

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Комп'ютерної радіоінженерії та систем технічного захисту інформації

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА **Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Дослідження пасивних методів захисту інформації від її витоку каналами
ПЕМВН _____.

_____.
(тема)

Виконала:

студентка 2 курсу, групи СТЗІАзм-18-1
Бацкальова А.О.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 125
Кібербезпека

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Системи технічного
захисту інформації, автоматизація її обробки

Керівник доц. Ликов Ю.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____

(підпис)

Антіпов І.С.

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Комп'ютерної радіоінженерії та систем технічного захисту інформації

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 125 Кібербезпека

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Системи технічного захисту інформації,

автоматизація її обробки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентці Бацкальовій Анастасії Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження пасивних методів захисту інформації від її витoku каналами ПЕМВН

затверджена наказом університету від 11 10 2019 р. № 199Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 19 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи: об'єкт екранування від ПЕМВН – коаксіальна лінія. Тип екрану – електростатичний та електромагнітний. Матеріал екрану – мідь, алюміній, нікель, хром, срібло, золото, платина. Використати програмне забезпечення - CST Studio Suite.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Огляд заходів захисту від витoku інформації за рахунок ПЕМВН. Сутність електростатичного та електромагнітного екранування. Використання фільтрів в колах як спосіб захисту від зйому інформації по каналу ПЕМВН. Оптичний канал зв'язку як спосіб захисту від зйому інформації по каналу ПЕМВН. Побудова і дослідження електромагнітної та електростатичної моделі коаксіальної лінії в програмному продукті COMPUTER SIMULATION TECHNOLOGY STUDIO SUITE. Розрахунок фільтра низьких частот в системі електроживлення. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)
Заходи захисту інформації від витoku технічними каналами.

Багатошаровий електромагнітний екран

Еквівалентна схема фільтрів

Побудова моделі коаксіальної лінії

Результати моделювання екранування коаксіальної лінії

Схема розрахованого ФНЧ

Результати моделювання фільтра

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Написання основних теоретичних відомостей про електростатичне екранування.	01.08.19 – 15.08.19	Виконано
2.	Написання основних теоретичних відомостей про електромагнітне екранування.	16.08.19 – 30.08.19	Виконано
3.	Написання основних теоретичних відомостей про використання фільтрів в колах.	01.09.19 – 15.09.19	Виконано
4.	Написання основних теоретичних відомостей про волоконно-оптичні лінії зв'язку.	16.09.19 – 31.09.19	Виконано
5.	Побудова і дослідження електростатичної та електромагнітної коаксіальної лінії.	01.10.19 – 15.11.19	Виконано
6.	Розрахунок фільтра нижніх частот в системі електроживлення.	16.11.19 – 30.11.19	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки.	01.12.19 – 19.12.19	Виконано

Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

доц. Ликов Ю.В.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 98 с., 75 рис., 2 табл., 29 джерел, 1 додаток.

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ, ПЕМВН, ЕКРАНУВАННЯ, ФІЛЬТРАЦІЯ, ВОЛЗ, ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ, ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ.

Об'єкт дослідження – пасивні засоби захисту інформації від її витоку каналами ПЕМВН.

Мета роботи – дослідження конструкцій, видів матеріалів та схем, які застосовуються для пасивних засобів захисту інформації від її витоку каналами ПЕМВН.

Методи дослідження – аналіз, моделювання.

В ході роботи було з'ясовано, що ефективним електромагнітним та електростатичним екраном є спіралью намотана оплетка на інформаційний кабель. Були досліджені різні міжвиткові відстані і матеріал виготовлення даного обплетення.

На підставі порівняння було визначено, що кращий захист від електромагнітного випромінювання забезпечує екран виготовлений з міді, а кращий захист від електростатичного впливу забезпечує екран виготовлений з алюмінію. Також на захист впливає міжвиткова відстань - чим воно менше, тим ефективність екранування краще.

В процесі виконання дипломної роботи проведено розрахунок фільтра низьких частот, на основі якого розроблено модель в програмній середовищі Electronics Workbench v5.12.

Галузь використання – системи технічного захисту інформації.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 98 с., 75 рис., 2 табл., 29 источников, 1 приложение.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ, ПЭМИН, ЭКРАНИРОВАНИЕ, ФИЛЬТРАЦИЯ, ВОЛС, ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.

Объект исследования – пассивные средства защиты информации от ее утечки по каналам ПЭМИН.

Цель работы-исследование конструкций, видов материалов и схем, применяемых для пассивных средств защиты информации от ее утечки каналами ПЭМИН.

Методы исследования – анализ, моделирование.

В ходе работы было выяснено, что эффективным электромагнитным и электростатическим экраном является спирально намотана оплетка на информационный кабель. Были исследованы различные межвитковые расстояния и материал изготовления данной оплетки.

На основании сравнения было определено, что лучшая защита от электромагнитного излучения обеспечивает экран изготовленный из меди, а лучшая защита от электростатического воздействия обеспечивает экран, изготовленный из алюминия. Также на защиту влияет межвитковое расстояние – чем оно меньше, тем эффективность экранирования лучше.

В процессе выполнения дипломной работы проведен расчет фильтра низких частот, на основе которого разработана модель в программной среде Electronics Workbench v5.12.

Область использования – системы технической защиты информации.

ABSTRACT

Explanatory note : 98p., 75 Fig., 2 tab., 29 sources, 1 annexes.

INFORMATION SECURITY, SIDE ELECTROMAGNETIC RADIATION AND INTERFERENCE, SCREENING, FILTRATION, OPTICAL FIBER, TRANSMISSION LINES, DESIGN OF THE SYSTEM.

The object of study – passive means of protection of information from leaking through channels side electromagnetic radiation and interference.

The aim of the work is to study the designs, types of materials and schemes used for passive means of protecting information from its leakage by side electromagnetic radiation and interference channels.

Research methods-analysis, modeling.

In the course of the work it was found that an effective electromagnetic and electrostatic shield is a spiral wound braid on the information cable. Various inter-winding distances and the material of this braid were investigated.

Based on the comparison, it was determined that the best protection against electromagnetic radiation provides a screen made of copper, and the best protection against electrostatic effects provides a screen made of aluminum. Also, the protection is affected by the inter-turn distance - the smaller it is, the better the shielding efficiency.

In the course of the thesis, the calculation of the low-pass filter was carried out, on the basis of which the model was developed in the software environment Electronics Workbench v5.12.

Area of use – systems of technical protection of information.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	5
Вступ.....	6
1 ЕКРАНУВАННЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА КАНАЛОМ ПЕМВН.....	9
1.1 Проектно-архітектурні заходи з метою захисту від витоків інформації за рахунок ПЕМВН.....	9
1.2 Екранування.....	11
1.3 Ефективність екранування.....	13
1.4 Сутність електростатичного екранування.....	16
1.5 Висновки по розділу.....	26
2 ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРІВ В КОЛАХ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ПО КАНАЛУ ПЕМВН.....	27
2.1 Класифікація фільтрів.....	27
2.1.1 Поодинокі фільтри низьких частот (ПФНЧ).....	27
2.1.2 Фільтри верхніх частот (ВЧ).....	30
2.1.3 Смугові і режекторні фільтри.....	30
2.1.4 Високочастотні фільтри на основі завадопоглинаючих матеріалів.....	32
2.1.5 Активний фільтр.....	35
2.1.6 Конструктивна реалізованість фільтрів.....	35
2.2 Внутрішньосистемні фільтри (фільтри в колах живлення).....	36
2.2.1 Однофазна система електроживлення.....	37
2.2.2 Характеристики фільтрів кіл живлення.....	38
2.3 Висновки по розділу.....	40
3 ОПТИЧНИЙ КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ПО КАНАЛУ ПЕМВН.....	41
3.1 Переваги волоконно-оптичних ліній зв'язку.....	41
3.2 Недоліки волоконно-оптичних ліній зв'язку.....	42
3.3 Методи знімання інформації на ВОЛЗ.....	42
3.4 Способи захисту інформації, яка передається через ВОЛЗ.....	43
3.5 Захист від підключень до оптичного волокна.....	44
3.6 Захист від з'єднання за допомогою шифрування.....	46

3.7 Висновки по розділу.....	47
4 ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОЇМОДЕЛІКОАКСІАЛЬНОЇ ЛІНІЇ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІCOMPUTERSIMULATIONTECHNOLOGYSTUDIOSUITE.....	48
.....	
4.1 Опис програмного продукту.....	48
4.2 Побудова моделі коаксіальної лінії.....	48
4.3 Доповнення моделі необхідними елементами для дослідження електростатичного екранування.....	52
4.4 Введення граничних умов.....	55
4.5 Дослідженняпобудованої моделі.....	59
4.5.1 Дослідження залежності проникнення електричного поля від кількості витків обплетення.....	59
4.5.2 Дослідження проникнення електричного поля всередину захищається області в залежності від матеріалу обплетення.....	61
4.6 Електромагнітне екранування.....	64
4.7 Введення граничних умов.....	65
4.8 Дослідження побудованої моделі.....	67
4.8.1 Дослідження залежності проникнення електричного поля від кількості витків обплетення і розташування кабелю.....	67
4.9 Дослідження проникнення електричного поля всередину області що захищається в залежності від матеріалу обплетення.....	72
4.10 Висновки по розділу.....	74
5 РОЗРАХУНОК ФІЛЬТРА НИЗЬКИХ ЧАСТОТ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	77
5.1 Висновки по розділу.....	80
ВИСНОВКИ.....	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	85
Додадок А. Комплект графічнихматеріалівдо атестаційної роботи.....	88

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
ВОЛЗ – волоконно-оптичні лінії зв'язку
ВОЛП – волоконно-оптичні лінії передачі
ВЧ – високочастотні
ГД – герконовий датчик
ЕМС – електромагнітна сумісність
ЛКС – лінійно-кабельна споруда
МАКС – модуль авторизації, контролю та сигналізації
НСД – несанкціонований доступ
ОСФ – одиничний смуговий фільтр
ПЕМВН – побічні електромагнітні випромінювання та наведення
ПЗ – програмне забезпечення
ПФНЧ – поодинокі фільтри низьких частот
ПФВЧ – поодинокі фільтри високих частот
РС – робоча смуга
СФ – смугові фільтри
ТЗПІ – технічні засоби прийняття інформації
ТКС – телекомунікаційна мережа
ФВЧ – високочастотні фільтри
ФНЧ – низькочастотні фільтри
ШКАС – шафовий контролер авторизації та сигналізації
ЕСР – електростатичний розряд
CDMA – Code Division Multiple Access
CST – Computer simulation technology
с – секунда
м – метр
Ом – ом

ВСТУП

Інформаційна безпека полягає в передбаченні та забезпеченні захищеності інформації і підтримуючої інфраструктури від випадкових або навмисних впливів природного або штучного характеру, які можуть завдати неприйняттого збитку суб'єктам інформаційних відносин.

Стандартна модель безпеки складається з трьох складових:

- конфіденційність-стан інформації, при якому доступ до неї здійснюють тільки суб'єкти, які мають на неї право;
- цілісність-уникнення навмисної і несанкціонованої спотворення і модифікації інформації;
- доступність - уникнути тимчасового або постійного приховування інформації від користувачів, які отримали права доступу.

При використанні кабелів в повсякденному житті не виключений той факт, що вони можуть якимось деформуватися, стикатися з іншими предметами, їх навіть прокладають в одній траншеї з силовими (високовольтними) кабелями. Дані явища не виключають можливості впливу електростатичної електрики на інформаційні кабелі.

Для зменшення впливу побічних електромагнітних випромінювань і наведень користуються одним з варіантів захисту – екрануванням.

Екранування ліній передачі від зовнішніх електромагнітних полів захищає передану інформацію за двома складовими—цілісності та конфіденційності.

Електростатичне екранування дозволяє виключити вплив небажаних електростатичних розрядів, що виникають внаслідок диференціальної зарядки діелектричних поверхонь.

Тому для забезпечення цілісності та конфіденційності інформації захист від електростатичного впливу шляхом екранування є актуальним завданням.

Завданням несанкціонованого отримання інформації в даний момент є, як правило, грошовий інтерес. Зазвичай інформація різного характеру і ступінь її конфіденційності визначається особами або групами, яким вона належить, і також сферою їх роботи.

Велику небезпеку з боку витоку інформації надають електромагнітні випромінювання технічних засобів і ліній зв'язку, які беруть участь при її передачі, обробці і збереженню цієї інформації.

Доцільним методом зниження електромагнітного випромінювання є екранування.

Електромагнітне екранування допомагає виключити вплив на інформаційний кабель небажаного електромагнітного випромінювання.

Захист від електромагнітного впливу шляхом екранування ліній передачі ВЧ енергії є актуальним.

Циркулює в технічних засобах конфіденційна інформація може потрапити в ланцюги і мережі електричного живлення і через них вийти за межі контрольованої зони. Наприклад, в лінію електроживлення висока частота може передаватися за рахунок паразитних ємностей трансформаторів блоків живлення. В якості заходів захисту широко використовуються методи розв'язки (розведення) ланцюгів живлення за допомогою окремих стабілізаторів, перетворювачів, мережевих фільтрів для окремих засобів або приміщень. Можливе використання окремих трансформаторних вузлів для всього енергопостачання об'єкта захисту, розташованого в межах контрольованої території.

Дроти електромережі з'єднують різні технічні засоби і системи, розміщені в різних приміщеннях, крім того вони є лінійними антенами, здатними випромінювати або сприймати електромагнітні поля.

При використанні мережі живлення як з'єднують провідників найчастіше застосовують так звані мережеві "закладки". До цього типу "закладок" відносять пристрої, які вбудовуються в прилади, що живляться від мережі 220 В або мережеву арматуру (розетки, подовжувачі і т. д.).

Передавальний пристрій складається з мікрофона, підсилювача і власне передавача несучої низької частоти. Частота несучої зазвичай використовується в діапазоні від 10 до 350 кГц. Передача і прийом здійснюється по одній фазі або, якщо фази різні, то їх зв'язують по високій частоті через розділовий конденсатор. Приймальний пристрій може бути виготовлено спеціально, але іноді застосовують доопрацьовані блоки побутових переговорних пристроїв. Мережеві передавачі подібного класу легко камуфлюються під різного роду електроприлади, не вимагають

додаткового живлення від батарей і важко виявляються при використанні пошукової апаратури, широко застосовуваної в даний час.

Для захисту інформації від витоку по ланцюгах електроживлення, використовують активні і пасивні методи. У пасивним відносяться: мережеві фільтри і трансформатори. До активних відноситься заземлення.

Проблема витоку інформації через побічні електромагнітні випромінювання та наведення (ПЕМВН) технічних засобів вперше звернула на себе увагу фахівців ще на початку ХХ століття, проте всебічне вивчення інформативних ПЕМВН почалося лише в кінці 40-х – початку 50-х років. Переважна більшість досліджень носило закритий характер, і лише з середини 80-х років стало зростати кількість відкритих публікацій по цій темі. Відомо два основних методи захисту від побічних випромінювань і наведень: активний і пасивний.

Активний метод передбачає застосування спеціальних широко-смугових передавачів перешкод. Метод хороший тим, що усувається не тільки загроза витоку інформації по каналах побічного випромінювання комп'ютера, але і багато інших загроз. Як правило, стає неможливим також і застосування закладних підслуховуючих пристроїв. Стає неможливою розвідка з використанням випромінювання всіх інших пристроїв, розташованих в закритому приміщенні. Але цей метод має і недоліки. По-перше, досить потужне джерело випромінювання ніколи не вважалося корисним для здоров'я. По-друге, наявність маскуючого випромінювання свідчить, що в даному приміщенні є серйозні секрети. Це саме по собі буде залучати до цього приміщення підвищений інтерес ваших недоброзичливців. По-третє, за певних умов метод не забезпечує гарантований захист комп'ютерної інформації. Обох цих недоліків позбавлений пасивний метод. Полягає він в екрануванні джерела випромінювання (доопрацювання комп'ютера), розміщенні джерела випромінювання (комп'ютера) в екранованому шафі або в екрануванні приміщення цілком. В цілому, звичайно, для захисту інформації придатні обидва методи. Але при одній умові: якщо у вас є підтвердження того, що вжиті заходи дійсно забезпечують необхідну ефективність захисту.

1 ЕКРАНУВАННЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА КАНАЛОМ ПЕМВН

Всі технічні засоби створюють побічні електромагнітні випромінювання та наведення, які лежать в діапазоні частот від одиниць Гц до одиниць ГГц. Найнебезпечніші джерела ПЕМВН –це дисплеї, накопичувачі на магнітних дисках, провідні лінії зв'язку. Коли під час роботи електричних приладів і радіозасобів у виділеному приміщенні виникають небезпечні випадкові сигнали, то з'являються ПЕМВН. Це пов'язано з тим, що в струмопровідних елементах приладів утворюється різниця потенціалів між різними точками електричної схеми приладів, а це викликає електричні і магнітні поля, в яких переважає електрична складова. Елементи і вузли в електронній апаратурі, по яких протікає великий струм, наводять в зоні, яка ближче до них електромагнітні поля вже переважаючою в них магнітної складової.

1.1 Проектно-архітектурні заходи з метою захисту від витоку інформації за рахунок ПЕМВН

Для захисту інформації від витоку за рахунок побічних електромагнітних випромінювань і наведень також необхідно враховувати оптимальне розташування приміщення в будівлі. Приміщення, де будуть розташовуватися технічні засоби обробки і передачі інформації необхідно розташовувати в нижніх (цокольних) поверхах будівель з виходом вікон (при їх наявності) всередину двору.

При необхідності повинні створюватися екрановані приміщення (кабіни). Прокладка інженерних комунікацій, ланцюгів електроживлення, заземлення повинна здійснюватися у суворій відповідності з вимогами нормативних документів з технічного захисту інформації. Проектно-архітектурні заходи представлені на рисунку 1.1[1].



Рисунок 1.1 – Проектно-архітектурні заходи з метою захисту інформації від витіку технічними каналами

Правильний вибір розміщення виділеного приміщення, обладнання вікон, дверей, інженерних комунікацій значно знижують собівартість об'єкта підлягає захисту за рахунок зменшення робіт з локалізації випромінювань і наведень, а також зменшення кількості застосованих засобів активного захисту.

До основних правил обладнання виділених приміщень можна віднести наступні:

- розміщувати об'єкти, де буде циркулювати конфіденційна інформація в ТЗП, у внутрішніх приміщеннях об'єкта, бажано на нижніх поверхах;
- для високочастотних пристроїв (процесорів, запам'ятовуючих пристроїв, дисплеїв) бажано обладнати екрановані приміщення або кабінки;
- дроти й кабелі, в яких протікає інформація, що підлягає захисту, прокладати в екранованих конструкціях;
- дроти і кабелі, що мають вихід за межі контрольованої зони прокладати в екранованих конструкціях та не допускати їх спільного пробігу з дротами і кабелями, в яких циркулює захищаєма інформація;
- перетин дротів і кабелів, що мають вихід за межі контрольованої зони, з дротами і кабелями, в яких протікає інформація, що підлягає захисту, проводиться перпендикулярно;
- наявні незадіяні дроти і кабелі необхідно демонтувати;

- без необхідності не встановлювати допоміжні технічні системи та засоби в приміщеннях, де циркулює конфіденційна інформація;
- система заземлення повинна бути обладнана в межах контрольованої зони на відстані не менше 10...15 м від її краю;
- електроживлення бажано здійснювати автономне, наприклад за принципом «електродвигун – генератор», при неможливості – через заводостійкі фільтри, розділові трансформатори;
- у металевих трубопроводах, що мають вихід за межі контрольованої зони, необхідно встановлювати діелектричні вставки довжиною не менше одного метру.

Безумовно, при вирішенні питань про захист інформації за рахунок ПЕМВН, важливе місце відводиться вибору будівельних матеріалів і конструкцій.

Для захисту приміщень, в яких планується розміщення основних технічних засобів обробки інформації, можуть застосовуватися різні радіовідображуючі (екрануючі) і радіопоглинаючі будівельні та оздоблювальні матеріали. Дані матеріали, крім захисних властивостей, повинні задовольняти комплексу необхідних гігієнічних, технологічних і естетичних вимог.

Сучасні будівельні технології широко використовують різні бетонні та залізобетонні вироби для збірних конструкцій будівель, бетонні розчини для монолітних конструкцій будівель, а також інші конструкційні матеріали на основі легких бетонів.

1.2 Екранування

Повсюдно такі поняття, як «магнітостатичний екран», «електростатичний екран» і «електромагнітний екран» протиставляють один одному. Дане протиставлення наврядчи доречно, тому що електростатичні і магнітостатичні поля є приватними випадками електромагнітного поля, а електростатичний і магнітостатичний екрани є приватними видами електромагнітного екрану. Електромагнітний екран – конструкція, призначена для ослаблення, що впливають на об'єкт, електромагнітних полів, які утворюються якимись джерелами в деякій області простору, що не містить цих джерел.

Приклад електромагнітного багатошарового екрану представлений нарисунку 1.2 [1].

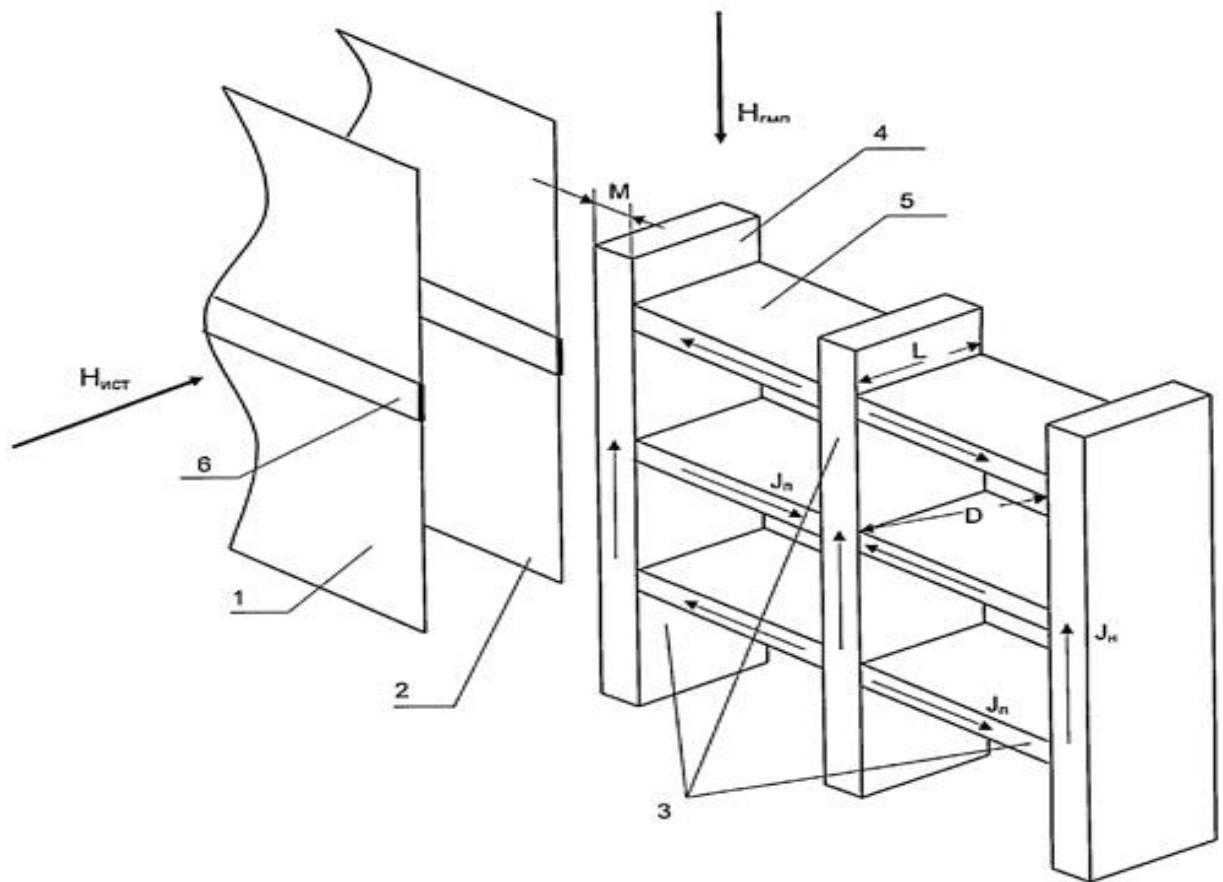


Рисунок 1.2 – Багатошаровий електромагнітний екран

На даному рисунку:

- 1, 2 – плоскі екрануючі шари, які розташовуються зовні екрану і виготовлені з магнітомяккої листової ізотропної сталі з відносною магнітною проникністю, яка знаходиться в значеннях не менше двох на десять в кубі;

- 3 – об'ємний екрануючий шар, виконаний у вигляді сталевій прямокутної решітки, і розміщений він між екрануючими шарами один і два;

- 4, 5-напрямні і короткі перемички, що утворюють об'ємний екрануючий шар під номером три. По відношенню до основної гармоніки частоти екранованого поля, дані перемички функціонують в якості поза межних хвилеводів.

