки одиниці;

$K_{лпз} = 47000$ грн, вартість ліцензійного програмного забезпечення, грн.;

$F_p = 1920$ – річний фонд робочого часу (за 40-годинного робочого тижня $F_p = 1920$).

Таким чином, капітальні (фіксовані) витрати на дослідження екранування електромагнітних випромінювань при використанні форм. 3.1:

$$K = 3637 + 1380 = 5017 \text{ грн.}$$

3.3 Оцінка економічної ефективності

Загальний ефект від впровадження системи криптографічного захисту визначається з урахуванням ризиків порушення інформаційної безпеки і становить:

$$E = (B \cdot R - C) / K > 1, \quad (3.5)$$

де B – загальний збиток від витоку інформації з корпоративної мережі, грн;

R – очікувана імовірність атаки на вузол або сегмент корпоративної мережі, частки одиниці;

C – щорічні витрати на експлуатацію системи інформаційної безпеки, грн.,

K – капітальні витрати на розробку та впровадження алгоритму захисту, 5017 грн.

Виходячи з форм. (3.5) при усередненні показників умовного підприємства загальний збиток

$$B > 5017 + \text{всі витрати на впровадження даної методики на конкретному підприємстві.}$$

При обліковій ставці НБУ = 14,5% і сформована практика у визначенні податкового навантаження суб'єктів господарювання, умовне підприємство повинно мати річний обсяг реалізації не менше, ніж $5017 / 1,2 = 100000$ грн на рік, за умови отримання прибутку 20% від обсягу реалізації і наявності 1 співробітника і 1 сегменту корпоративної мережі.

3.4 Висновок

В економічному розділі визначені витрати на дослідження та розробку рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання, а також визначені параметри умовного підприємства, якому буде економічне доцільне використовувати ці рекомендації

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальне наукове завдання щодо підвищення ефективності екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання. В ході розв'язання поставлених задач були отримані наступні наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз процесу виникнення побічних електромагнітних випромінювань;
2. Проведено аналіз способів захисту інформації з обмеженим доступом від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань;
3. Проведено аналіз принципів екранування побічного електромагнітного випромінювання;
4. Проведено аналіз екрануючих матеріалів для екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання;
5. Дана порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів;
6. Обґрунтовані перспективні напрями підвищення ефективності екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання;
7. Дана порівняльна оцінка екрануючих характеристик матеріалів на базі феритових сплавів.
8. Розроблено рекомендації по підвищенню ефективності екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3 т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. - М.: НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.
- 2 Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. – М.: «Сов. радио», 1972. – 216 с.
- 3 Ю.Н. Максимов, В.Г. Сонников и др. Технические методы и средства защиты информации. - СПб.: «Издательство Полигон», 2000. – 320 с.
- 4 Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации – К.: «Издательство Юниор», 2003. – 504 с.
- 5 Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. -М.: «Гелиос АРВ», 2005 – 203 с.
- 6 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. — Издание 7-е, исправленное. — М.: «Наука», 1988. — 512 с.
- 7 Берестецкий В. Б., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Теоретическая физика. — М.: «Наука», 1968. — 480 с.
- 8 Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В. Электромагнитные поля и волны. — 2-е изд. — М.: «Советское радио», 1971. — 664 с.
- 9 Магнитный диполь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1016752>.
- 10 Методы и средства защиты информации, обрабатываемой ТСПИ, от утечки по техническим каналам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analitika.info/zaschita.php?page=1&full=block_article87.
- 11 Кузнецов Ю.В., Бехтин М.А., Система измерения электромагнитного излучения технических средств. Научно-техническая конференция молодых ученых факультета «Радиоэлектроники летательных аппаратов», М.: «МАИ», 2007. – 180 с.
- 12 Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. – М.: «Сов. радио», 1972. – 216 с.