Електромагнітні екрани найчастіше виконані з металу: сталі, міді, алюмінію і тому подібних матеріалів. Проте в даний час для захисту від низькочастотних і постійних магнітних полів використовуються ферити.

Ферити (оксифери) – хімічні сполуки оксиду заліза з оксидами інших металів, що володіють унікальними магнітними властивостями, які поєднують високу намагніченість і напівпровідникові або діелектричні властивості, завдяки чому вони отримали широке застосування як магнітні матеріали в радіотехніці, радіоелектроніці, обчислювальної техніки [1].

Принцип дії електромагнітного екрану можна тлумачити двома, зовні відрізняються, теоріями, однак, по суті, вони однакові:

1) На поверхні екрану, під дією первинного поля, індукуються заряди, а в товщі екрану – магнітна поляризація і струми. Дані струми, заряди і поляризація утворюють вторинне поле. Від складання первинних і вторинних полів, утворюється результуюче поле. Але, в захищасій області простору, воно слабкіше первинного.

2) Електромагнітний екран, відбиваючи і поглинаючи потік електромагнітної енергії, відводить його від захищасої області простору і не допускає цей потік до розглядаемої області.

1.3 Ефективність екранування

Основним показником якості екрану прийнято вважати ефективність екранування. Цей параметр характеризує здатність екрану зменшувати рівень електромагнітної енергії, як вихідної від випромінюючого джерела, так і впливає на рецептор.

Ефективність екранування це кількісна характеристика екрану, яка визначається відношенням напруженостей поля в захищасій області простору при відсутності та наявності екрана [2]:

$$S = 20 \lg \frac{E}{E_э}, \text{дБ}, \quad (1.1)$$

де S – ефективність екранування;

E –напруженість поля при відсутності екрану;

$E_э$ –напруженість поля при наявності екрану.

Ефективність екранування і коефіцієнт екранування (K) пов'язані співвідношенням [3]:

$$S = 20 \lg \frac{I}{K} = -20 \lg K, \text{ дБ}. \quad (1.2)$$

Ефективність екранування s завжди позитивна, так як вираз (1.1) визначає втрати. Вона може бути виражена безрозмірною величиною, або в децибелах.

Електромагнітний екран не тільки послаблює, в захищаємій області простору, поле джерела, але й спотворює його в меншій або більшій мірі. Отже, ефективність електромагнітного екрану, визначена за формулою (1.1), має різні значення для магнітної та електричної складових поля і залежить від координат точки вимірювання.

Ефективність екрану тільки в найпростіших випадках визначається однозначно. До найпростіших випадків відносять:

- екранування півпростору однорідним плоским нескінченним екраном від плоскої електромагнітної хвилі;
- екранування точкового джерела кульовим однорідним екраном, де дане джерело розташовується в центрі кулі;
- екранування лінійного джерела, нескінченно протяжним однорідним циліндричним екраном. Лінійне джерело розташовується на осі екрану.

В першу чергу, в теорії електромагнітного екранування розглядаються і моделюються перераховані вище випадки. Реальні ж випадки зводяться до найпростіших моделей шляхом меншої або більшої ідеалізації. Але при такому підході точність оцінки зменшується у відповідальному ступені.

Нарисунку 1.3 представлено проходження плоскої електромагнітної хвилі через екран. З даного рисунка видно – від трьох механізмів залежить ступінь ослаблення екрану [3]:

- відображення від екрануючого матеріалу електромагнітної хвилі;
- поглинання, яке відбувається в міру проходження електромагнітної хвилі крізь металевий бар'єр;
- багаторазові відображення електромагнітної хвилі всередині екрану від меж розділу середовищ "метал-повітря" і "повітря-метал".

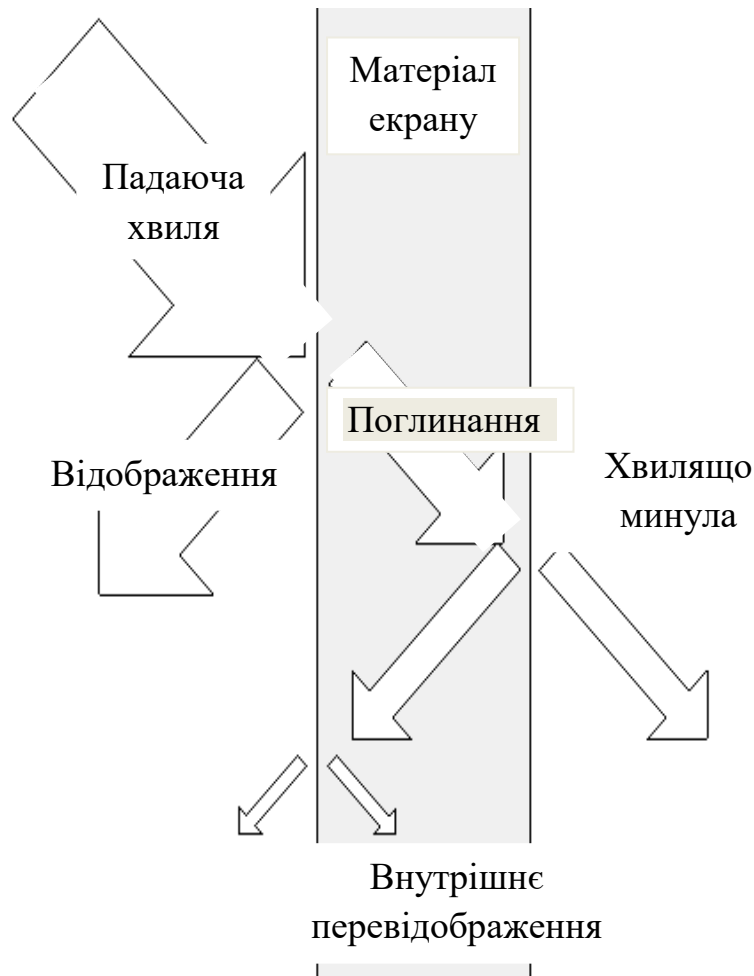


Рисунок 1.3 –представлення проходження плоскою електромагнітною хвилі через екран

У загальному випадку, ефективність екранування (S) визначається трьома складовими [3]:

$$S = R + A + B, \text{ дБ}, \quad (1.3)$$

де R -визначає відображення вхідної в екран хвилі від кордону розділу середовищ;

A – характеризує ефективність екранування шляхом поглинання, в товщі екрану, електромагнітною хвилі;

B – відображає втрати в товщі екрану за рахунок багаторазових відбиттів.

1.4 Сутність електростатичного екранування

У результаті поляризації електрони в провіднику при внесенні в даний провідник електричного поля починають переміщатися у бік протилежно зарядженої пластини – на межуючий, з розглядаємою пластиною, ділянці провідника, виникає негативний потенціал, а на поверхні провідника, що лежить протилежно пластині, утворюється позитивний. Це перерозподіл потенціалів формує своє власне Вторинне поле, яке протилежне у напрямку, і дорівнює зовнішньому. Таким чином, поля, створене провідником і зовнішнє, у всіх точках компенсують один одного всередині тіла провідника. Цим і пояснюється розподіл зарядів тільки на поверхні провідника. Усередині провідника поле відсутнє. На рисунку 1.4 спрощено відображено приклад електростатичної індукції [16]. Для організації електростатичного екранування використовують дане явище.

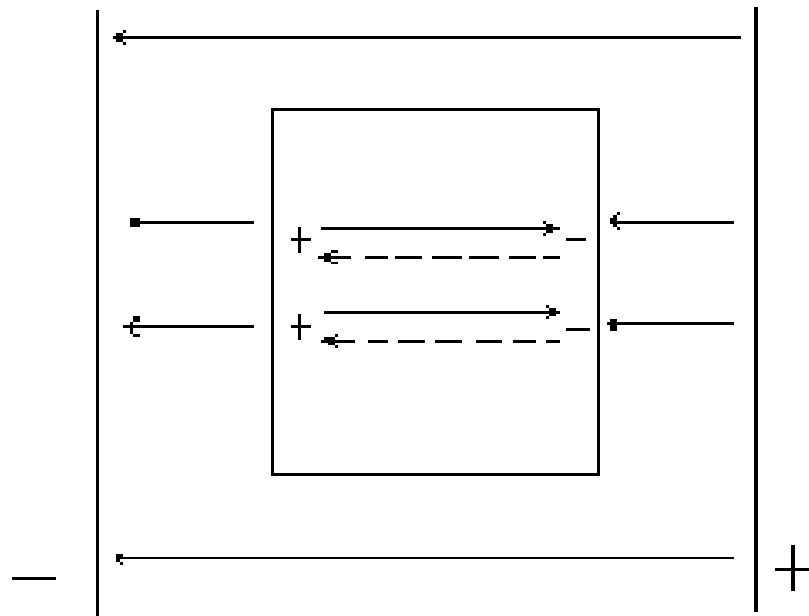


Рисунок 1.4 – Накладення електричного поля провідника

Так як поле, всередині металевого об'єкта, дорівнює нулю, то досить, розташувати в його внутрішньої порожнини, матеріал, який схильний до впливу електростатичного поля і тим самим, виключити вплив поля на даний пристрій. Таким чином, ефективність екранування не залежить ні від товщини стінок екрана, ні від металу, з якого він виготовлений, ні від форми екрану.

Нарисунку 1.5 зображений позитивний заряд $+q$ в центрі сферичної металевої оболонки [16].

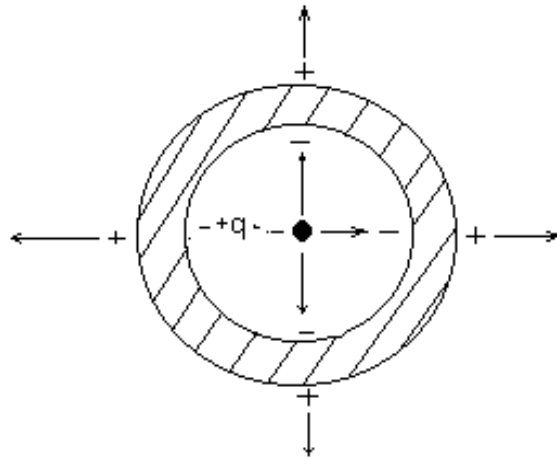


Рисунок 1.5 – Заряд в центрі металевої оболонки

У результаті поляризації на внутрішній стороні екрану утворюються негативні заряди $-q$, а на зовнішній – позитивні $+q$, і в цьому випадку екран виявляється не ефективним. Але, при підключенні даного екрану до землі (до корпусу), приклад показаний на рисунку 1.6, наявні, на зовнішній стороні екрану, заряди стечуть на корпус, а отже, поле, яке перебуває за межею оболонки виявиться рівним нулю, так як корпус має дуже велику місткість [16].

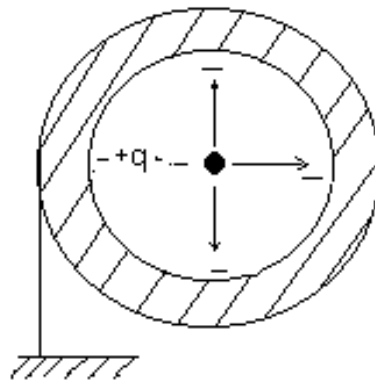


Рисунок 1.6 – Заземлена металева оболонка

Таким чином, електростатичне екранування по суті зводиться до замикання даного поля на поверхню металевого екрану і відведення електричних зарядів на землю (на корпус приладу) [16]. Можна зробити висновок, що необхідним елементом при проектуванні електростатичного екрану є заземлення. Без заземлення повністю втрачає свою ефективність

електростатичний екран. Важливо зауважити, що поле всередині екрану, при наявності зарядів, як на зовнішній, так і внутрішній стороні, визначається тільки внутрішніми зарядами. Однак заряди всередині екрану можуть створювати поле і зовні екрану (на зовнішній стороні). Обумовлено це твердження появою індукованих зарядів, на зовнішній поверхні, і щоб нейтралізувати їх вплив на екран, необхідно забезпечити їх відведення на землю. У підсумку, за допомогою заземлення електростатичного екрану можна домогтися взаємного екранування як внутрішнього простору екрану від зовнішнього поля, так і зовнішнього простору від внутрішнього поля.

Вплив електростатичного поля, при використанні металевих екранів, вдається повністю компенсувати, однак, застосовуються і діелектричні екрани – з поля вільних зарядів віднімається поле поляризаційно-зв'язаних зарядів. Діелектричні екрани послаблюють поле в ϵ_r раз, де ϵ_r – відносна діелектрична проникність матеріалу.

Між двома паралельними металевими пластинами помістимо діелектрик. Розглянутий діелектрик поляризується під дією сил електростатичного поля: електричні диполі перетворюються нейтральні молекули діелектрика, а вже наявні диполі в діелектрику, повертаються осями у напрямку дії сил поля і утворюють електричні заряди на бічних поверхнях. Тим самим утворюється на одній стороні ізолятора поверхневий позитивний заряд, а на протилежній – негативний. Дані заряди утворюють в діелектриці власне поле, яке направлено назустріч зовнішньому полю. Це призводить до зменшення результуючого в діелектриці електростатичного поля. Схильне до дії електростатичного поля пристрій бажано розміщувати безпосередньо в рідкому діелектриці:

- у трансформаторній олії діелектрична проникність дорівнює двадцяти двом;
- в спирті діелектрична проникність дорівнює двадцяти шести;
- в дистильованій воді – вісімдесят одному.

Твердий діелектрик повинен прилягати до пристрою щільно. В цілому, діелектричні екрани використовувати повсюдно не доцільно, так як вони забезпечують дуже низьку ефективність екранування. Тому їх застосовують в деяких особливих випадках.

Нехай джерело ЕРС є змінним. В такому випадку, як показано на рисунку 1.7 заряди будуть змінюватися на об'єкті А, при цьому

розосереджені на внутрішній стороні екрану заряди теж будуть змінюватися при кожному моменті часу вони будуть прагнути мати таку полярність, щоб компенсувати поле об'єкта А [16].

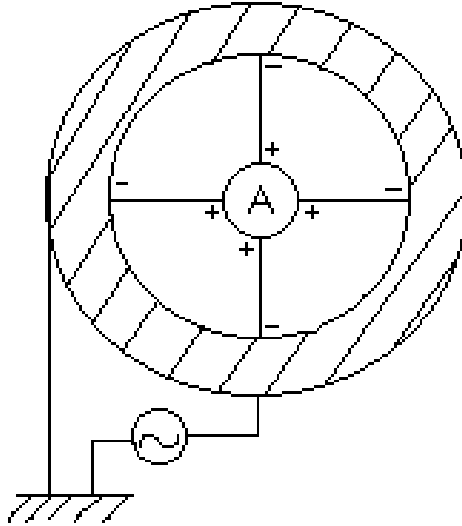


Рисунок 1.7–Об'єкт а зі змінними зарядами всередині металевому екрану

Так як по екрану потече, в результаті розглянутих вище змін, змінний струм, то, після його появи, на стінках екрану виникне падіння напруги, а, отже, в даному випадку, неможливо повністю компенсувати полі за рахунок заземлення. В такому випадку, ефективність екранування розглянутого поля залежить не тільки від товщини стінок екрану, але і від провідності використовуваного матеріалу. Обумовлено це твердження тим, що при екрануванні, із збільшенням провідності і товщини використовуваного матеріалу, спостерігається зменшення залишкового поля за межами екрану, тому що на стінках екрана зменшується падіння напруги і паралельно цьому зростає ефективність екранування.

По суті, екранування змінних електричних полів застосовується для ліквідації паразитних ємнісних зв'язків. На рисунку 1.8 показано вплив на елемент Б позитивно зарядженого елемента А [16]. Даний вплив утворено наявністю взаємного паразитного ємнісного зв'язку.

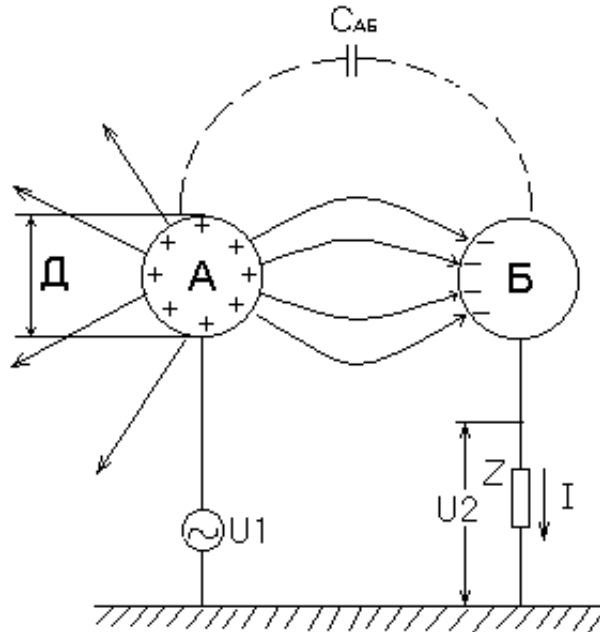


Рисунок 1.8 – Схема впливу тіла А на тіло Б

За розміщення металевого екрана В радіусом r між об'єктами А і Б, отримуємо ємнісний дільник, який шляхом «перехоплення» частини електричних силових ліній від об'єкта А, запобігає вплив електричного поля на об'єкт Б. На рисунку 1.9 показаний даний екран [17]. Ефективність екранування плоского екрану радіуса r оцінюється за формулою [17]:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{U'_2}{U'_1} = \frac{C_{AB}}{C'_{AB}} \approx \frac{5 \cdot r}{a \cdot a_1 \cdot a_2}, \quad (1.4)$$

де a – відстань між об'єктом А і тілом б;

A_1 – відстань від об'єкта а до металевого екрану в;

A_2 – відстань від металевого екрану в до тіла б.

Ефективність екранування в даному випадку залежить від результату дифракції розсіювання при проникненні поля перешкод за екран. Найбільш відчутними будуть дані явища при відстані a_1 рівному відстані a_2 , отже, для збільшення ефективності екранування поля необхідно дотримуватися умови – a_2 не дорівнює a_1 . Вибір умови – a_1 більше a_2 або a_1 менше a_2 , залежить від призначення екрану і від того, що екранується (об'єкт або джерело перешкод).

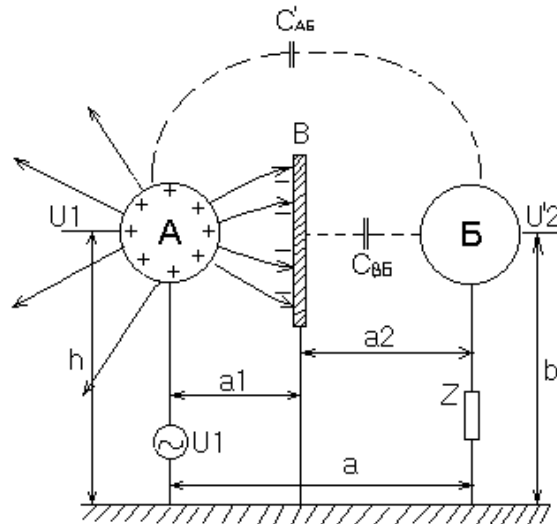


Рисунок 1.9– Екран в між тілами а і б

Безумовне, за рахунок розносу тіл, загасання хвилі розглянутого поля зумовлює ослаблення впливу об'єкта А на об'єкт Б, а отже, сумарне загасання поля залежить від коефіцієнта зв'язку, визначається за формулою [18]:

$$K_{св} = \frac{U_2}{U_1 \cdot \mathcal{E}_0} = 0,4 \cdot \frac{h \cdot b \cdot a_1 \cdot a_2}{a \cdot r^3 \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h}{D}\right)}, \quad (1.5)$$

де $K_{св}$ – коефіцієнт зв'язку;

D – діаметр об'єкта А;

B і h – відстань об'єктів А і б від заземлюючої поверхні.

Чим менше вплив тіл А і Б один на одного, тим більша розв'язка між ними, а, отже, має меншу величину коефіцієнт зв'язку.

Заземлений металевий лист шунтує на корпус більшу частину паразитної ємності, яка утворюється між її джерелом і приймачем наведень. В шунтуванні паразитної ємності і полягає екрануючий ефект.

Для зменшення ємнісного зв'язку між об'єктами А і б вдаються до:

- збільшення відстані між елементами;
- зміни орієнтації так, щоб наведення компенсувалися;
- використання в конструкції мініатюрних елементів.

Якщо перелічені вище заходи не виключають взаємного впливу, то, для екранування електричного поля, встановлюють електростатичний екран.

При використанні електростатичного екрану, необхідно добре його заземлити (з'єднати з корпусом). Однак застосування провідників, для з'єднання екрану з корпусом неприпустимо.

Іноді, для електростатичного екранування, при розташуванні елементів А і Б в корпусі, користуються кришкою від даного корпусу. Приклад наведено нарисунку 1.10 [19].

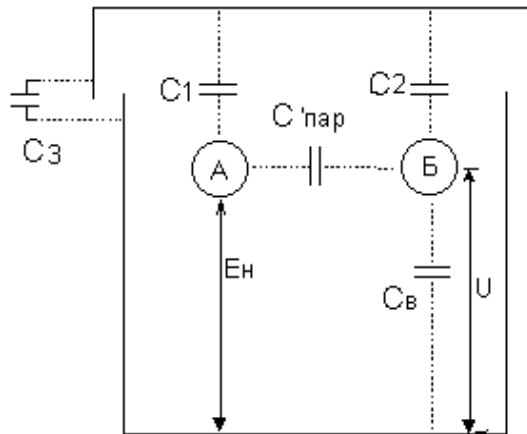


Рисунок 1.10 – Екранування кришкою

При $C3$ рівною нулю (кришка щільно притиснута до корпусу), $C1$ і $C2$ не пов'язують елементи А і Б. Взаємна зв'язок здійснюється лише через ємність $C_{\text{пар}}$, величина даної ємності набагато менше ємності без кришки.

Сучасна електронна апаратура характеризується високими швидкостями зміни струму в фідерах і електронних схемах технічних засобів. Дані обставини вводять додатковий вплив індуктивностей, а значить має місце і вплив повних опорів провідних шляхів.

Властивості заземлюючих провідників, значною мірою, визначають якість електростатичного екранування. Основна вимога, що пред'являється до заземлюючим провідниками – матеріали провідників повинні володіти мінімальним повним опором. На відносно високих частотах, при не дотриманні цієї вимоги, опір заземлюючих матеріалів буде настільки велике, що екран виявиться в підсумку практично не заземленим.

Повний опір визначається за формулою [19]:

$$z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right), \quad (1.6)$$

де R – активний опір провідника;

L – індуктивність провідника;

C – ємність провідника;

ω – кругова частота.

Якщо на постійному струмі для системи заземлення потрібно мінімальний активний опір провідників заземлення, то на змінному слід забезпечити мінімальне повне опір [20]. На повний опір індуктивність провідника надає найбільший вплив. Якщо уявити, що протікає по провіднику, струм у вигляді набору умовних ниток, то розподіл їх по перерізу буде характеризувати індуктивність провідника – чим щільніше розташовані в перерізі дані нитки, тим вище індуктивність. При використанні постійного струму по перетину одиночного провідника ці нитки проходять рівномірно. Але, при використанні високих частот з'являється скін-ефект, і вони відтісняються до периферії провідника. Також спостерігається ще й ефект близькості, який виникає за рахунок наявності сусідніх провідників з протилежною або однаковим напрямком струмів. Він обумовлює перерозподіл струму по перетину провідника. Перераховані вище ефекти призводять до зміни індуктивності.

На відміну від вузьких провідників, нитки струму, в плоских широких, розташовуються більш вільно. Залежно від коефіцієнта форми (l/w) Повний опір плоскої перемички дорівнює [21]:

$$Z_{nep} = (0,5 \dots 0,8) z, \quad (1.7)$$

де, z -Повний опір проводу круглого перетину, площа перетину якого дорівнює площі перетину плоскої перемички.

l – довжина перемички;

w – ширина перемички.

Індуктивність знижується при розширенні провідника. Отже, плоскі плетінки і перемички мають меншу індуктивністю, ніж дроти круглого перетину з такою ж площею поперечного перерізу. Для систем заземлення використовують:

- плоскі металеві перемички;
- плоскі обплетення з плоскими зажимами;
- плоскі обплетення з полюсними наконечниками;

- багатодротяні перемички.

На рисунку 1.11 наведені залежності повних опорів плоских перемичок від використовуваних частот, де [21]:

- суцільна лінія-ширина рівна 10 мм, товщина рівна 0,3 мм;
- пунктирна лінія-ширина рівна 25 мм, товщина рівна 1 мм;
- 1 – довжина рівна 1 м;
- 2 – довжина рівна 0,3 м;
- 3 – довжина рівна 0,1 м.

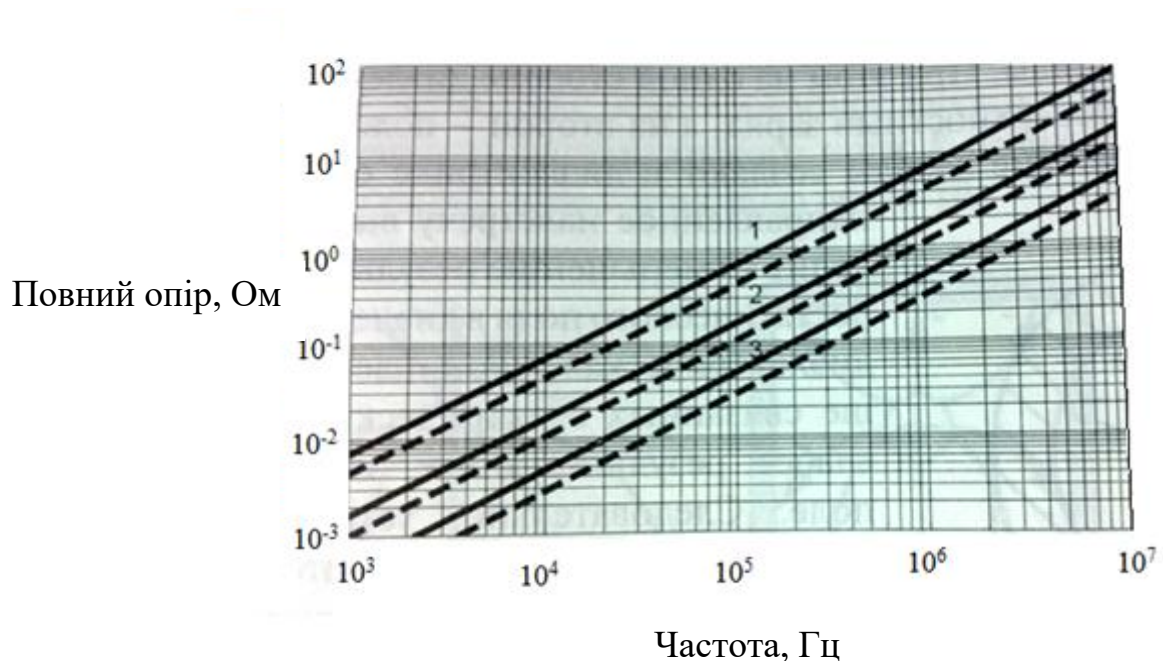


Рисунок 1.11 – Повні опору плоских перемичок різної довжини і ширини

Джерело електричного поля в ближній зоні, може бути змодельовано диполем. Нарисунку 1.12 представлено схематичне відображення поля диполя, де [22]:

- а) поле диполя без екрану;
- б) поле диполя укладене в екран.

Уклавши диполь в екран, отримаємо повністю екранований зовнішній простір, для якого напруженість електричного поля E дорівнює нулю [22].

Пояснення процесу екранування представлено малюнком 1.13 [23]. На малюнку показано екранування поля диполя металевою оправою, яка складається з двох частин.

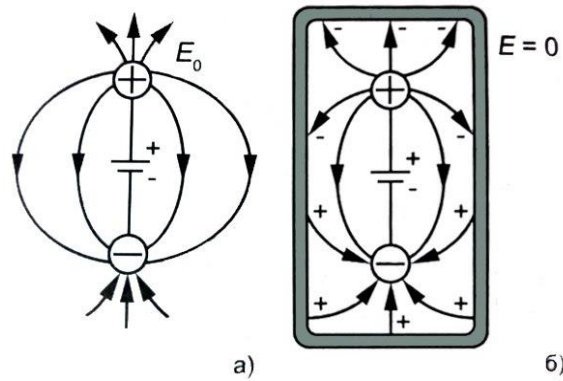


Рисунок 1.12 – Схематичне зображення диполя

На кожній частині екрану, доїх з'їткнення, є індивідуальні заряди такого ж знаку, що і заряди відповідних половин диполя. Електричне поле зовні екрану по інтенсивності буде таким же, як і при його відсутності. При з'єднанні частин екрану в єдину оболонку, виникає загасаючий коливальний процес в його зовнішній поверхні, що призведе до зміни енергії поля-вона перейде в інші види енергії. Тому, поза екраном напруженість поля E дорівнює нулю.

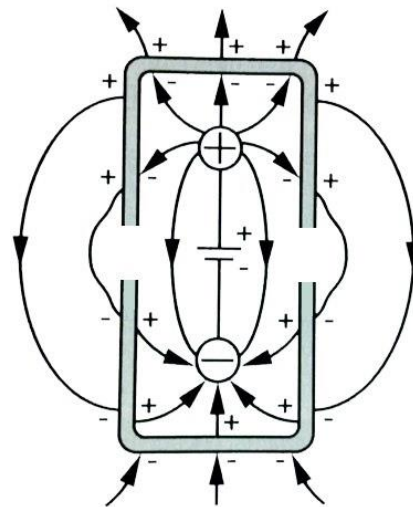


Рисунок 1.13– Екранування поля диполя металеву обкладинкою

Даний приклад наочно показує, що відсутність зазорів і щілин в з'єднуються частинах екрану впливає на результат екранування. Будь-яка неоднорідність обумовлює, як проникненню електромагнітного поля всередину захищається простору, так і витоку з екранованого простору електромагнітної енергії.

1.5 Висновки по розділу

Заряд статичної електрики виникає на поверхні матеріалів (особливо діелектриків) в результаті контакту цих матеріалів за допомогою тертя, відділення або з'єднання поверхонь, деформацій, розриву тощо.

Одночасно з накопиченням (генерацією) статичної електрики завжди відбувається і його розсіювання (втрати).

Основними факторами, що визначають кількісну сторону процесу накопичення статичної електрики, є:

- площа і відстані між контактуючими (тертьовими) поверхнями;
- природа взаємодіючих матеріалів;
- шорсткість поверхонь, коефіцієнт тертя, швидкість взаємного переміщення, тиск;
- вплив зовнішніх факторів (температури, вологості, наявності зовнішнього електричного поля і т. п.).

Розсіювання (втрати) статичної електрики відбувається внаслідок поглинання (витоку) зарядів навколишнім середовищем, обумовленого провідністю матеріалу (об'ємної і поверхневої), випромінюванням в навколишнє середовище, електронною емісією, десорбцією іонів, газовим розрядом і т.п.

Електростатичний екран служить для зменшення впливу електростатичного поля на об'єкт. Вибір якісного екрана зумовлює високу ефективність екранування і виключає можливість впливу випадкових електростатичних розрядів на інформаційний кабель.

2 ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРІВ В КОЛАХ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ПО КАНАЛУ ПЕМВН

Електричні фільтри можуть бути розділені на дві групи: для придушення міжсистемних перешкод і для придушення завад у ланцюгах живлення в межах однієї системи (внутрішньосистемні фільтри).

До перших відносяться фільтри, що забезпечують:

- вибірковість супергетеродинних приймачів по сусідньому каналу (налаштований фільтр в поєднанні з підсилювачем проміжної частоти (РЕЧНИКА));
- придушення дзеркального каналу і позасмугових перешкод в преселекторах супергетеродинних приймачів;
- придушення заважає впливу на частоті, близької до робочих частот пристрою (режекторніе фільтри);
- захист входу робочої смуги (РС) від перешкод на частотах, що лежать поза робочої смуги рецептора (фільтри нижніх чи верхніх частот);
- придушення небажаних випромінювань передавачів (фільтри, розраховані на високу проходить потужність).

2.1 Класифікація фільтрів

2.1.1 Поодинокі фільтри низьких частот (ПФНЧ)

Проектувати фільтри можна, базуючись на перетвореннях характеристик вихідного одиничного фільтра низьких частот (ПФНЧ) з частотою зрізу $\omega_c = 1$ рад/с (1 рад/с = $1/2\pi$ Гц) з активним опором 1 Ом. На рисунку 2.1 представлені осередки одиничного фільтра низьких частот (а) і залежність їх загасання від частоти (б) [5].

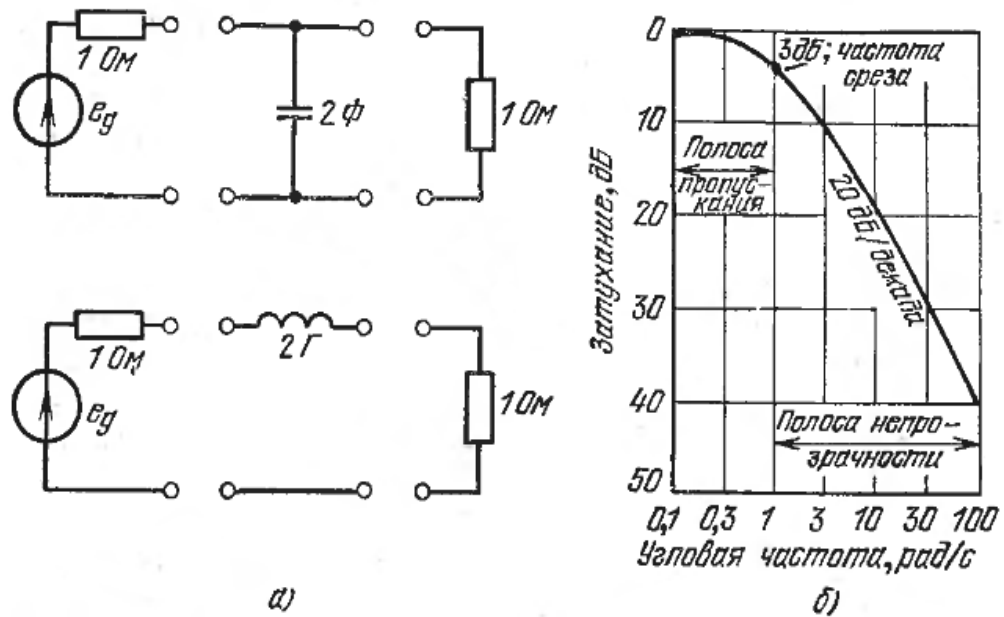


Рисунок 2.1– Осередки одиночного фільтра низьких частот (а) і залежність їх загасання від частоти (б)

Необхідні параметри для заданих частоти зрізу і опору визначають на основі перетворення параметрів ПФНЧ[8]:

$$R_H = ZR_{CT}, \quad (2.1)$$

$$L_H = ZL_{CT}/(2\pi f_c), \quad (2.2)$$

$$C_H = C_{CT}/(Z2\pi f_c), \quad (2.3)$$

де L_H , C_H , R_H – індуктивність, ємність і опір реального фільтра;
 L_{CT} , C_{CT} , R_{CT} – те ж у ПФНЧ;

f_c і Z – частота зрізу і характеристичний опір реального фільтра.

Є кілька типів ПФНЧ з різним числом реактивних елементів, розглянемо ці типи:

1. Фільтр з максимально плоскою амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) в смузі пропускання (баттервортовський) вносить фазові і часові спотворення, які зростають поблизу частоти зрізу; тому функція відгуку цього фільтра має викид. Тим не менш такі фільтри знаходять найбільш широке застосування.

2. Фільтр з рівномірно-хвилястою частотною характеристикою в смузі пропускання (чебишевський); за рахунок такої нерівномірності (зазвичай її вибирають порядку $0,1 \dots 1$ дБ) крутизна АЧХ поза смуги пропускання більше, ніж у фільтрів типу 1. Затримка сигналу, що вноситься даним фільтром, і створювані їм фазові спотворення більше, ніж у фільтра типу 1, але викид функції відгуку дещо менше.

3. Бесселевський фільтр або фільтр з рівномірною затримкою характеризується незначним викидом функції відгуку, однак час наростання його дещо більше, ніж у фільтрів типів 1 і 2.

4. Баттерворт-томпсоновський фільтр має середні значення часу наростання і викиду функції відгуку між такими для фільтрів типів 2 і 3.

5. Еліптичний фільтр відрізняється тим, що його АЧХ, з одного боку, властиві деякі переваги, властиві АЧХ чебишевських фільтрів, а з іншого – відносно велика крутизна спаду.

Приклади баттервортівських фільтрів наведені на рисунку 1.3: а-з непарним n ; перший і останній елементи фільтра-конденсатори; б - з парним n ; перший елемент фільтра-конденсатор, останній-індуктивна котушка; в-аналог схеми А [5].

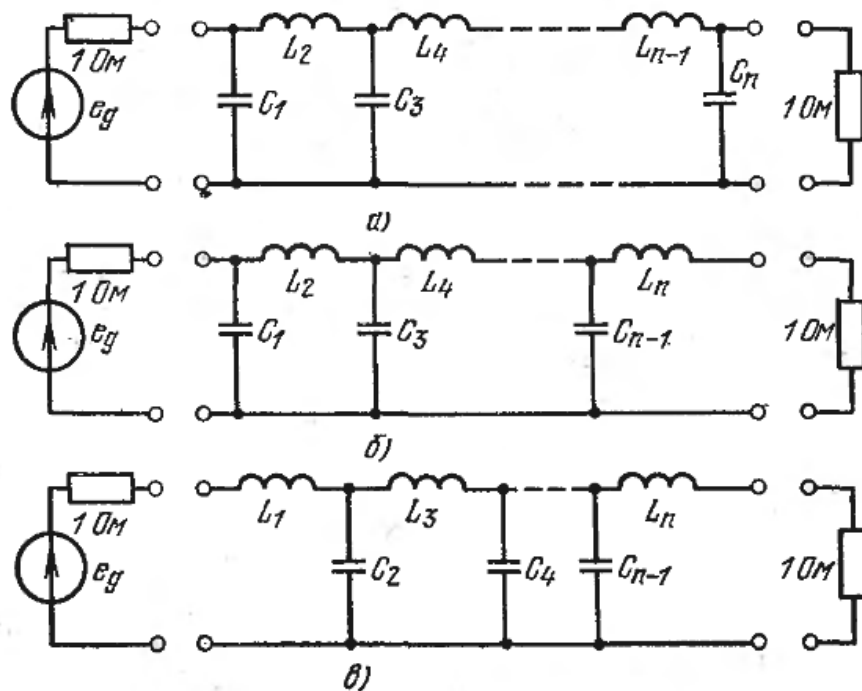


Рисунок 2.2– Поодинокі фільтри низьких частот з різним числом реактивних елементів n

2.1.2 Фільтри верхніх частот (ВЧ)

Розрахункові формули для одиничних полосових фільтрів ВЧ (ПФВЧ) можуть бути отримані з формул для ПФНЧ заміною аргументу. Поклавши $\omega_{ВЧ} = 1/\omega_{НЧ}$ вираз для коефіцієнта передачі ПФНЧ, отримаємо формули для розрахунку параметрів елементів одиничних фільтрів ВЧ. При цьому опір індуктивності ПФНЧ, рівне $L\omega_{НЧ}$ замінюється на $L/\omega_{ВЧ}$, опір ємності, рівну $1/C\omega_{НЧ}$, замінюється на $\omega_{ВЧ}/C$, а значення опору не змінюється.

Таким чином, це перетворення еквівалентне заміні всіх індуктивностей і ємностей ПФНЧ на ємності та індуктивності в ПФВЧ відповідно, причому так, що опору елементів ПФНЧ рівні опорів знову отриманого ПФВЧ. При цьому опір ПФВЧ дорівнює як і раніше 1 Ом, а частота зрізу 1 рад/с.

Для отримання реальних фільтрів високих частот параметри ПФВЧ змінюються, як і раніше.

Для фільтру, що має парне число елементів, можливо його звернення, тобто підключення джерела сигналу до виходу, а навантаження до входу фільтра без зміни його властивостей. Ця операція допустима для обох варіантів «парного» фільтра. Однак якщо фільтр має непарне число елементів, його звернення неприпустимо ні для одного, ні для іншого варіанту.

2.1.3 Смугові і режекторні фільтри

Як і ВЧ фільтри, смугові фільтри (СФ) можуть бути розраховані на базі ПФНЧ при відповідній заміні частотної змінної в його передавальній функції.

У термінах смугових фільтрів ПФНЧ має центральну кутову частоту, рівну 0 рад/с. Нова змінна (вводиться для перетворення ПФНЧ в одиничний ПФ) повинна відображати як би наявність резонансу у кожного з елементів перетвореного ПФНЧ (т. е: наявність полюса комплексної передаточної функції фільтра) на частоті $\omega = \omega_0 \neq 0$ рад/с. Таким чином, якщо вважати, що в якості нових елементів ПФНЧ використовуються LC-ланцюга, то знову вводиться змінна (відповідна тепер ПФ) буде мати вигляд[7]:

$$\Omega_{ПФ} = \omega - 1/\omega. \quad (2.4)$$

Для ПФНЧ це еквівалентно заміні всіх його паралельно включених конденсаторів на паралельні резонансні кола, а всіх послідовно включених індуктивностей на послідовні резонансні кола. Умова резонансу при цьому має вигляд[7]:

$$\omega - 1/\omega = 0, \text{ или } \omega^2 = 1; \omega = \pm 1 \text{ рад/с.} \quad (2.5)$$

Щоб повні опору послідовних гілок фільтра або повні провідності паралельних стали рівні нулю на частоті $\omega = \omega_0$ (що має виконуватися в СФ), вираз (1.4) пронормуємо щодо резонансної частоти ω_0 [7]:

$$\Omega_{\text{ПФ}} = \omega_0 (\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega). \quad (2.6)$$

Тут порядок доданків відповідає виразу (2.5), а частота обрана таким чином, щоб реактивні опору або провідності відповідних гілок мали від'ємний знак при $\omega < \omega_0$.

Права частина виразу (2.6) показує, що при перетворенні ПФНЧ в СФ всі послідовні індуктивні котушки замінюються на кола з послідовно включених конденсатора і котушки з параметрами[7]:

$$L_S = \frac{L_K}{\omega_c}, \quad C_S = \frac{1}{L_K (\omega_0^2/\omega_c)} = \frac{\omega_c}{\omega_0^2 L_K} = \frac{1}{\omega_0 Q_i L_K}. \quad (2.7)$$

Всі конденсатори ПФНЧ слід замінити на Ланцюги з паралельно включених індуктивної котушки і конденсатора з параметрами[8]:

$$L_p = \frac{1}{\omega_0 Q_i C_k},$$

$$C_p = \frac{C_k}{\omega_c}. \quad (2.8)$$

Перевіримо виконання умов резонансу в послідовних і паралельних гілках фільтра на його середній частоті, записавши вирази для резонансних частот цих гілок[8]:

$$\omega_S^2 = \frac{1}{L_S C_S} = \frac{1}{\frac{L_K}{\omega_C}} \frac{\omega_0 Q_1 L_K}{1} = \omega_C \omega_0 Q_1 = \omega_C \omega_0 \frac{\omega_0}{\omega_C} = \omega_0^2. \quad (2.9)$$

$$\omega_P^2 = \frac{1}{L_P C_P} = \frac{1}{C_K / \omega_C} \frac{\omega_0 Q_1 C_K}{1} = \omega_C \omega_0 Q_1 = \omega_0^2. \quad (2.10)$$

Тепер необхідно перейти від отриманого одиничного СФ (ОСФ) до СФ з необхідним характеристичним опором R . Для цього значення опорів і індуктивностей ЕСФ збільшимо, а значення ємностей зменшимо в R разів[5]:

$$L'_{Sk} = \frac{R L_{Sk}}{\omega_c}. \quad (2.11)$$

Так як за умовами резонансу:

$$C'_{Sk} = \frac{1}{\omega_0^2 L'_{Sk}} = \frac{\omega_c}{\omega_0^2 R L_{Sk}} = \frac{1}{\omega_0 Q_1 R L_{Sk}}. \quad (2.12)$$

Аналогічно:

$$C'_{Pk} = \frac{C_{Pk}}{R_{\omega_c}}. \quad (2.13)$$

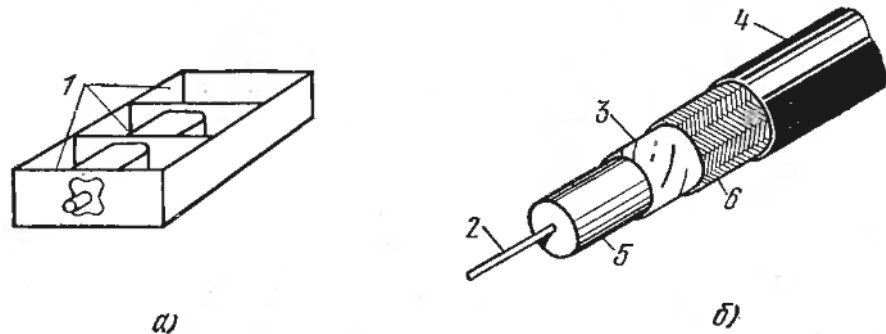
$$L'_{Pk} = \frac{1}{\omega_0^2 C'_{Pk}} = \frac{R_{\omega_c}}{\omega_0^2 C_{Pk}} = \frac{R}{\omega_0 Q_1 C_{Pk}}. \quad (2.14)$$

Аналогічно, за допомогою відповідної заміни змінної в передавальній функції ПФНЧ можуть бути отримані формули і для розрахунку режекторних фільтрів.