- 13 Рогинский В.Ю. Экранирование в радиоустройствах. – Л.: «Энергия», 1969. – 112 с.
- 14 Экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antenna.psuti.ru/uploads/ruzhnikov/emc/004.pdf>.
- 15 Магнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://femto.com.ua/articles/part_1/2064.html.
- 16 Способы защиты объектов информатизации от утечки информации по техническим каналам: экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=985&lvl=04>.
- 17 Шапиро Д.Н. Электромагнитное экранирование. – Д.: «Интеллект», 2010. – 120 с.
- 18 Гроднев И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. – М.: «Связь», 1972. – 112 с.
- 19 Материалы для магнитных экранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntpo.com/38797-materialy-dlya-magnitnyh-ekranov.html>.
- 20 Зіньковський Ю.Ф., Клименко В.Г. Дослідження процесів взаємодії електромагнітних полей та екранів. – К.: «Техніка», 1994. – 155 с.
- 21 Довжина електромагнітних хвиль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/842142/>.
- 22 Материалы для защиты от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/225/2255866.html>.
- 23 Бузов Г. А., Калинин СВ., Кондратьев А. В. Защита от утечки информации по техническим каналам. – М.: «Телеком», 2005. – 416 с.
- 24 Сидорин Ю.С. Технічні засоби захисту інформації. – СПб.: «СПбГПУ», 2005. – 125 с.
- 25 Электромагнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electrono.ru/dopolnitelnye/5-3-elektromagnitnoe-ekranirovanie>
- 26 Физические принципы экранирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf.

- 27 Хорошко В.О., Чередниченко В.С., Шелест М.Є. Основи інформаційної безпеки. – К.: «ДУІКТ», 2008. – 186 с.
- 28 Побочные электромагнитные излучения и наводки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.generallytech.ru/gentecs-1203-2.html>.
- 29 Petzold J. Advantages of softmagnetic materials for modern electronic applications. – Н.: «Scripta Materialia», 2014. – 901 p.
- 30 Соловьянова И.П., Шабунин С.Н. Теория волновых процессов. – Е.: «ГОУ ВПО УПИ», 2004. – 142 с.
- 31 Теория поля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/288312/>.
- 32 Экранирование электромагнитных волн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=225&lvl=04.03.04.02>.
- 33 Зайцева А.П., Шелупанова А.А. Технические средства и методы защиты информации. – М.: «Издательство Машиностроение», 2009. – 508 с.
- 34 Бехтин М.А. Система обнаружения побочных информационных электромагнитных излучений технических средств: автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: «МАИ», 2009. – 144 с.
- 35 Генне В.И. К вопросу оценки ПЭМИ цифрового электронного оборудования. – М.: «Конфидент», 1999. – 82 с.
- 36 Борботько Т.В. и др. под ред. Л.М. Лынькова. Углеродсодержащие минералы и области их применения. – Минск: «Бестпринт», 2009. – 156 с.
- 37 Характеристики отражения и передачи электромагнитного излучения перлитосодержащих экранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/b8c/b8c76cc56aded41108c2fc1cc1005940.pdf>.
- 38 Экраны электромагнитного излучения на основе торфобетонов для систем защиты информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bsuir.by/m/12_100229_1_78721.pdf.
- 39 Belousova, E.S. Influence of different annealings on shungite shielding properties. – Minsk: «BSUICN», 2013. – 568 p.

- 40 Electromagnetic materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/5277>.
- 41 Electromagnetic materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npl.co.uk/electromagnetics/electromagnetic-materials/>.
- 42 Князев А.Д., Кечиев Л.Н., Петров Б.В. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. – М.: «Радио и связь», 1989. – 222 с.
- 43 Зінковський Ю.Ф., Клименко В.Г. Электромагнітна, інформаційна захищеність та сумісність електронних апаратів. – Ж.: «ЖІТІ», 1999. – 376 с.
- 44 Герасимов В.Г. Электротехнический справочник. – М.: «МЭИ», 2003. – 215 с.
- 45 Магнитомягкие материалы для современной силовой электроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publications/magnitomyagkie/>.
- 46 Магнитомягкие ферриты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/pubs/etm_ee/magnetf/08.15.05.htm.
- 47 Ферриты для магнитного экранирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ferrite.ru/publications/magnitomyagkie-ferrity/mmf10/>.
- 48 Материалы для силовой электроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.coretech.com.ua/ferrites/mnzn-power>.
- 49 Электромагнитные параметры магнитомягких ферритов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stud.izhdv.ru/rir/3A_3.html.
- 50 Электромагнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://4xx.zaytsev.net/course-3/Electrodynamics/Labs/screening.pdf>.
- 51 Постанова КМУ від 08.10.1997 № 1126 « Про затвердження Концепції технічного захисту інформації в Україні».
- 52 ДСТУ. Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення. ДСТУ 3396.2-97.
- 53 НД ТЗІ. Тимчасові рекомендації з технічного захисту інформації від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань та наводок, 1995.
- 54 Алексеев, А. Г. Физические основы технологии Stealth. – СПб.: «ВВМ», 2007. – 284 с.