2.1.4 Високочастотні фільтри на основі завадопоглинаючих матеріалів

Високочастотні фільтри на основі перешкодопоглинаючих матеріалів. Дію фільтрів цього типу базується на використанні особливих властивостей деяких композиційних матеріалів, що відрізняються істотною залежністю їх діелектричних або магнітних втрат від частоти. На рисунку 2.3 представлено

два приклади фільтрів, в яких використовуються композиційні матеріали з частотно-залежними властивостями: а – на зосереджених елементах; б – коаксіальний [8].



- 1 – завадопоглинаючий матеріал з графітовим наповнювачем;
 2 – центральний провідник; 3 – ізолююча оплетка;
 4 – зовнішня захисна оболонка; 5 – завадопоглощаючий матеріал;
 6 – екрануюча оплетка.

Рисунок 2.3– Приклад фільтрів, в яких використовуються композиційні матеріали з частотно-залежними властивостями

Еквівалентна схема фільтрів представлена на рисунку 2.4 [6].

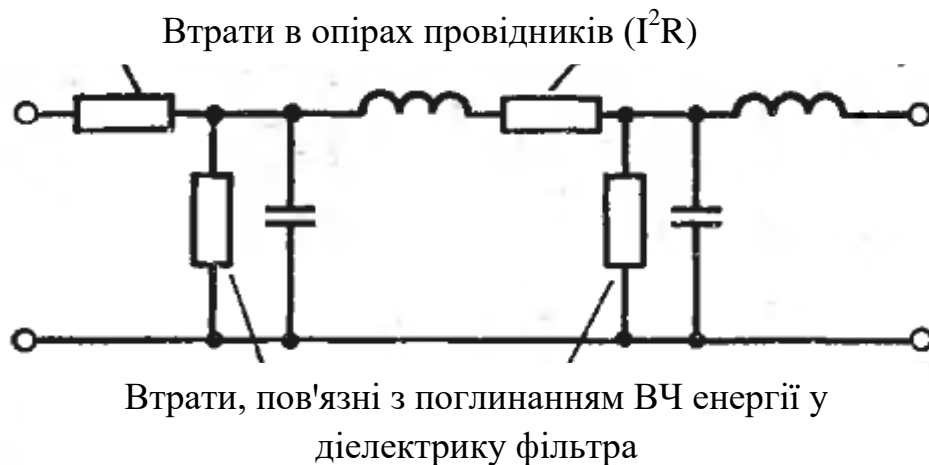


Рисунок 2.4–Еквівалентна схема фільтрів

Як відомо, в лініях передачі або фідерах в якості ізолюючих матеріалів використовують діелектрики з малими втратами. У розглянутих ж фільтрах в

якості діелектрика використовують матеріали, діелектричні, магнітні втрати яких істотно зростають в області частот, що перевищують частоту зрізу фільтра (наприклад, для коаксіального 50-омного фільтра $f_c \approx 10$ МГц).

Застосування фільтрів на помехопоглощаючих композиційних матеріалах дозволяє ефективно пригнічувати перешкоди в області частот, де звичайні фільтри з зосередженими параметрами вже непридатні.

При іншому способі застосування помехопоглощаючих композиційних матеріалів на ізольований або неізольований провід будь-якого стандартного розміру надягають спеціальні гнучкі трубки з матеріалу з частотно-залежної магнітною проникністю; при цьому створюється підвищений загасання в необхідному діапазоні частот.

Порівнюючи такі трубки з використовуваними для тих же цілей феритовими шайбами, можна відзначити наступне. З одного боку, на частотах нижче 10 МГц (з-за меншою магнітної проникності) трубки забезпечують дещо меншу ступінь придушення перешкод. Однак, з іншого боку, на високих частотах (близько 100 МГц і більше), що забезпечується магнітними трубками загасання стає більш значним завдяки відсутності у них насичення і резонансних властивостей[6].

Оскільки еквівалентна магнітна проникність трубки дорівнює приблизно 10, індуктивність дроту, укладеного в таку трубку, починає вести себе як одноелементний фільтр. Концентрація магнітного поля дроту, головним чином в матеріалі трубки, збільшує вноситься в ланцюг індуктивність. Іншою перевагою магнітних трубок є відсутність небажаних електромагнітних випромінювань від проводу, укладеного в таку трубку. При застосуванні шайб такі випромінювання виникають через неминучі зазори між цими деталями.

Іноді в апаратурі застосовують трубки, додатково покриті шаром металізованого майлара для захисту від сторонніх електричних полів на низьких частотах. Магнітні трубки використовують як фільтр низьких частот (ФНЧ) для шин живлення; при цьому суттєво, що у них не виникає насичення ні при постійному, ні при змінному струмі (частотою 60 або 400 Гц).

Одночасне застосування композиційних матеріалів з частотно-залежними діелектричними і магнітними властивостями дозволяє отримати коаксіальні фільтри з дуже високими завадозахисними властивостями. У

таких фільтрах можна отримати згасання 20 дБ на частоті 100 кГц і 100 дБ на частоті 10 МГц.

2.1.5 Активний фільтр

LC-фільтри низьких частот стають дуже громіздкими, коли їх частота зрізу лежить в області звукових частот. При цьому, якщо конденсатори мають невелику ємність (наприклад, 0,01 мкФ), котушки стають непропорційно великими і масивними. Тому для фільтрації вкрай низьких частот доцільно застосовувати такі фільтри, які не містили б котушок. Цій вимозі задовольняють активні фільтри.

Активний фільтр являє собою пристрій, основною частиною якого є операційний підсилювач, що перетворює опір підключеної до нього RC-кола так, що весь пристрій поводить себе як індуктивність. Прикладами можуть служити активний фільтр паралельного типу або фільтр до схеми "подвійного T"[8].

Однак якщо активний фільтр включають в коло живлення щодо великої потужності, то транзистор операційного підсилювача повинен пропускати досить великий струм, що не завжди можливо. Для фільтрації перешкод в потужних ланцюгах живлення можуть бути використані пристрої з частотно-залежної зворотної зв'язком, в ланцюг якої встановлений фільтр низької частоти, розрахований на невелику прохідну потужність. Через такий пристрій проходять лише коливання частот, що лежать в смузі пропускання фільтра.

Активні фільтри низьких частот для кіл живлення розраховані на струми до 100 А. В якості прикладу наведемо параметри одного з фільтрів. Розрахований на напругу 24 В, 30 А постійного струму, він забезпечує загасання 40 дБ на частоті 1 Гц і 60 дБ на частоті 20 Гц; його обсяг дорівнює 0,001 обсягу відповідного пасивного LC-фільтра.

2.1.6 Конструктивна реалізованість фільтрів

Відзначимо наступне:

- фільтри на елементах з зосередженими параметрами (LC-фільтри та активні) призначаються зазвичай для роботи на частотах до 300 МГц;
- фільтри з розподіленими параметрами (полоскові, коаксіальні або хвилеводні) застосовуються на частотах понад 1 ГГц.

У діапазоні 300 МГц...1 ГГц можуть використовуватися фільтри як одного, так і іншого із зазначених типів або конструкції, одночасно включають різнотипні фільтри.

Розглянемо конструктивну реалізацію фільтрів із зосередженими елементами на частоти 3 Гц...300 МГц і характеристичним опором 1... 50 Ом. За ступенем реалізованості параметри елементів фільтрів можуть бути розділені на чотири категорії. При цьому вважається, що фільтр розрахований на що проходить потужність, не перевищує 1 Вт, а струми через індуктивні котушки напруги на конденсаторах (в межах цієї потужності) не перевищують відповідних допустимих значень. Це категорії такі[6]:

- легко здійсненні (Л): $1 \text{ мкГ} \leq L \leq 1 \text{ Г}$; $5 \text{ пФ} \leq C \leq 1 \text{ мкФ}$;
- здійсненне (о): $0,2 \text{ мкГ} \leq L \leq 10 \text{ г}$; $2 \text{ мкГ} \leq L \leq 10 \text{ г}$; $2 \text{ пФ} \leq C \leq 10 \text{ мкФ}$;
- важко здійснимі (Т): $50 \text{ нГ} \leq L \leq 100 \text{ Г}$; $0,5 \text{ пФ} \leq C \leq 500 \text{ мкФ}$;
- практичні нездійсненні (Н): $C < 0,5 \text{ пФ}$, $C > 500 \text{ мкФ}$;
 $L < 50 \text{ нГ}$, $L > 100 \text{ Г}$.

2.2 Внутрішньосистемні фільтри (фільтри в колах живлення)

Виникнення внутрішньосистемних перешкод найчастіше пов'язано з тим, що різні пристрої підключені до загальних ліній живлення. В цих умовах шум та інші сторонні сигнали від одного з таких пристроїв – джерела перешкод, що передаються по шинах живлення, можуть впливати на інші пристрої, потенційно є рецепторами перешкод. Аналогічний вплив можливо через загального опору в колі, по якій підводиться живлення до двох або декількох пристроїв. Далі розглядаються схеми систем розподілу електроенергії всередині будівель і споруд (від підключення високовольтної напруги до розподільних щитів для підключення конкретних навантажень), а також причини виникнення і способи усунення перешкод в таких системах.

2.2.1 Однофазна система електроживлення

Схеми розподілу електроенергії на об'єктах залежать від споживаних ними потужностей. Трифазна і однофазна системи розподілу електроенергії, використовувані на об'єктах представлені на рисунку 2.5 [5].

Однофазне живлення здійснюється трансформатором із заземленою середньою точкою. Цей трансформатор підключений до однієї з фаз високовольтної лінії. (До сучасних житлових будівель і невеликим будівель в межах міської риси лінії змінного струму прокладають під землею п трансформатор встановлюють поблизу від них на спеціальних опорах). Вхідна лінія живлення підключається до вимірювача потужності і йде далі до запобіжників і розподільних, коробок; нейтральний провід (середній відвід трансформатора) заземлюється поблизу від вхідного вимірювача потужності.

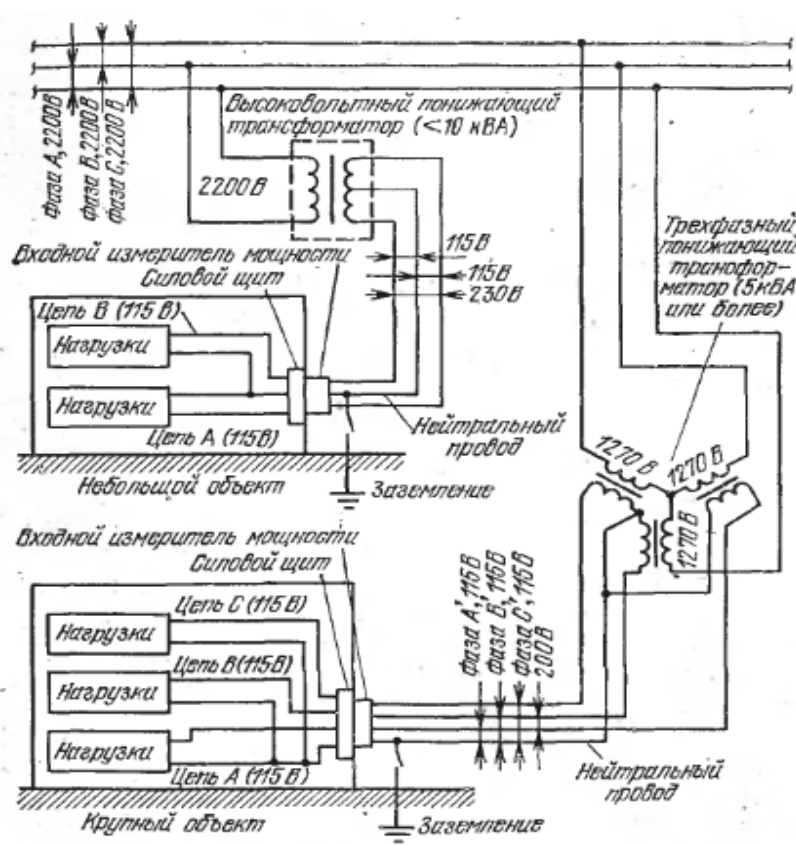


Рисунок 2.5 – Трифазна і однофазна системи розподілу електроенергії, використовувані на об'єктах

З силового щита напруга 115 В подається до навантажень всередині будівлі. Навантаження підключаються між кожним з дротів 115 В і середнім дротом. При цьому прагнуть розподілити, навантаження таким чином, щоб вони були рівні для кожної з ліній 115 В.

Система отримання та подачі електроенергії споживачам усередині будівель діє як протяжна антена, через яку шум різної природи і сторонні сигнали можуть передаватися до чутливих ланцюгах.

Щоб оцінити ступінь забрудненості лінії живлення перешкодою, досить підключити вимірювач рівня перешкод на вході лінії живлення і порівняти його показання з даними на одному з вихідних кінців цієї лінії.

Високий рівень широкосмугового шуму з частотами до 1 МГц в даному випадку створюється в основному люмінесцентними лампами, встановленими всередині приміщень.

2.2.2 Характеристики фільтрів кіл живлення

Оскільки усунення перешкод в колах живлення апаратури надзвичайно важливо, до фільтрів ланцюгів живлення пред'являються досить жорсткі вимоги. Загасання, внесене такими фільтрами в колі постійного або змінного струму для основної частоти 60 або 400 Гц, має бути мінімальним (наприклад, 0,2 дБ і менше) і мати велике значення (приблизно 60 дБ) в широкому діапазоні частот в залежності від конкретних умов.

При виборі фільтрів для кіл живлення потрібно виходити з наступних параметрів ланцюгів і фільтрів:

- номінальних значень струмів і напруг у колах живлення, а також допустимого значення падіння напруги на фільтрі при максимальній для даного кола навантаженні (наприклад, застосування фільтра не повинно призводити до зменшення напруги живлення більш ніж на 0,2 дБ або на 2 % при максимальному струмі навантаження)[6];

- обмежень, що накладаються на допустимі значення нелінійних спотворень форми напруги живлення при максимальному навантаженні (наприклад, всі гармонійні складові напруги живлення з частотами вище 10 кГц повинні бути на 80 дБ нижче рівня основної гармоніки 60 Гц);

- необхідного загасання фільтра з урахуванням заданих значень опорів навантаження і джерела живлення;

- ступеня екранування фільтра від різних сторонніх полів, що забезпечується конструкцією його корпусу.

Напруга, прикладена до фільтру, повинна бути такою, щоб вона не викликала пробою конденсаторів фільтра при різних скачках напруги, включаючи стрибки, обумовлені перехідними процесами в колах живлення. Щоб при заданих масі та обсязі фільтр забезпечував найкраще придушення перешкод в необхідному діапазоні частот, його конденсатори повинні володіти максимальною ємністю на одиницю об'єму або маси. Крім того,

номінальні значення робочої напруги конденсаторів вибирають, виходячи з максимальних значень допустимих стрибків напруги кола живлення, але не більше їх.

Струм через фільтр повинен бути таким, щоб не виникало насичення сердечників котушок фільтра. Насичення, наприклад тороїдальних котушок, може призводити до збільшення рівня гармонік в нарузі живлення. Крім того, слід враховувати, що зі збільшенням струму через котушку збільшується реактивне падіння напруги на ній. Це може призвести до того, що:

- погіршиться еквівалентний коефіцієнт стабілізації напруги в колі живлення, що містить фільтр;
- виникне взаємозалежність перехідних процесів в різних навантаженнях кола живлення. Найбільші стрибки, напруги при цьому виникають вчасно відключення навантажень, так як більшість з них має індуктивний характер.

На рисунку 2.7 наведено еквівалентні схеми джерела живлення (а), фільтра (б) і навантаження (в) [8].

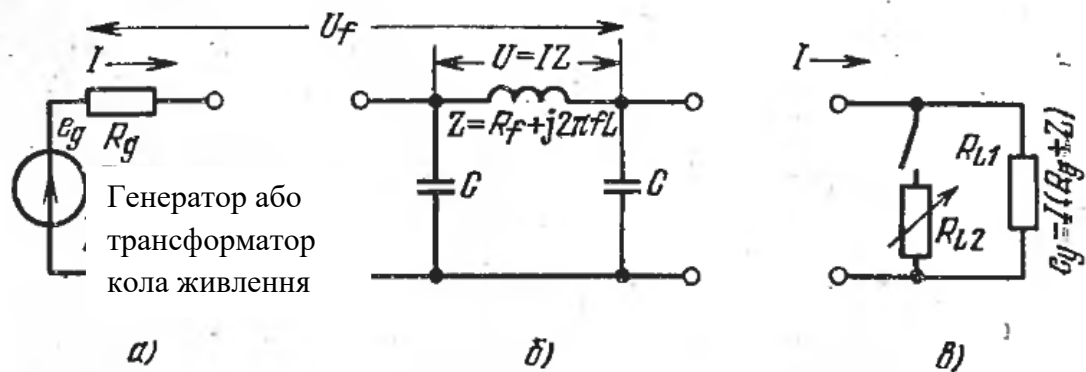


Рисунок 2.7 – Спрощені еквівалентні схеми джерела живлення (а), фільтра (б) і навантаження (в)

2.3 Висновки по розділу

Характеристики фільтрів залежать від числа використаних реактивних елементів. Так, наприклад, фільтр з одного паралельного конденсатора або однієї послідовної індуктивної котушки може забезпечити загасання лише 20 дБ/декада поза смуги пропускання, а LC-фільтр з десяти або більше елементів може забезпечити загасання до 200 дБ/декаду і більш.

Внутрішньосистемні фільтри, як правило, мають різні значення вхідного і вихідного опорів. Наприклад, опір джерела живлення на низьких частотах часто менше 1 Ом, в той час як опір його навантаження істотно більше. Крім того, опору джерела і навантаження можуть залежати від частоти.

Для розрахунку характеристик фільтра використовується його математична модель. Модель фільтра може бути складений лише в тому випадку, якщо відомі принципова електрична або еквівалентна схема фільтра, або його параметри (експериментальні).

3 ОПТИЧНИЙ КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ЗЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ ПО КАНАЛУ ПЕМВН

3.1 Переваги волоконно-оптичних ліній зв'язку

При грамотному проектуванні майбутньої системи (цей етап передбачає рішення архітектурних питань, а також вибір відповідного устаткування і способів з'єднання несучих кабелів) та професійному монтажі застосування волоконно-оптичних ліній забезпечує ряд істотних переваг [10]:

- високу пропускну здатність за рахунок високої несучої частоти. Потенційна можливість одного оптичного волокна – кілька терабіт інформації за 1 с;
- волоконно-оптичний кабель відрізняється низьким рівнем шуму, що позитивно позначається на його пропускну здатності і можливості передавати сигнали різної модуляції;
- пожежна безпека (пожежостійкість). На відміну від інших систем зв'язку, ВОЛЗ може використовуватися без будь-яких обмежень на підприємствах підвищеної небезпеки, зокрема на нафтохімічних виробництвах, завдяки відсутності іскроутворення;
- завдяки малому загасанню світлового сигналу оптичні системи можуть об'єднувати робочі ділянки на значних відстанях (більше 100 км) без використання додаткових ретрансляторів (підсилювачів);
- інформаційна безпека. Волоконно-оптична зв'язок забезпечує надійний захист від несанкціонованого доступу і перехоплення конфіденційної інформації. Така здатність оптики пояснюється відсутністю випромінювань в радіодіапазоні, а також високою чутливістю до коливань. У разі спроб прослушки вбудована система контролю може відключити канал і попередити про підозрюваного зломі. Саме тому ВОЛЗ активно використовують сучасні банки, наукові центри, правоохоронні організації та інші структури, що працюють із секретною інформацією;
- висока надійність і завадостійкість системи. Волокно, будучи діелектричним провідником, не чутливо до електромагнітних випромінювань, не боїться окислення і вологи;

- термін служби волоконно-оптичних ліній становить близько чверті століття. Через 25 років безперервного використання в несучій системі збільшується загасання сигналів;

- якщо порівнювати мідний і оптичний кабель, то при одній і тій же пропускної здатності другий буде важити приблизно в чотири рази менше, а його об'єм навіть при використанні захисних оболонки буде менше, ніж у мідного у декілька разів.

3.2 Недоліки волоконно-оптичних ліній зв'язку

Недоліками ВОЛЗ є [10]:

- відносно висока вартість активних елементів ВОЛЗ, що перетворюють електричні сигнали в світло і світло в електричні сигнали;

- відносно висока вартість зварювання оптичних волокон – для цього потрібно прецизійне, а тому дороге, технологічне обладнання. Як наслідок, при обриві оптичного кабелю витрати на відновлення ВОЛЗ вище, ніж при роботі з мідними кабелями;

Переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що, незважаючи на перераховані недоліки оптичного волокна, ці лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації.

3.3 Методи знімання інформації на ВОЛЗ

Основні принципи формування каналів витоку інформації в волоконно-оптичній лінії передачі (ВОЛП) можна розділити на наступні типи:

- пасивні методи (засновані на реєстрації випромінювання з бічної поверхні волокна);

- активні методи (засновані на реєстрації випромінювання через бічну поверхню волокна за допомогою спеціальних засобів);

- компенсаційні методи (засновані на реєстрації виходу випромінювання через бічну поверхню за допомогою спеціальних засобів, з подальшим формуванням випромінювання та введенням його в волокно, що компенсує втрати потужності на виході випромінювання) [12].

Методи першого типу засновані на тому, що навіть в стаціонарному режимі при нормальних умовах невелика частина розсіяного

випромінювання все ж проникає за межі волокна (тобто випромінюється) і може бути каналом витоку інформації. Для несанкціонованого доступу до інформації з використанням таких методів необхідно використовувати місця підвищеного бічного випромінювання, тобто необхідно видаляти випромінювання в місцях вигинів, а також в місцях зварних з'єднань і волоконних з'єднань з підсилювачами. Значна потужність випромінювання спостерігається лише в місцях роз'ємних з'єднань, тобто в комутаційних центрах, що значно ускладнює несанкціонований доступ.

Методи другого типу виводять велику потужність, але відбувається зміна параметрів поширюється хвилі (потік енергії значно падає, виникає відбита хвиля, змінюється модальна структура хвилі), що може привести до виявлення несанкціонованого доступу. Такими методами є, наприклад: механічний вигин волокна, з'єднання фотоприймача зі стяжкою, запресовування зондів в оболонку, безконтактне з'єднання волокна, подрібнення і розчинення оболонки [11].

У методі третього типу, застосовується скритність і ефективність. Їх реалізація досить складна із-за наявності принципових обмежень.

Оскільки вихід випромінювання з бічної поверхні волокна, формування і зворотний вхід хвилі, що компенсує вихідну потужність, повинні здійснюватися з високою ефективністю до одного, однак розподіл параметрів волокна носить імовірнісний характер, що перешкоджає бажаній скритності. Технічна реалізація пристроїв такого роду, що дозволяють на практиці використовувати компенсаторні методи пошуку інформації, в даний час невідома.

3.4 Способи захисту інформації, яка передається через ВОЛЗ

Всі способи захисту інформації в волоконно-оптичній лінії зв'язку можна розділити на дві групи: способи захисту, засновані на прямому приховуванні змісту інформації, і способи захисту інформації від перехоплення, засновані на контролі несанкціонованого доступу до оптичного волокна в волоконно-оптичній лінії зв'язку.

Методи захисту інформації в волоконно-оптичній лінії зв'язку, засновані на прямому приховуванні її змісту, по суті, аналогічні методам захисту інформації, що передається по інших лініях. Вони засновані на

перетворення інформаційних сигналів (як електричних, так і оптичних) або їх параметрів з метою запобігання розтину (витяги) інформаційного вмісту при перехопленні оптичних сигналів від оптичних волокон у волоконно-оптичній лінії зв'язку. Ці методи включають шифрування, маскування і кодування [12].

Типи методів захисту інформації:

- методи кодування від поляризації оптичного носія і окремих фотонів, на принципах квантової криптографії. Досліджуються способи кодування оптичного сигналу на основі фазового зсуву за допомогою інтерферометрів різних типів;

- методи, засновані на маскуванні оптичних сигналів (або їх параметрів), які включають:

- а) способи маскування модового складу оптичного випромінювання;

- б) методи, засновані на використанні спеціальних видів модуляції оптичного носія, наприклад маскування сигналу квантовим шумом;

- в) способи, засновані на введенні в оптичне волокно (оптичні волокна) додаткових шумових оптичних сигналів, ортогональних інформаційному оптичному сигналу [13].

3.5 Захист від підключень до оптичного волокна

Існують основні категорії методів запобігання або мінімізації впливу сторонніх сполук:

- спостереження за кабелем і моніторингу;

- контроль сигналу в безпосередній близькості до волокна.

Виробництво оптоволокон з додатковими волокнами, за якими передається спеціальний сигнал моніторингу.

З допомогою цього методу збільшується вартість кабелю, але будь-яка спроба зігнути кабель викликає втрату сигналу моніторингу, та викликає спрацювання тривоги.

- електричні провідники. Цей метод полягає у інтеграції електричних провідників в кабель, і якщо оболонка кабелю зламана, ємність між електричними провідниками змінюється, і це викликає спрацювання тривоги [10];

- моніторинг потужності мод. Цей метод застосуємо до многорежимному волокну, в якому загасання – це функція від моди, в якому

поширюється світло. Підключення впливає на певні моди, але також впливає на інші моди. Це призводить до перерозподілу енергії від провідних до непроводячих мод, що змінює співвідношення енергії в волоконному сердечнику і його оболонці. Зміни енергії в режимах можуть бути виявлені на приймаючій стороні відповідним виміром, яке буде інформацією для прийняття рішення - чи є підключення до кабелю чи ні;

- вимірювання оптичної потужності. У волокні контролюється моніторинг рівень оптичної значущої потужності. Якщо він відрізняється від встановленого значення, спрацьовує сигнал тривоги. Але для цього методу потрібно відповідне кодування сигналу, так що волокно має постійний рівень сигналу, незалежний від наявності переданої інформації [10].

- оптичний рефлектометр. З огляду на те що з'єднання волокна приймає частина оптичного сигналу, оптично рефлектометри використані для того щоб виявити з'єднання. З їх допомогою можна встановити відстань по трасі, по якій відбувається падіння рівня сигналу, принцип роботи рефлектометра представлена на рисунку 3.1 [10].

Оптичний рефлектометр – пристрій для вимірювання параметрів волоконно-оптичних ліній передачі (ВОЛП).

Принцип роботи приладу заснований на аналізі відбитих оптичних імпульсів, випромінюваних рефлектометром в волокно. Вимірювання за допомогою оптичного рефлектометра засноване на явищі зворотного розсіювання світла в волокні і на відбитті світла від стрибків показника заломлення. Імпульси світла, що поширюються вздовж лінії, відчують відображення і загасання на неоднорідностях лінії і за рахунок поглинання в середовищі. Оптичний імпульс вводиться в волокно через спрямований відгалужувач. Цей імпульс поширюється по волокну і послаблюється відповідно до коефіцієнта загасання волокна. Частина оптичної потужності розсіюється, і в результаті назад розсіяне випромінювання через спрямований відгалужувач потрапляє на фотодетектор, перетворюється в електричний сигнал, посилюється, обробляється і результат виводиться.

За отриманими даними формується характеристика, звана рефлектограммой. Аналіз перевернутих отриманих імпульсів дозволяє визначити довжину волоконно-оптичної лінії, загасання сигналу, в тому числі втрати на роз'ємів і з'єднувачів, відстань до місць неоднорідностей

волокон, з допомогою цих даних можна знайти місце, де сталося несанкціоноване підключення до оптичному волокну.



Рисунок 3.1 – Пошук підключення на оптичній трасі за допомогою оптичного рефлектометра

3.6 Захист від з'єднання за допомогою шифрування

Шифрування ніяк захищає волокно від приєднання, воно робить так, що отримана інформація стає марною для злоумисників. Шифрування зазвичай класифікується за рівнями 2 і 3:

- шифрування третього рівня. Прикладом шифрування третього рівня є протокол IPsec. Він реалізований на стороні користувача, тому він викликає деякі затримки обробки. Протокол піднімається на початку сесії, і загальна реалізація може бути дуже складною, якщо задіяно велику кількість мережевих елементів;

- шифрування другого рівня. Шифрування другого рівня звільняє елементи третього рівня від будь-якого тягара шифрування інформації. Одним з можливих джерел шифрування другого рівня є оптичне одномодове поділ множинного доступу (CDMA eng. Code Division Multiple Access), який вважається відносно безпечним. Це припущення в основному базується на методах декодування грубою силою і пропускає більш просунуті методи.

Ймовірність успішного захоплення даних є функцією декількох параметрів, включаючи відношення сигнал/шум і фрагментацію доступної ємності системи.

Збільшення складності коду збільшує відношення сигнал шум, необхідну для зловмисника щоб «зламати» кодування всього лише на декілька децибел, у той час як обробка менш ніж 100 біт з боку зловмисника може зменшити відношення сигнал/шум на 12 дБ.

Перестрибування по довжинах хвиль і розподіл сигналу в часі зокрема, і використання множинного доступу з кодовим поділом (CDMA) в загальному, забезпечують достатній рівень секретності, але він високо залежить від системного дизайну і параметрів реалізації [11].

3.7 Висновки по розділу

Волоконно-оптичний зв'язок являє собою досить відчутну загрозу інтересам національної безпеки, фінансовим інститутам, особистому житті і свободам. Після підключення, отримана інформація може бути використана різними способами в залежності від мотивації і технічних можливостей зловмисника. Крім отримання інформації від оптичного волокна, існує ряд прийомів, які дозволяють вставляти в нього інформацію, як у випадку поділу на неоднорідні хвилі, так і домогтися заклинювання або набивання невірної інформації. Удавана легкість прослуховування fiber вимагає певних запобіжних заходів.

Всі перераховані вище методи захисту і їх комбінації можуть забезпечувати безпеку інформації лише в рамках відомих моделей НСД.

Згодом зловмисник зможе освоїти нові методи перехоплення, потрібно буде доповнити захист, що не характерно для криптографічних методів захисту, які розраховуються на тривалий час.

4 ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОАКСІАЛЬНОЇ ЛІНІЇ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ COMPUTER SIMULATION TECHNOLOGY STUDIO SUITE

4.1 Опис програмного продукту

Computer simulation technology (CST) studio suite – інтегрована середовище проектування, надає користувачеві доступ до широкого набору обчислювальних технологій і поєднує засоби аналізу схем і мультифізичних ефектів [24].

CST Studio Suite використовується інженерами і розробниками для вирішення спектру задач моделювання та оптимізації електромагнітних систем. Обчислювальні модулі, тісно пов'язані один з одним, покривають широкий діапазон частот і розмірів досліджуваної моделі, що разом зі спеціалізованими технологіями моделювання допомагає аналізувати, як процеси в друкованих платах і кабельних системах, так і всередині прискорювальних модулів.

Всі обчислення для електромагнітних полів розраховуються на основі рівнянь Максвелла, що дає можливість точно та ефективно розрахувати структуру і виконати поперечний розріз поля, визначити коефіцієнт бігучої хвилі та коефіцієнт стоячої хвилі, інтенсивність консервативного поля і поля в далекій зоні, а так само діаграми спрямованості випромінювача.

У продукті міститься широкий набір інструментів для низькочастотного і високочастотного моделювання, що дозволяє вирішувати задачі аналізу паразитних процесів в кабелях і друкованих платах, дослідити динаміку заряджених частинок, виконувати точну оцінку електромагнітної сумісності (ЕМС), аналіз цілісності сигналів, оптимізацію та налаштування антенних систем, фільтрів і інших пристроїв, що працюють у понад високому діапазоні частот. Використовується автоматична зв'язок різних обчислювальних модулів, що помітно розширює можливості класичного моделювання електромагнітного поля.

4.2 Побудова моделі коаксіальної лінії

Для того, щоб побудувати модель коаксіальної лінії, необхідно, після запуску програмного продукту, вибрати File – New and recent і натиснути на іконку вибору напрямку побудови – New template.

Далі відкривається віконце з кружечком для вибору напрямку побудови.

В даному колі, для побудови заданої моделі потрібно натиснути на правий верхній підрозділ – MF & RF & Optikal і праворуч з'являється підрозділ, з робочими областями. Необхідно в даному переліку вибрати Circuit & Components і натиснути Next.

У вікні з переліку потрібно вибрати Coaxial connectors і натиснути Next. У вікні з рекомендованих решателів вибирається Time domain – Next. Далі вказуються розмірність розрахункових величин – частоту необхідно вибирати в мега Герці, розрахунковий простір - в міліметрах.

У віконці, яке наведено на рисунку 4.1, задаються частоти і необхідні візуальні екрани. Потім вводиться назва моделі і завершується преднастройка кнопкою Finish.

На рисунку 4.2 наведено вікно побудови моделі.

У меню Modeling виїться пункт Cylinder і натискаємо на Esc на клавіатурі і викликається вікно для введення параметрів. На рисунку 4.3 показано дане вікно з введеними в нього параметрами.

Далі необхідно побудувати діелектрик. Будується таким же способом, як і центральна жила. Відмінність полягає в:

- outer radius дорівнює приватному 2.95 на 2 ;
- inner radius дорівнює приватному 0.85 на 2 ;
- матеріал вибирається з діелектричної проникністю рівною 2.1 . В даному випадку використовується фторопласт.

Наступним етапом побудови кабелю є укладення даної конструкції в металеву оболонку (фольгу), для коректного відображення електричного поля в кабелі. Для цього необхідно на вкладці Modelling натиснути на випадаючий список іконки Picks і вибрати із запропонованих варіантів Pick face. Далі подвійним кліком вибирається зовнішня поверхня діелектрика і вибирається з панелі інструментів Extrusions. В меню задається матеріал фольги, в даному випадку метал.

Please select the Settings

Frequency Min.: MHz

Frequency Max.: MHz

Monitors: E-field H-field Farfield Power flow Power loss

Define at MHz
 Use semicolon as a separator to specify multiple values.
 e.g. 20;30;30.1;30.2;30.3

Рисунок 4.1 – Вхідні дані

Для того, щоб кабель зробив необхідно додати порти. У зв'язку з цим необхідно виділити поверхню початку кабелю і в меню Simulation вибирається Waveguide Port і натискається пункт ок. Таким же способом необхідно встановити і другий порт на закінчення кабелю.

На даному етапі коаксіальний кабель побудований, залишилося тільки запустити на розрахунок і подивитися результати отриманого електричного поля. Запускається розрахунок на вкладці Simulation кнопкою Setup solver і в меню, що з'явилось вибирається іконка start.

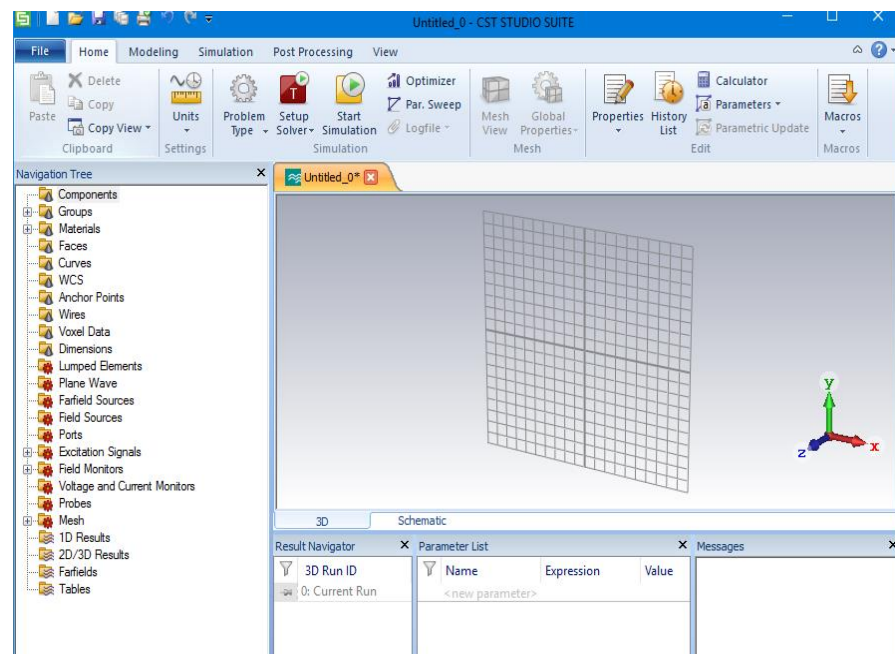


Рисунок 4.2 – Вид вікна для побудови моделі

В результаті була отримана модель кабелю, представлена на рисунку 4.4, А її електричний розподіл поля показано на рисунку 4.5.

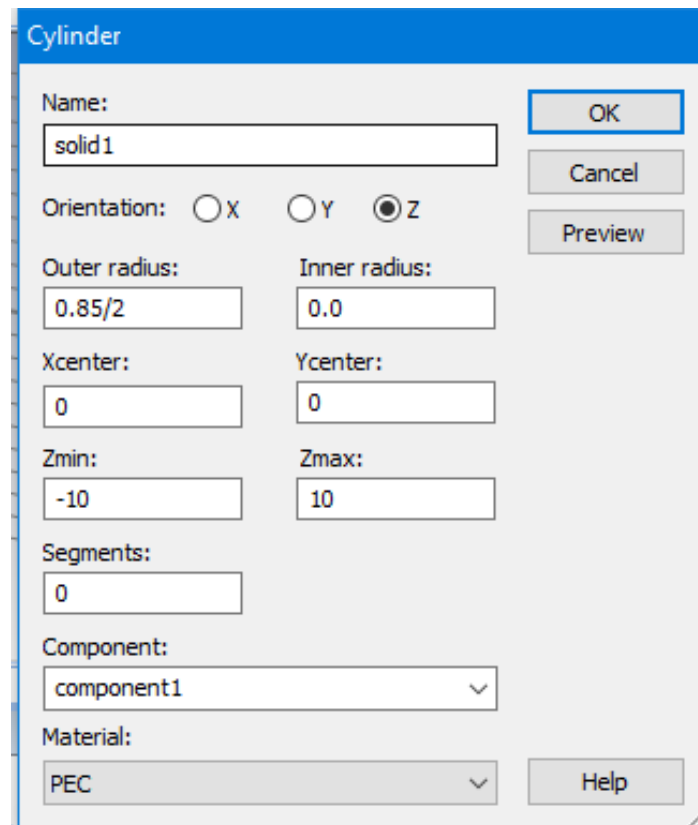


Рисунок 4.3 – Параметри центральної жили коаксіального кабелю

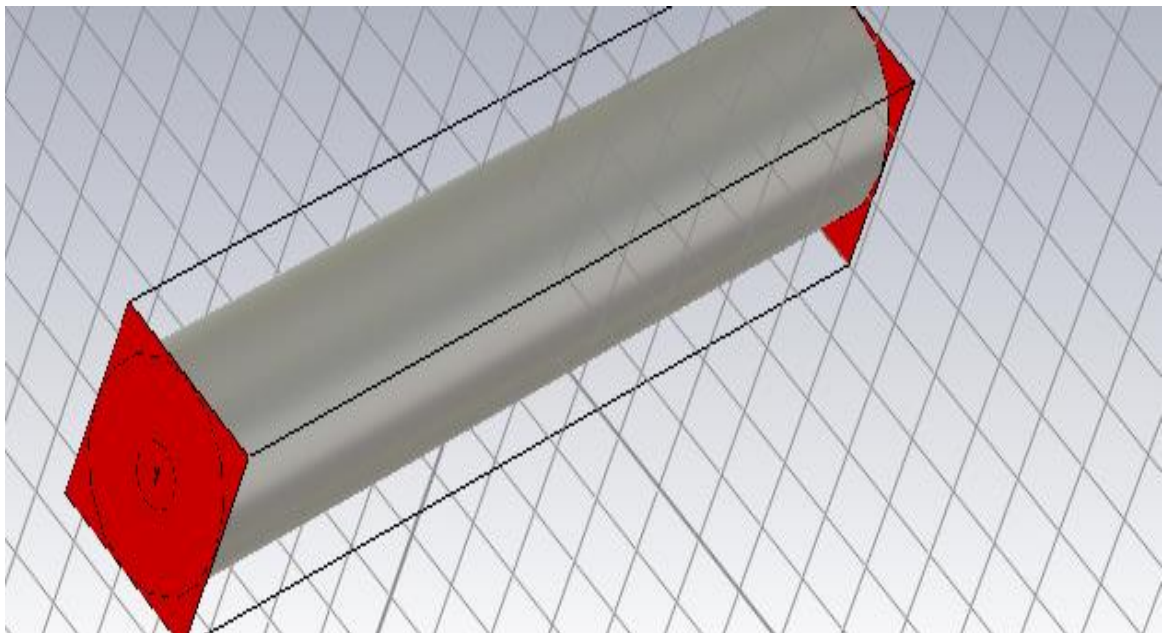


Рисунок 4.4 – Вид побудованої моделі коаксіального кабелю

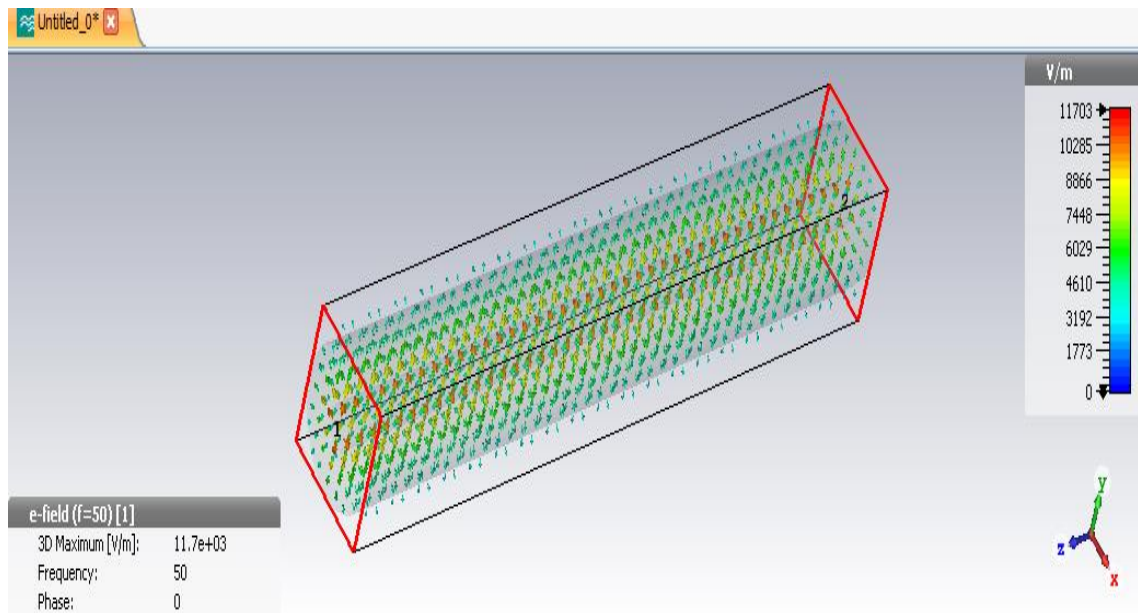


Рисунок 4.5 – Розподіл електричного поля у змодельованому коаксіальному кабелі

4.3 Доповнення моделі необхідними елементами для дослідження електростатичного екранування

Для того, щоб можна було досліджувати зовнішнє вплив електростатичного поля на коаксіальний кабель, а зокрема ефективність екранування від розглянутих небажаних перешкод, необхідно перейти в іншу область дослідження, де знаходяться параметри для розрахунку і сам вирішувач електростатичного поля.

У зв'язку з цим потрібно на вкладці Home з випадаючого списку пункту меню Problem type вибрати Particle – Tracking і з випадаючого меню поруч стоїть іконки вибрати E-Static solver.

Модель доповнюється електростатичним екраном, який виконаний з мідної намотаної спірально обплетення.

Для побудови такої обплетення необхідно скористатися Macros, який знаходиться на цій же вкладці, що і зміна області дослідження. З випадаючого списку потрібно вибрати Construct – Coils – 3D linear helical spiral.

У меню вводяться значення показані на рисунку 4.6.

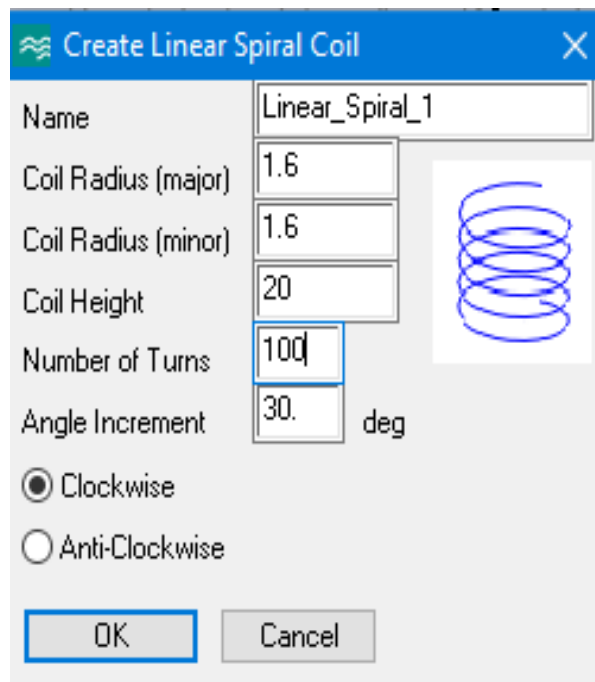


Рисунок 4.6 – Вид вікна налаштування параметрів спіралі

Далі необхідно зробити дану спіраль об'ємною. Для цього переноситься початок координат на початок спіралі. Здійснюється дана операція на вкладці Simulation вибором Pick points – Pick end points з подальшою установкою точки на початку спіралі. Щоб перенести початок координат в дану точку використовують на тій же вкладці пункт меню Align WCS. З випадаючого списку вибирається параметр Align WCS with selected point.