- 55 Peter Smulders. The Threat of Information Theft by Reception of Electromagnetic Radiation. – «Computers & Security», 1990. – 72 p.
- 56 Моделирование полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elcut.ru/pack_r.htm.
- 57 Экранирование электромагнитных волн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kiev-security.org.ua/box/7/6.shtml>.
- 58 Технические средства защиты информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bsuir.by/ru/konferentsii-bguir-2015>.
- 59 Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. – М.: «Ленанд», 2009. – 75 с.

ДОДАТОК А. Перелік матеріалів дипломної роботи

1. Титульна сторінка.doc
2. Завдання.doc
3. Реферат.doc
4. Список умовних скорочень.doc
5. Зміст.doc
6. Вступ.doc
7. Розділ 1.doc
8. Розділ 2.doc
9. Розділ 3.doc
10. Висновки.doc
11. Список використаної літератури.doc
12. Додаток А.doc
13. Додаток Б.doc
14. Додаток В.doc
15. Презентація.pptx

ДОДАТОК Б. Відгуки керівників розділів**Б.1 Відгук керівника економічного розділу**

Керівник розділу

(підпис)

(ініціали, прізвище)

ДОДАТОК В. ВІДГУК

на дипломну роботу магістра на тему:

Особливості екранування складових електромагнітного поля для

захисту від витоку інформації каналами ПЕМВ

студента групи 125м-16-1

Бублик Олександр Борисович

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 88 сторінках та містить 20 рисунків і 23 таблиць та 3 джерел.

Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення рівня захисту інформації від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань.

Заслугою автора роботи є якісне пророблення літературних джерел по даній проблемі і їх грамотне використання для окремих положень у тексті дипломної роботи.

Практичне значення полягає у розробці рекомендацій по підвищенню ефективності екранування магнітної та електричної складової побічного електромагнітного випромінювання.

Дипломна робота виконана у відповідності з методичними вимогами. Рівень самостійності виконання роботи та подання результатів високі.

До недоліків можна віднести несвоєчасне виконання етапів і розділів дипломної роботи.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам і може бути допущена до захисту, а її автор Бублик Олександр Борисович заслуговує на оцінку «_____» та присвоєння кваліфікації «професіонал з організації інформаційної безпеки».

Керівник дипломної роботи,

д.т.н., проф.

В.І. Корнієнко

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу магістра на тему:

Особливості екранування складових електромагнітного поля для захисту від витоку інформації каналами ПЕМВ

студента групи 125м-16-1

Бублик Олександр Борисович

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 88 сторінках, та містить 20 рисунків, 23 таблиць і 3 джерел.

Метою роботи є підвищення ефективності екранування магнітної та електричної складової побічного електромагнітного випромінювання технічних засобів обробки інформації.

Тематика роботи є актуальною.

У ході виконання роботи були вирішені наступні завдання: проведений аналіз способів екранування магнітної та електричної складової побічного електромагнітного випромінювання, дана порівняльна оцінка характеристик екрануючих матеріалів, обґрунтовано доцільність використання феритового сплаву для екранування магнітної складової ПЕМВ, розроблено рекомендації по підвищенню ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання.

В якості недоліків слід відзначити стилістичні погрішності викладу, нечіткість окремих висновків і визначень.

В цілому дипломна робота виконана на достатньо високому професійному рівні у відповідності до пред'явлених вимог та заслуговує оцінки «_____».

Рецензент