Наступним етапом створення об'ємної спіралі необхідно вибрати з випадаючого списку пункту меню Curves параметр Circle. Він і створює новий параметр, що відповідає за товщину спіралі. Нехай даний параметр буде називатися rCircHel. Його характеристики рівні:

- expression дорівнює 0.06 мм;
- type вибирається як lieght.

У пункт меню радіуса Circle записується параметр rCircHel.

Остаточний етап створення об'ємної спіралі полягає в об'єднання спіралі і параметра розглянутого вище. Користуються також вкладкою Curves, але параметром Sweep Curve. Тепер вибирається Circle подвійним кліком і клавішею enter і сама спіраль. Після чого запускається вікно параметрів і завершується кнопкою ок.

У підсумку вийшла модель, отримана на рисунку 4.7.

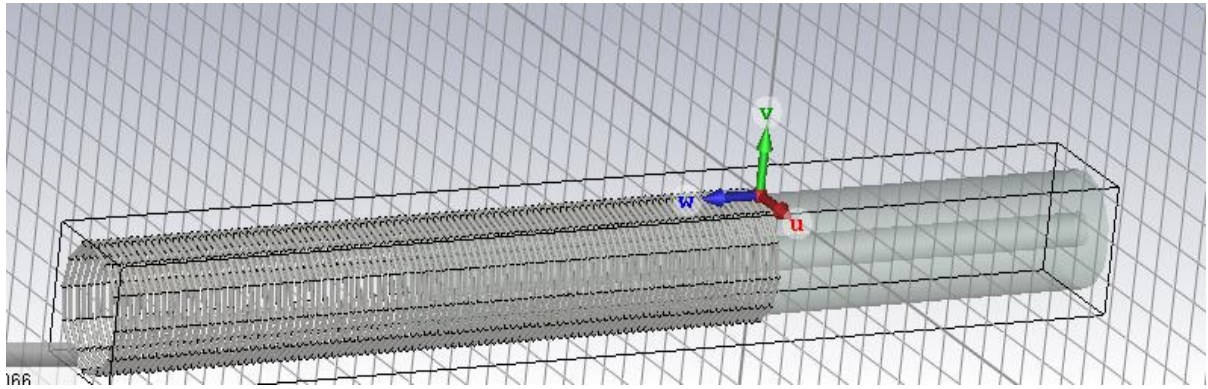


Рисунок4.7 – Отримана модель разом зі спіраллю

Далі потрібно зрушити побудовану спіраль по осі $W(Z)$ на мінус 10 мм. Для цього існує опція Transform, яка викликається натисканням правою кнопкою миші по даному об'єкту. У меню залишається все без зміни, крім пункту W , де вводиться мінус десять і завершується зрушення спіралі кнопкою ок.

Отримана модель наведена на рисунку4.8.

Потрібно задати оплітці необхідний матеріал. Дана властивість задається в контекстному меню даного об'єкта таким параметром як Change material and color.

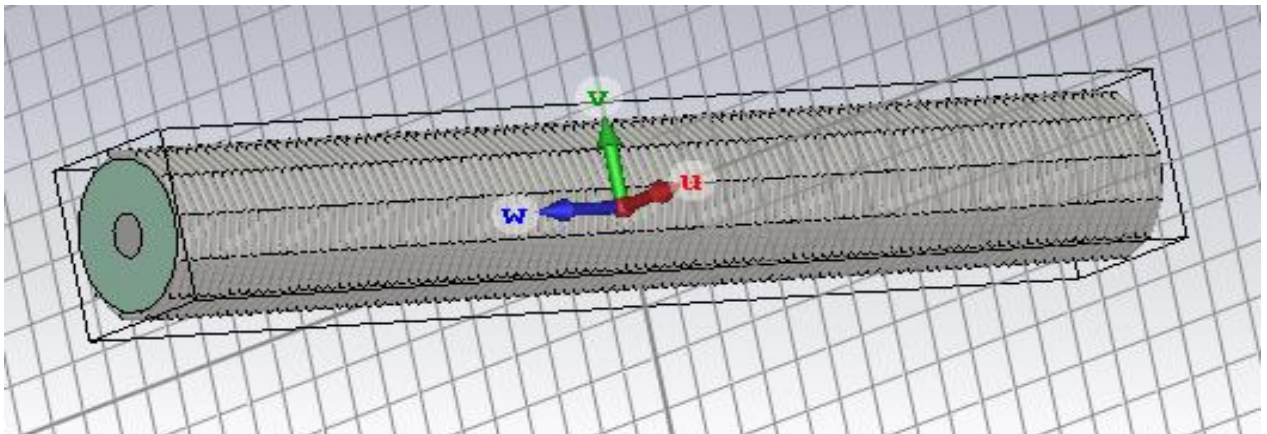


Рисунок4.8 – Модель коаксіального кабелю з опліткою

На даному етапі проектування залишилося додати металеву заряджену поверхню. Дана поверхня була задана тонким прямокутником, з параметрами, наведеними на рисунку 4.9.

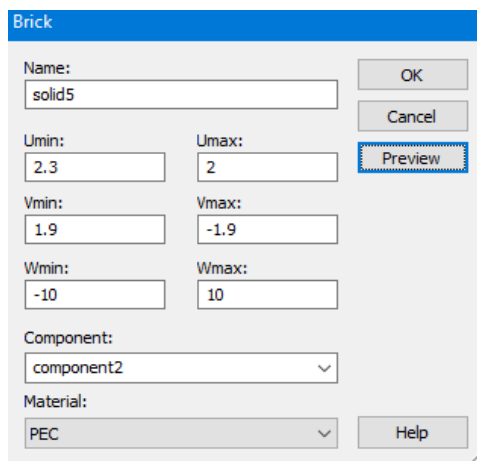


Рисунок4.9 – Параметри пластини наводять небажані заряди

Отримана модель наведена на рисунку4.10.

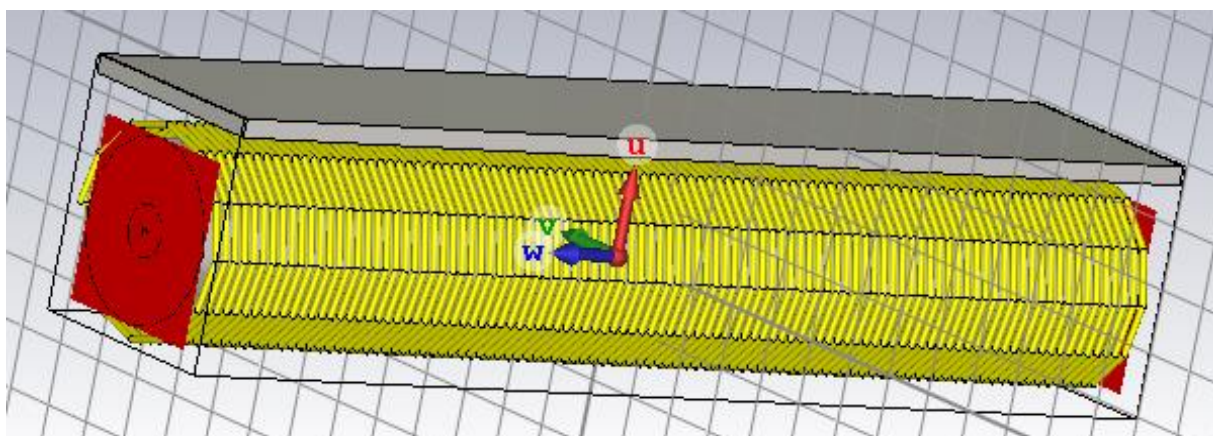


Рисунок4.10 – Повністю побудована модель

4.4 Введення граничних умов

Для того, щоб можна було спостерігати поле розподілу заряду, необхідно задати граничні значення.

Для цього необхідно розрізати побудовану модель, для кращої наочності. Розрізання виконується на вкладці Modeling властивістю Cutting plane. Розріз виконаний модель уздовж моделі. Вид розрізаної моделі представлений на рисунку 4.11.

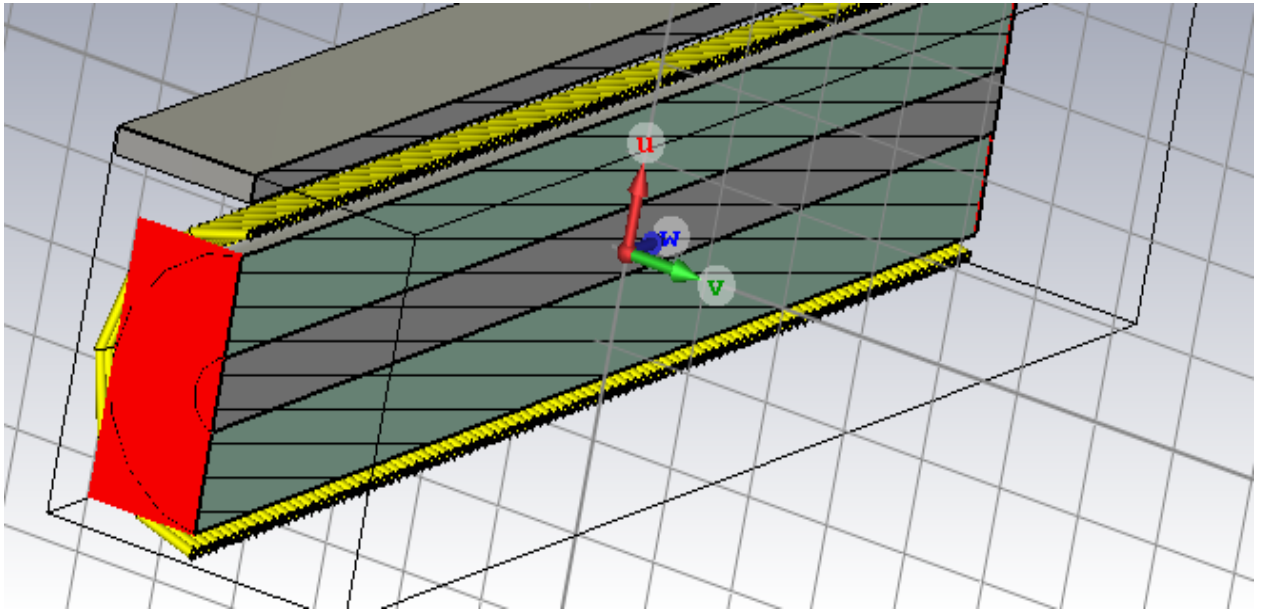


Рисунок4.11 –Зображення розрізаної моделі

Далі необхідно задати електричне поле пластині, яка вносить паразитні заряди. Для цього потрібно перейти на вкладку Simulation і вибрати параметр Electric charge on PEC, потім у властивості Charge value ввести нуль цілих одну стотисячну і натиснути ок.

Далі будуватися сітка. Ця сітка також знаходиться на вкладці Simulation необхідно натиснути на випадаючий список елемента Global properties і на параметр Tetrahedral. У віконці натискається іконка-Update.

Наступним етапом задають параметри простору навколо моделі. Дані параметри знаходяться на вкладці Simulation у властивості Boundaries. На рисунку4.12 Показані введені властивості даних параметрів і змінений простір навколо моделі.

І закінчується розмітка граничних параметрів на наступній вкладці даного параметра-Symmetry planes. На рисунку4.13 показані введені властивості і змінені поля для відображення результату.

Далі необхідно оновити сітку побудови, таким же шляхом, як раніше розглянуто. На рисунку4.14 наведена побудована кінцева сітка.

І тепер вже можна запускати дану модель на розрахунок електростатичного поля. Розрахунок запускається аналогічно розрахунку коаксіального кабелю, тільки на вкладці Simulation замість кнопки Setup solver Time domain розташована кнопка Setup solver Electro-static. У меню активується кнопка start.

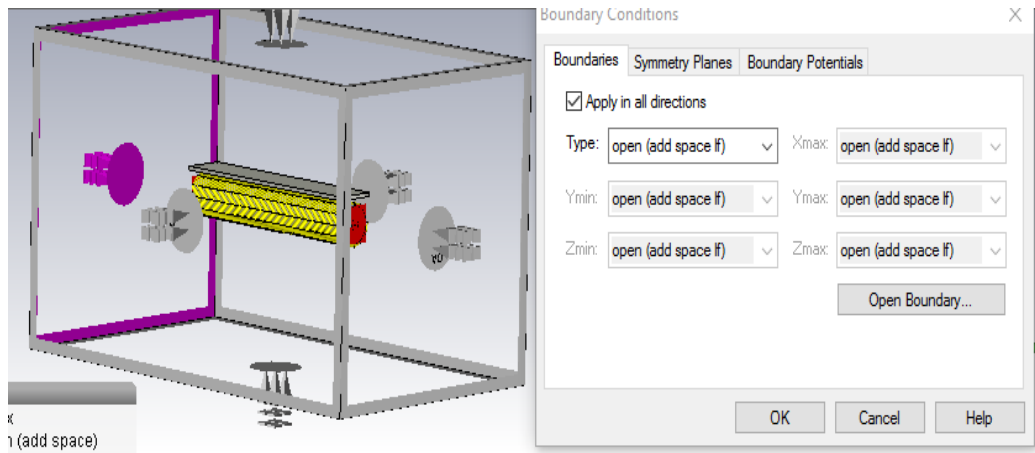


Рисунок 4.12 – Параметри простору навколо моделі

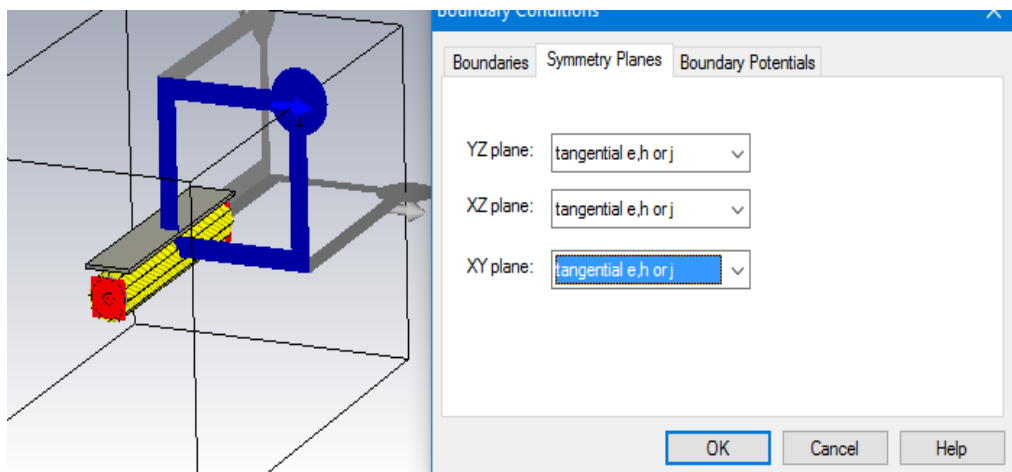


Рисунок 4.13 – Вибір симетричних площин для кращої наочності

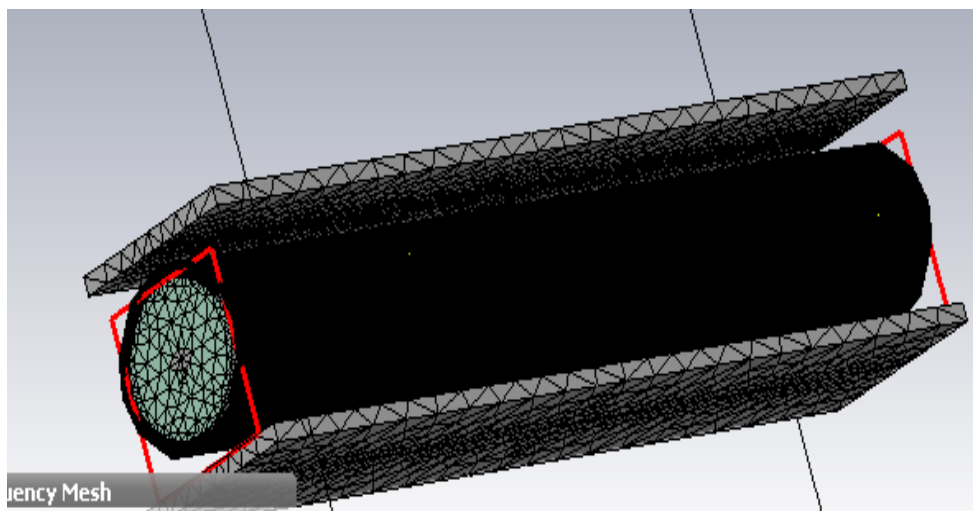


Рисунок 4.14 – Вид побудованої сітки даної моделі

У підсумку після моделювання видно, що все електричне поле зосереджено на облєтєннї і далї воно не проходить. Рисунок 4.15 є тому пїдтвердженням. Також був отриманий графїк поверхневого їмпєдансу мїдї в залежностї вїд частоти, який наведено на рисунку 4.16.

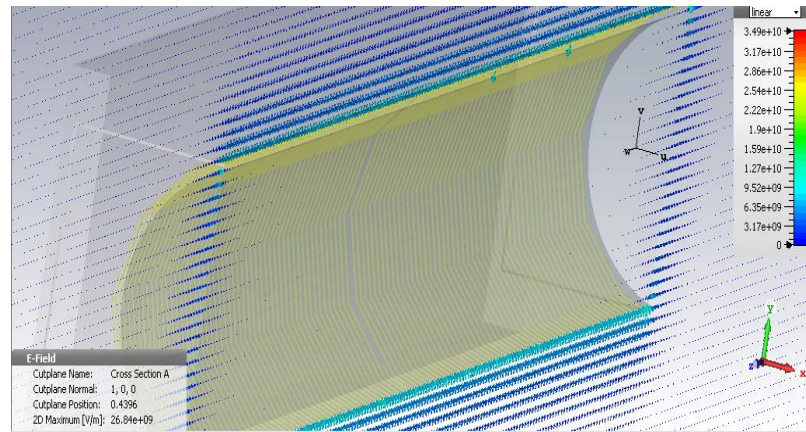


Рисунок 4.15–Розподїл наведеного електричного поля на облєтєннї

Поверхневий їмпєданс – найбільш важлива фїзична характеристика конструкцїйного матерїалу. Вїн характеризує взаємодїю електромагнїтних полїв з металевими поверхнями, залежить не тїльки вїд фїзичних і хїмїчних властивостей вихїдного металу, але й вїд технологїї його обробки.

Загальний сенс поверхневого їмпєдансу полягає в тому, що електромагнїтнї хвилї загасають, проникаючи вглиб провїдника. Це вїдбувається через виникнення вихрових струмїв при поширеннї електромагнїтної хвилї в провїдному середовищї (частина електромагнїтної енергїї перетворюється в теплоту).

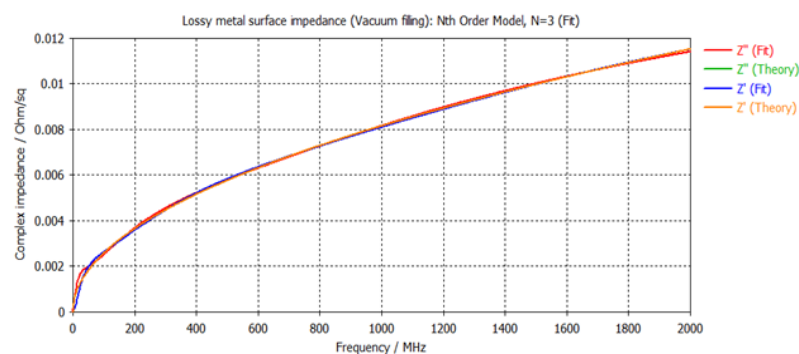


Рисунок 4.16 – Графїк залежностї поверхневого їмпєдансу мїдї вїд частоти

4.5 Дослідження побудованої моделі

4.5.1 Дослідження залежності проникнення електричного поля від кількості витків обплетення

Був змодельований кабель, що має в своєму складі оплетку, що складається зі ста витків. І був приведений її графік розподілу електричного поля. Тепер будемо зменшувати кількість витків, і спостерігати за зміною проникнення електричного поля всередину захищеного об'єкта.

Для початку змінимо кількість витків в обплетенні, на даний момент їх кількість становитиме 75 штук. Як можна помітити з рисунка 4.17 має місце вплив статичної електрики на кабель – така оплетка погано стримує небажані заряди і деякі з них проникають в нашу систему. Також на рисунку 4.18 наведені потенціали розподілу між зарядженою пластиною і кабелем лежачим поруч.

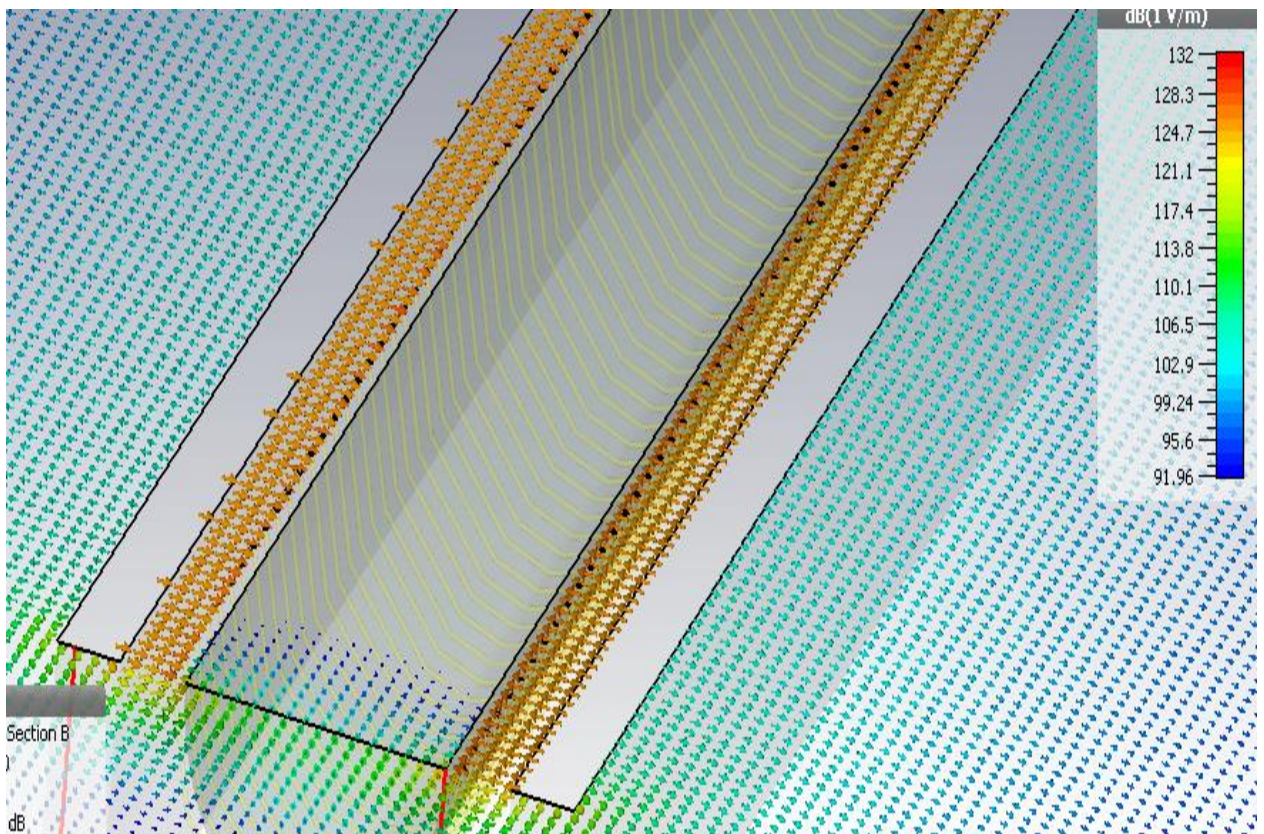


Рисунок 4.17 – Електростатичний розподіл зарядів при 75 витках обплетення

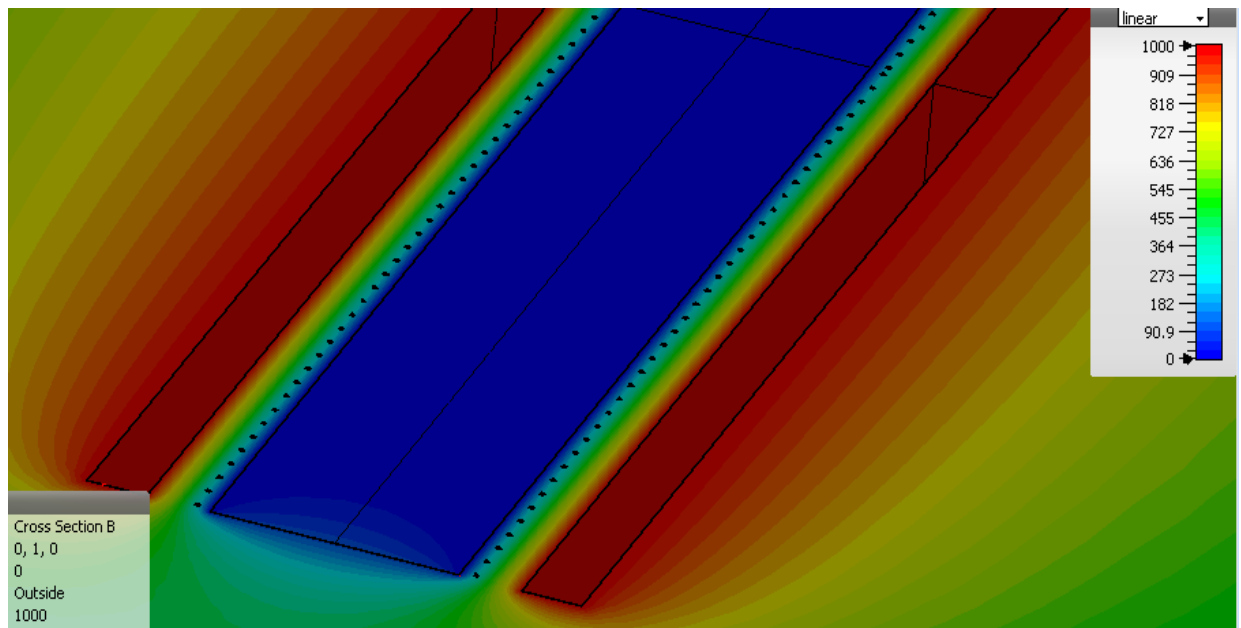


Рисунок 4.18 – Електричні потенціали між зарядженими пластинами і кабелем

Наступним етапом дослідження моделі буде зміна кількості витків на фіксованій довжині кабелю до п'ятдесяти. Наочно буде показано розподіл електростатичних зарядів від пластини до кабелю.

З рисунка 4.19 видно, що таке міжвиткове відстань не допустимо, тому що майже все поле проходить крізь наш електростатичний екран.

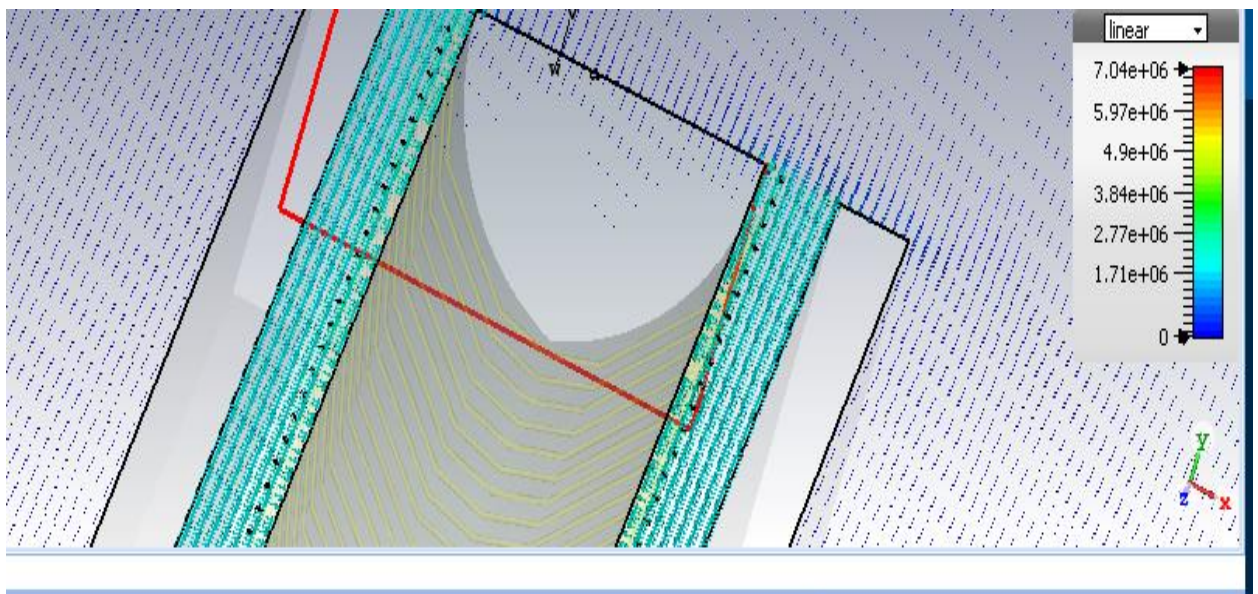


Рисунок 4.19 – Електростатичний розподіл зарядів при 50 витках обплетення

На рисунку 4.20 наведені електричні потенціали які були отримані в результаті моделювання.

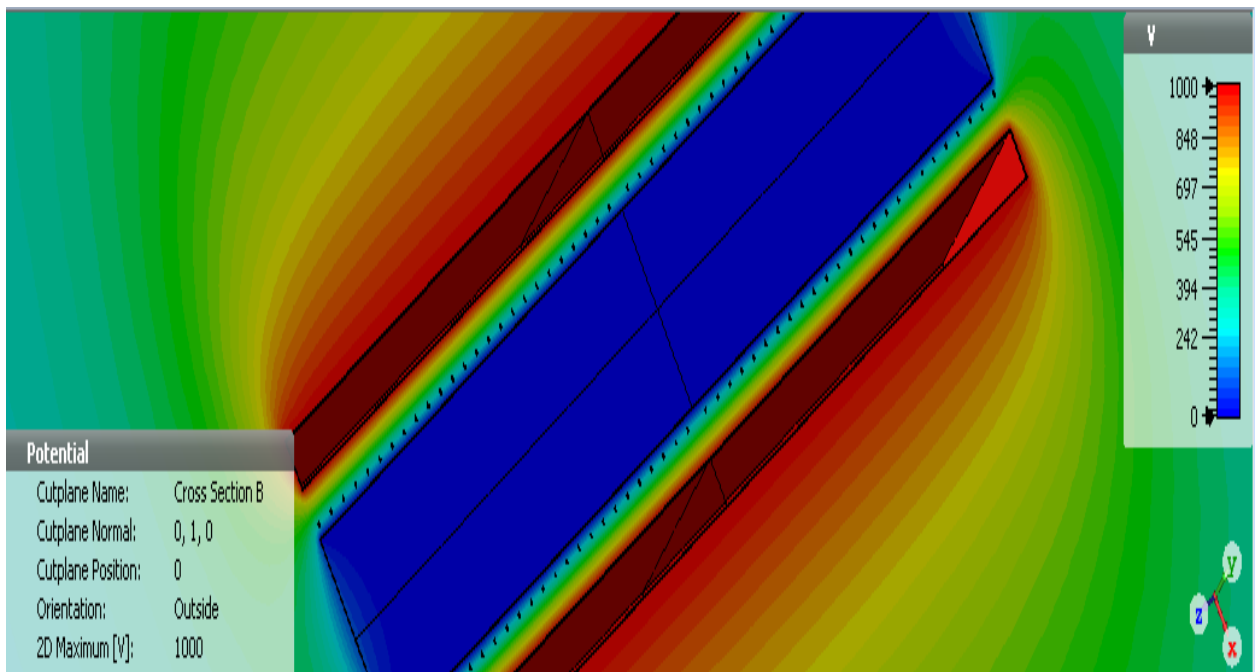


Рисунок 4.20 – Електричні потенціали між зарядженими пластинами і кабелем з 50 витками обплетення

4.5.2 Дослідження проникнення електричного поля всередину захищається області в залежності від матеріалу обплетення

Для початку необхідно повернути вихідну кількість витків (сто). Змінимо використовуваний ранне матеріал обплетення, в даному випадку мідь на інший метал.

Перший був використаний алюміній. На рисунку 4.21 показаний поверхневий імпеданс даного матеріалу. При порівнянні його з поверхневим імпедансом міді можна помітити що отримані значення імпедансу алюмінію вище, ніж у міді – це характеризує більшу ефективність застосування даного матеріалу в екрануванні. Також цей висновок підтверджується і рисунком 4.22, на якому показано розподіл потенціалів.

Далі застосували срібло. На рисунку 4.23 показаний графік залежності поверхневого імпедансу даного матеріалу від частоти. Цей матеріал має значення нижче, ніж у міді, тому даний матеріал недоцільно застосовувати для екранування. Розподіл потенціалів наведено на рисунку 4.24. З даного

малюнка також видно, що електричні заряди проникають в міжвитковий простір.

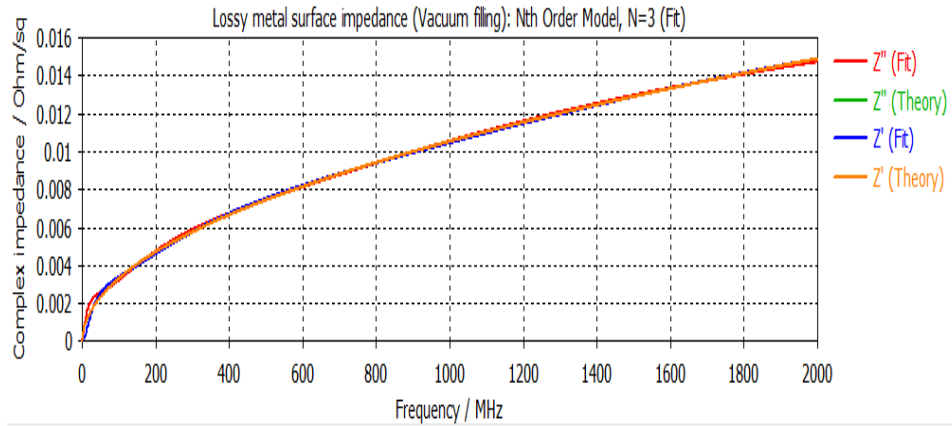


Рисунок 4.21 – Поверхневий імпеданс алюмінію

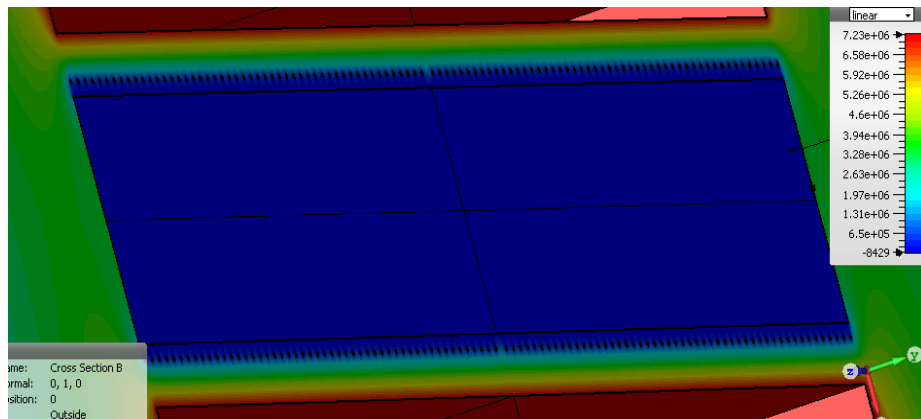


Рисунок 4.22 – Розподіл потенціалів після застосування алюмінію в обплетенні

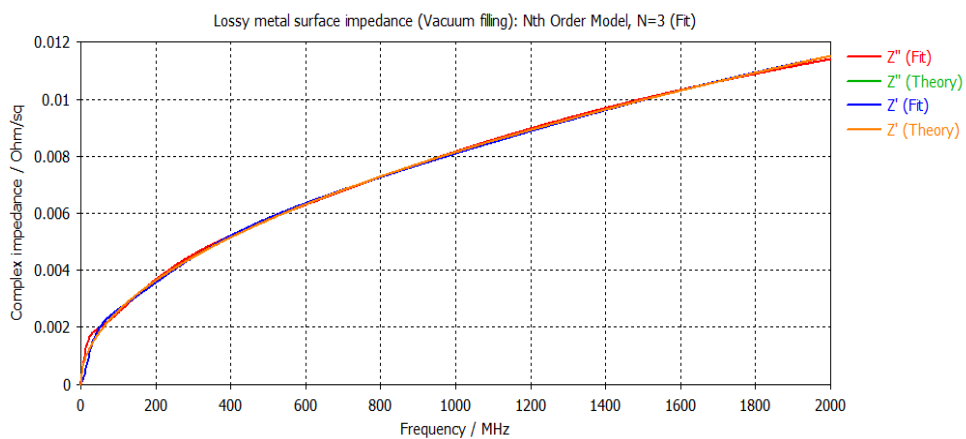


Рисунок 4.23 – Значення поверхневого імпедансу срібла

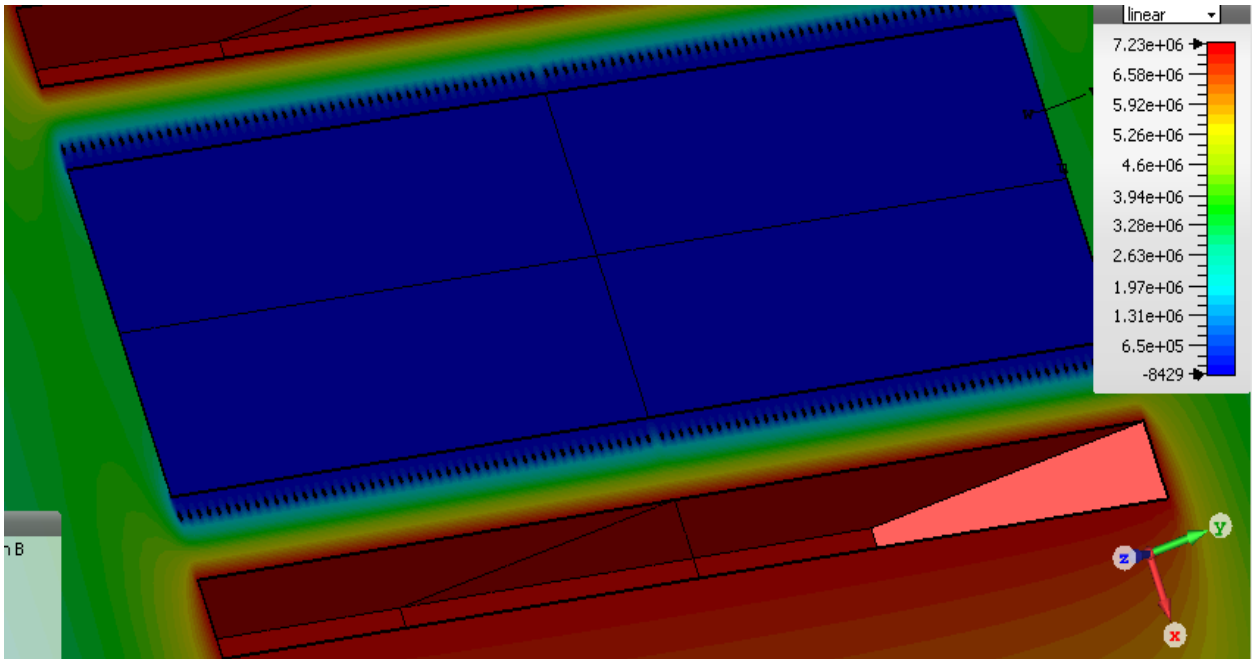


Рисунок 4.24 – Розподіл потенціалів при використанні срібла

Також було використано золото в дослідженні матеріалів на ефективність екранування. За розподілом потенціалів, представлених на рисунку 4.25 можна помітити, що даний матеріал показав себе ще гірше, ніж срібло. А поверхневий імпеданс представлений на рисунку 4.26 майже такий самий. На низьких частотах у золота краще дана властивість, а на високих – у срібла.

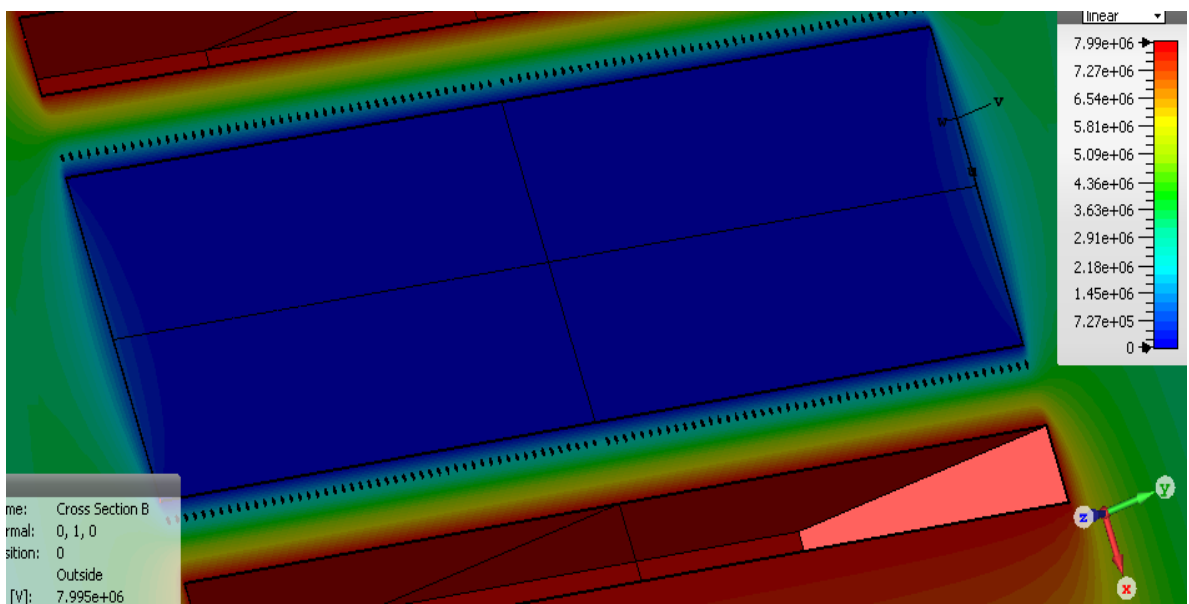


Рисунок 4.25 – Розподіл потенціалів при використанні золота

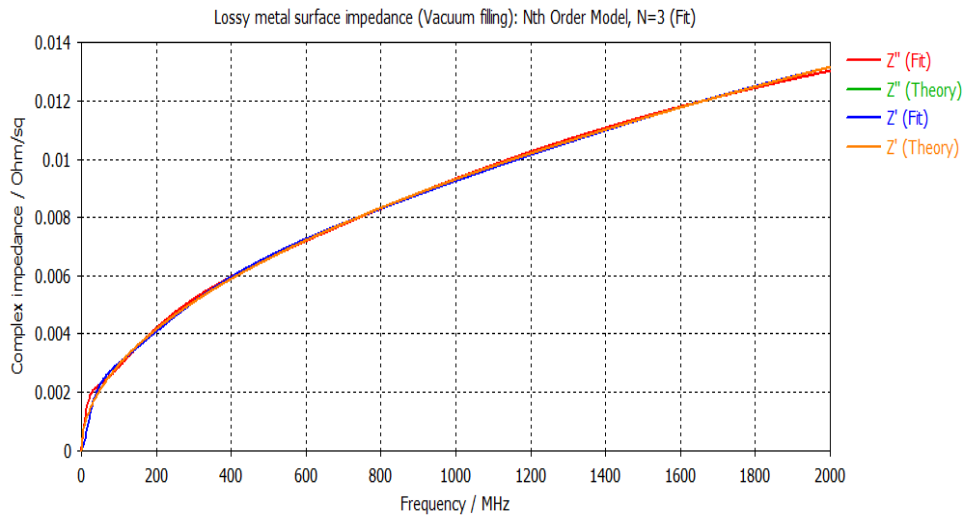


Рисунок4.26 – Значення поверхневого імпедансу золота

4.6 Електромагнітне екранування

Здійснюється дана операція також, як і для електростатичного екранування, різниця буде на вкладці Simulation, треба вибрати Pickpoints–Pickcirclecenter. Вибираємо спочатку один кінець плеча, потім назад вибирається Pickcirclecenter і натискаємо на протилежні кінець 2го плеча. Потім вибирається Discreteport. І натискається на ок. У підсумку була отримана модель коаксіального кабелю з електричним полем і спіраллю представлена на рисунку4.27.

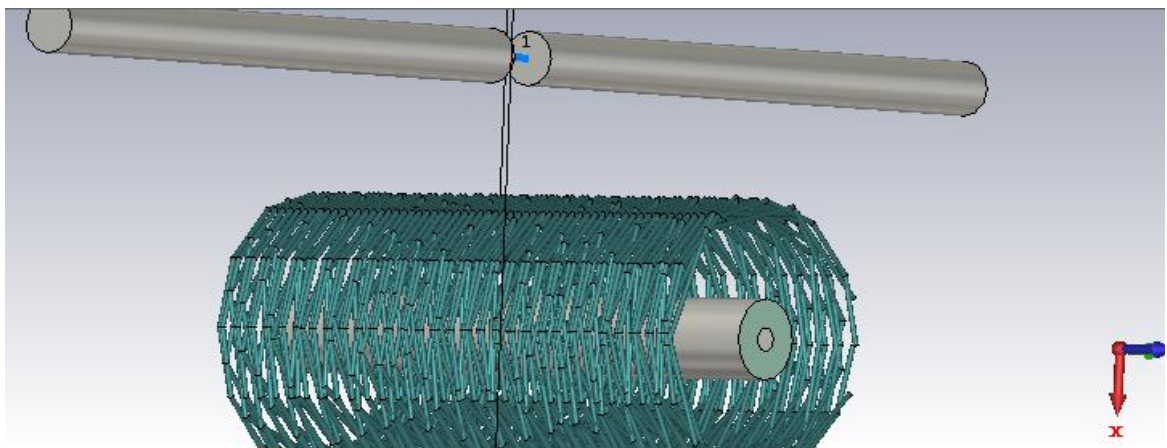


Рисунок4.27 – Готова модель

4.7 Введення граничних умов

Для того, щоб можна було спостерігати розподілу електромагнітного поля, необхідно задати граничні значення.

Разрежем нашу модель, для кращої наочності. Розрізання виконується на вкладці Modelingсвойством Cuttingplane. Разрежем побудовану модель уздовж. Вид розрізаної моделі представлений на рисунку4.28.

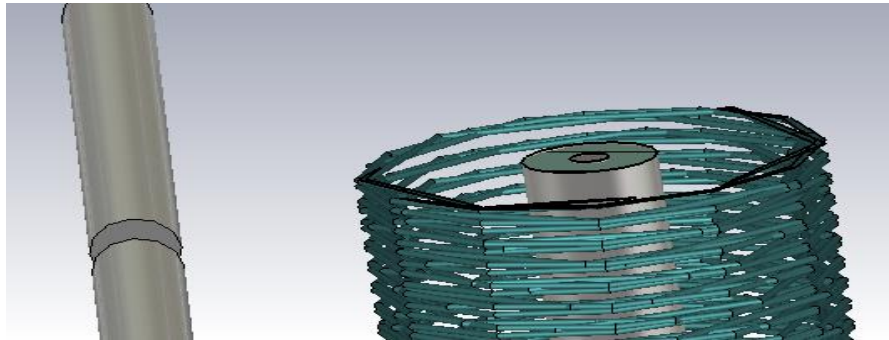


Рисунок4.28 – Зображення розрізаної моделі

Далі необхідно побудувати сітку. Дана сітка також перебувати на вкладці Simulation необхідно натиснути на випадаючий список елемента Globalproperty на параметр Tetrahedral. У віконці натискаємо на Update.

Наступним етапом задають параметри простору навколо моделі. Дані параметри знаходяться на вкладці Simulation у властивості Boundaries. На рисунку4.30 показані введені властивості даних параметрів і змінений простір навколо моделі. Далі необхідно оновити сітку побудови.

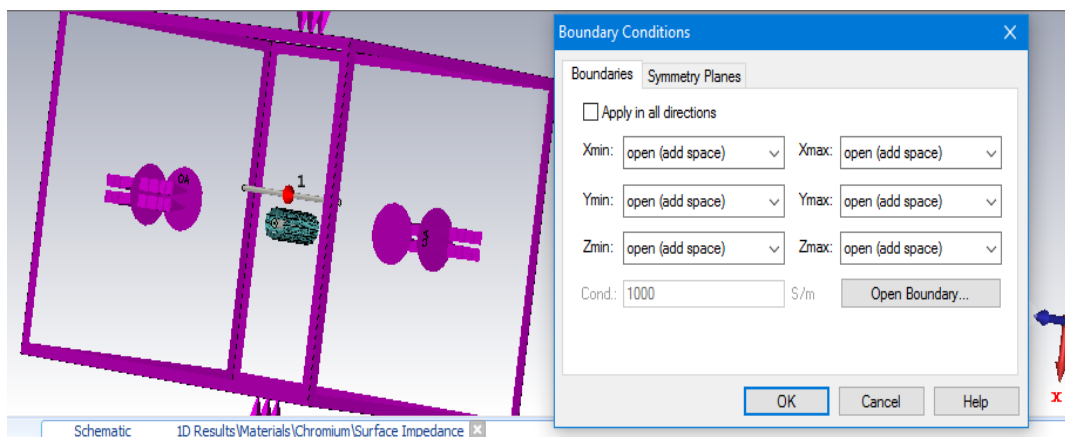


Рисунок4.30 – Параметри простору навколо моделі

І тепер вже можна запускати дану модель на розрахунок електромагнітного поля. Розрахунок запускається аналогічно розрахунку коаксіального кабелю.

У підсумку після моделювання видно, що все електричне поле зосереджено на обплетенні і далі воно не проходить. Рисунок 4.31 є тому підтвердженням. Також був отриманий графік поверхневого імпедансу міді в залежності від частоти, який наведено на рисунку 4.32.

Поверхневий імпеданс – найбільш важлива фізична характеристика конструкційного матеріалу. Він характеризує взаємодію електромагнітних полів з металевими поверхнями, залежить не тільки від фізичних і хімічних властивостей вихідного металу, але й від технології його обробки.

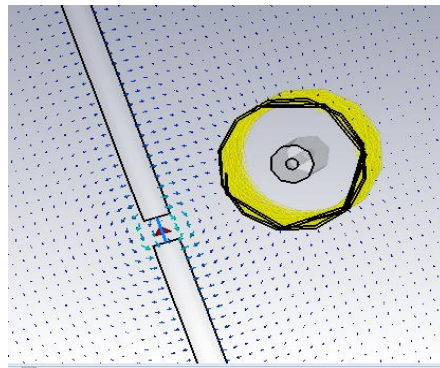


Рисунок 4.31 – Розподіл наведеного електричного поля на оплітці

Загальний сенс в тому, що електромагнітні хвилі загасають, проникаючи вглиб провідника. Це відбувається через виникнення вихрових струмів при поширенні електромагнітної хвилі в провідному середовищі (частина електромагнітної енергії перетворюється в тепло).

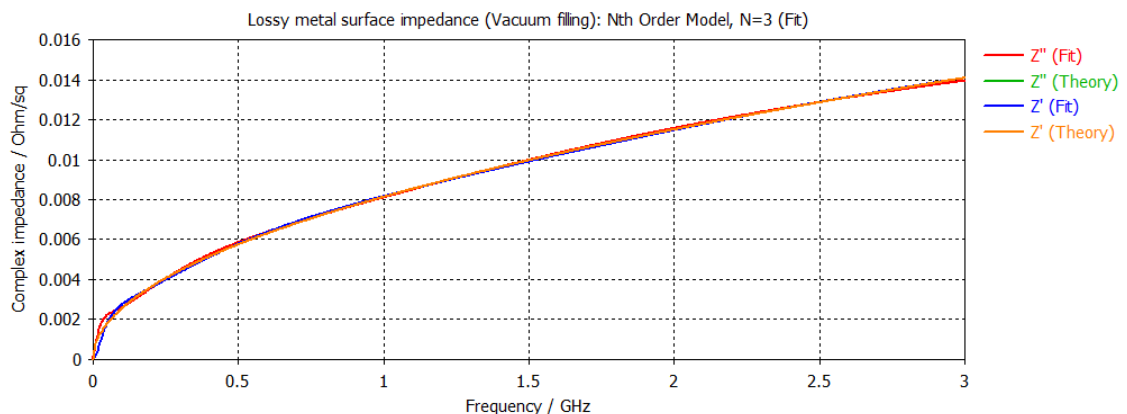


Рисунок 4.32 – Графік залежності поверхневого імпедансу міді від частоти

4.8 Дослідження побудованої моделі

4.8.1 Дослідження залежності проникнення електричного поля від кількості витків обплетення і розташування кабелю

Змодельований кабель має в своєму складі оплетку, що складається з шістдесяти п'яти витків. Даний кабель наведено на відстані 5 мм від джерела випромінювання електромагнітних хвиль.

На рисунку 4.33 наведено поле електричне при 57 витках обплетення, що знаходиться на відстані 5 мм від джерела випромінювання.

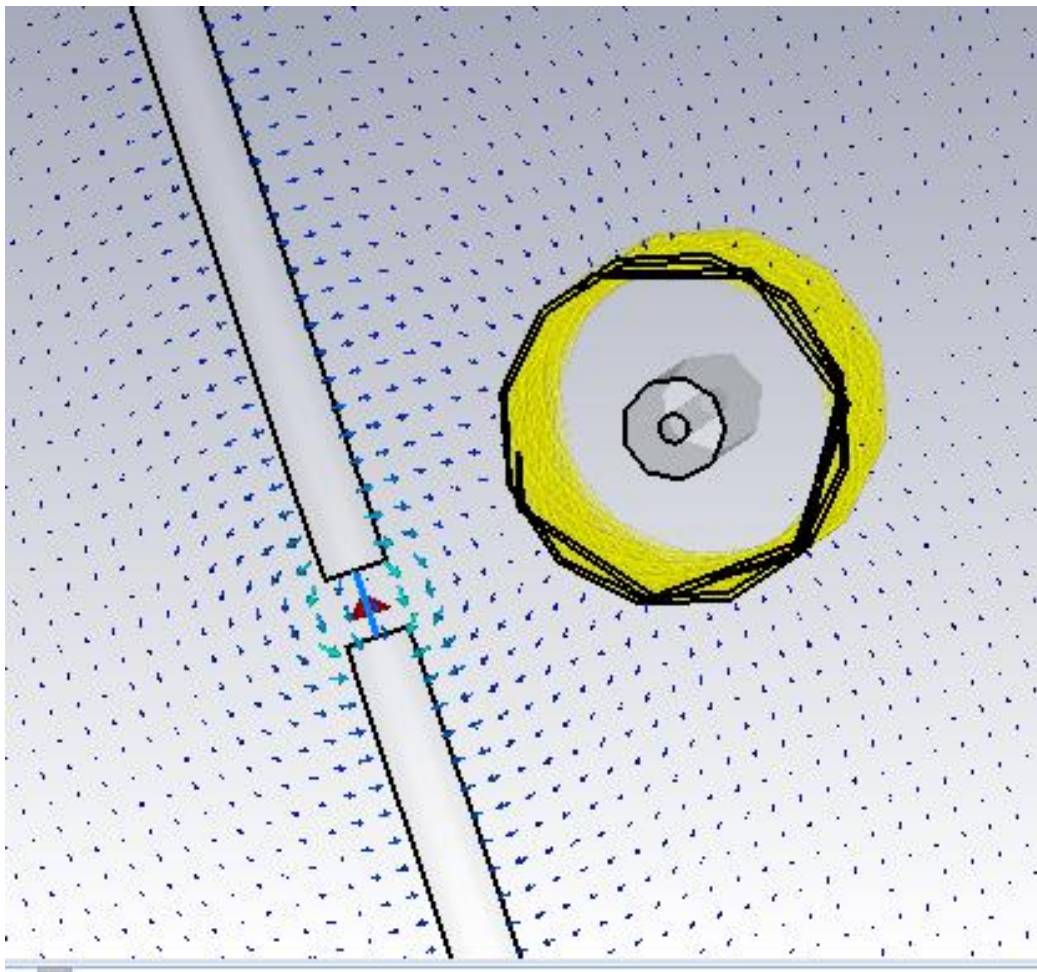


Рисунок 4.33 – Поле електричне при 57 витках обплетення

На рисунку 4.34 наведено поле магнітне при 57 витках обплетення, що знаходиться на відстані 5 мм від джерела випромінювання.

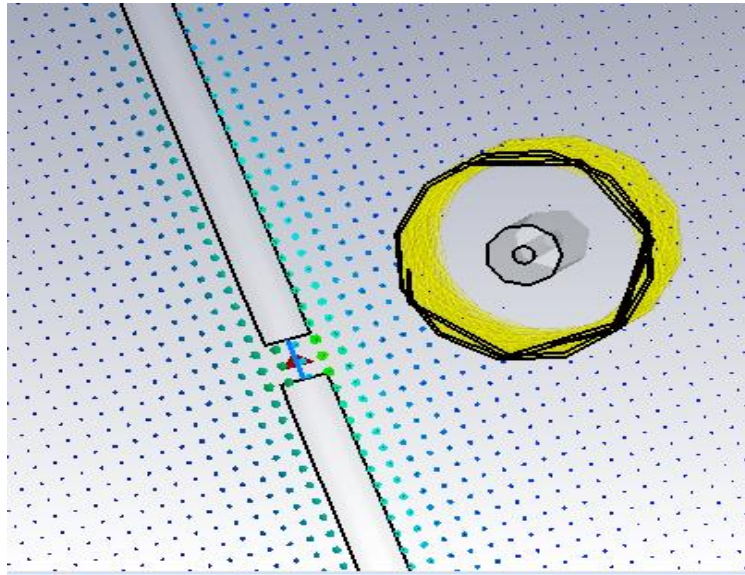


Рисунок 4.34 – Магнітне поле 57 витках обплетення

Для того, щоб спостерігати проходження поля всередину екрану в залежності від відстані досліджуваного кабелю, необхідно зменшити кількість витків.

На рисунку 4.35 і 4.36 показано розподіл електричного і магнітного полів при такій же відстані кабелю від джерела випромінювання, але при тридцяти витках обплетення.

Як видно з малюнків електричне поле при тридцяти витках майже не проходить всередину екрану, що не можна сказати про магнітному полі.

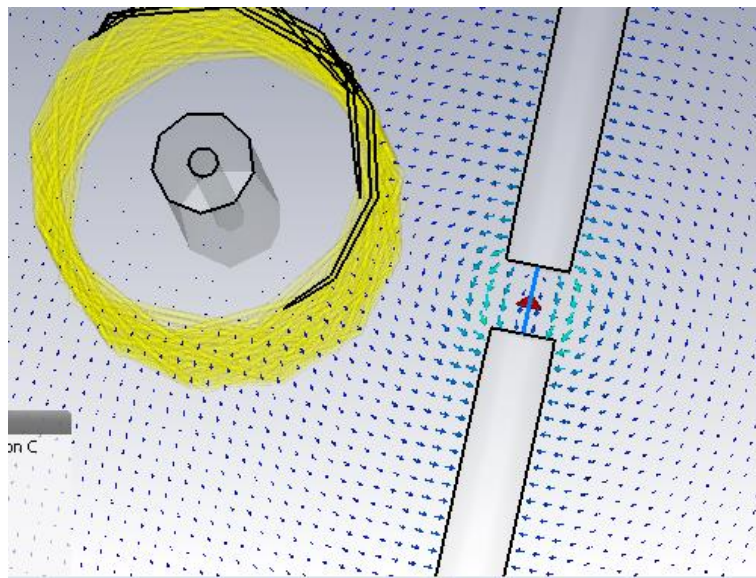


Рисунок 4.35 – Розподіл електричного поля при 30 витках обплетення

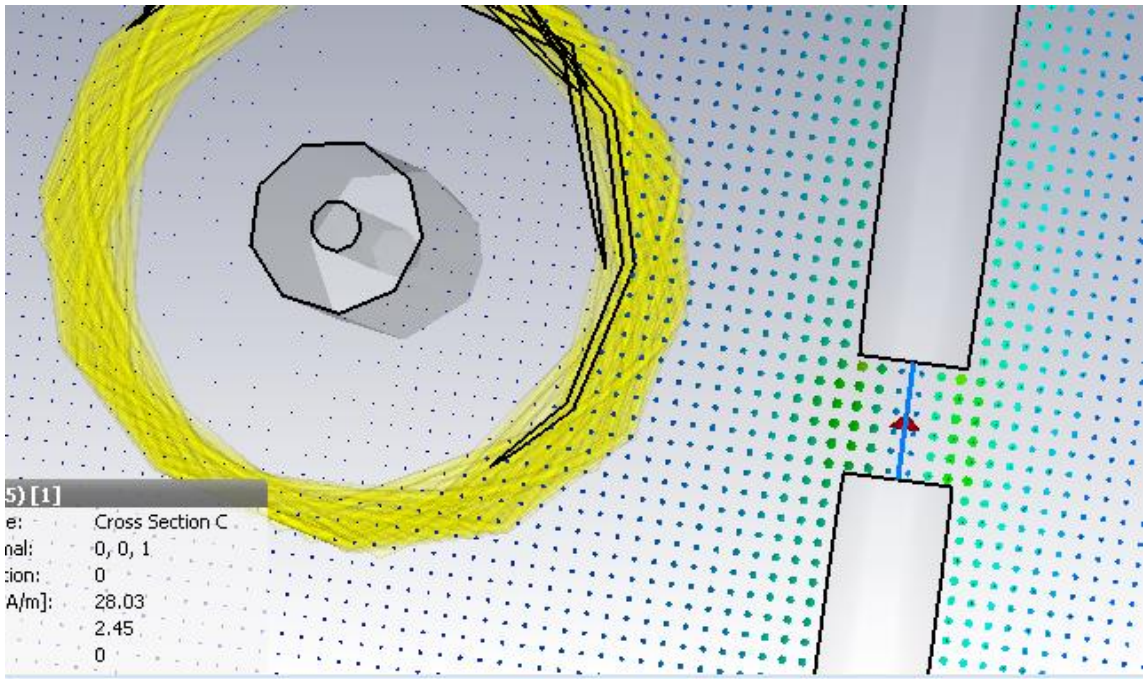


Рисунок 4.36 – Розподіл магнітного поля при 30 витках обплетення

На рисунку 4.37 показано розподіл струмів на матеріалах.

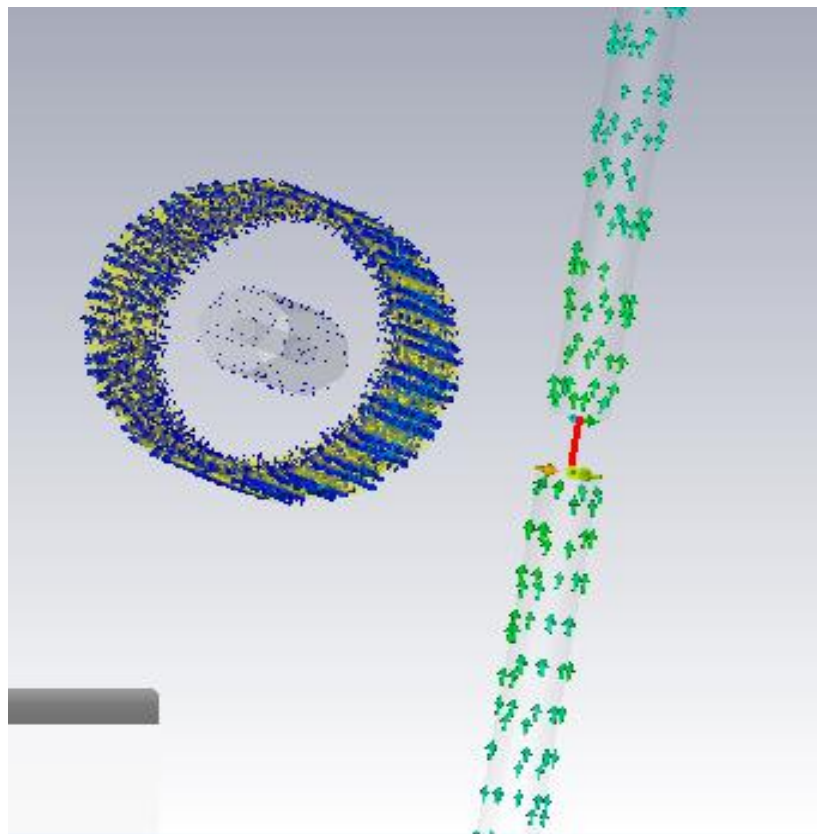


Рисунок 4.37 – Розподіл струмів на матеріалах

На рисунку 4.38 показана потужність розподілу випромінювання.

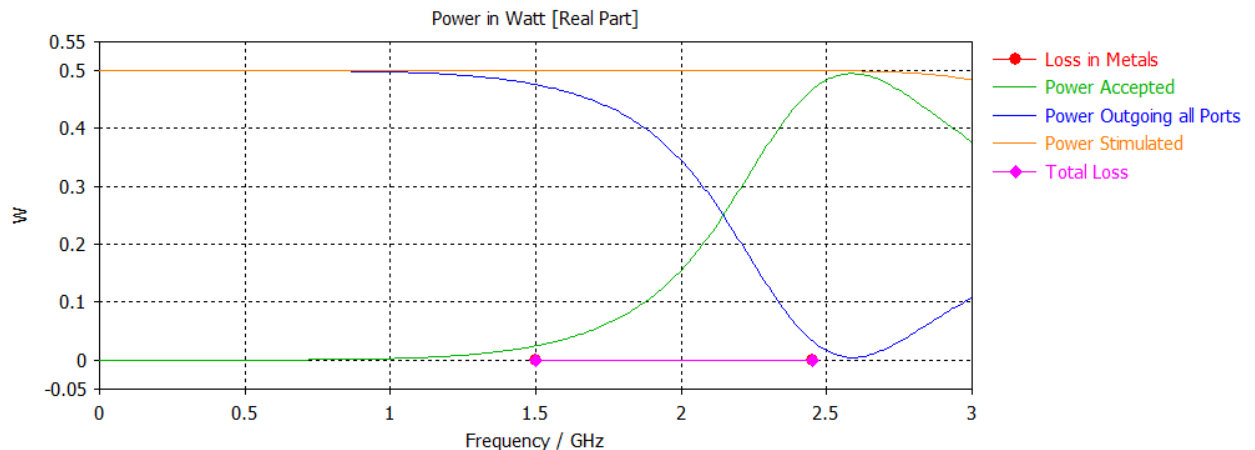


Рисунок 4.38 – Потужність розподілу випромінювання

Тепер будемо збільшувати відстань від джерела випромінювання до досліджуваного кабелю, і спостерігати за зміною проникнення електромагнітних хвиль всередину захищеного об'єкта при зміні відстані.

Для початку збільшимо відстань від кабелю до антени на 5 мм. Підсумкове відстань складе 10 мм. Як можна помітити з рисунка 4.39 має місце вплив електромагнітного випромінювання на кабель. Однак вплив вже не таке істотне, з даною конфігурацією кабелю.

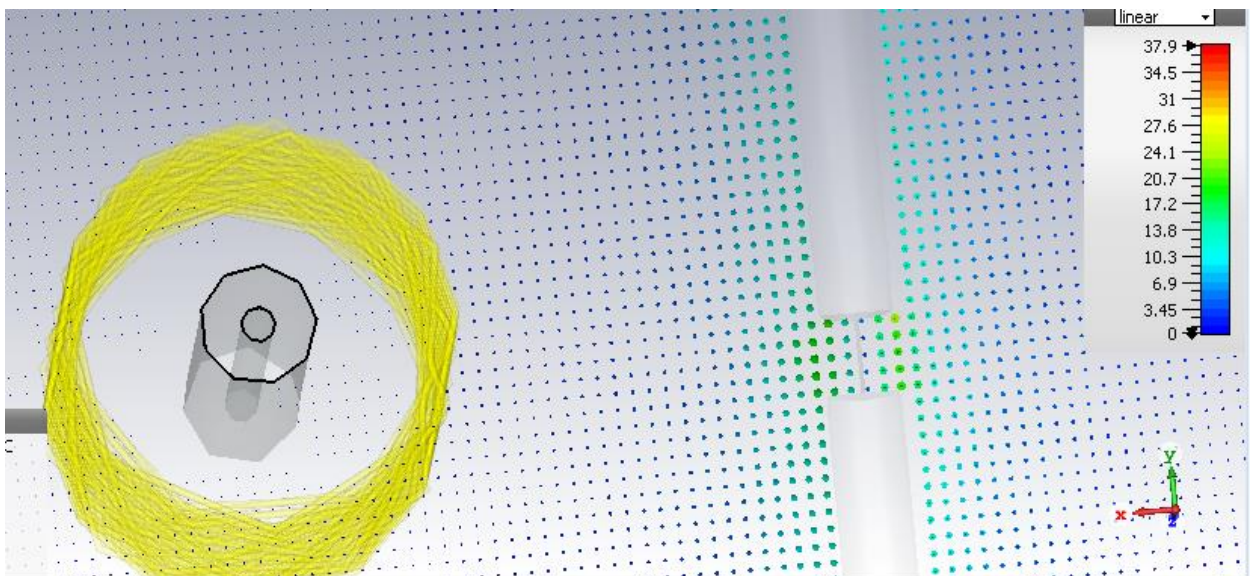


Рисунок 4.39 – Розподіл магнітного поля при відстані рівному 10 мм від джерела випромінювання

Далі збільшили відстань ще на 5 мм. Магнітне поле, проникаюче в екран стало ще гірше. Дане поле наведено на рисунку 4.40.

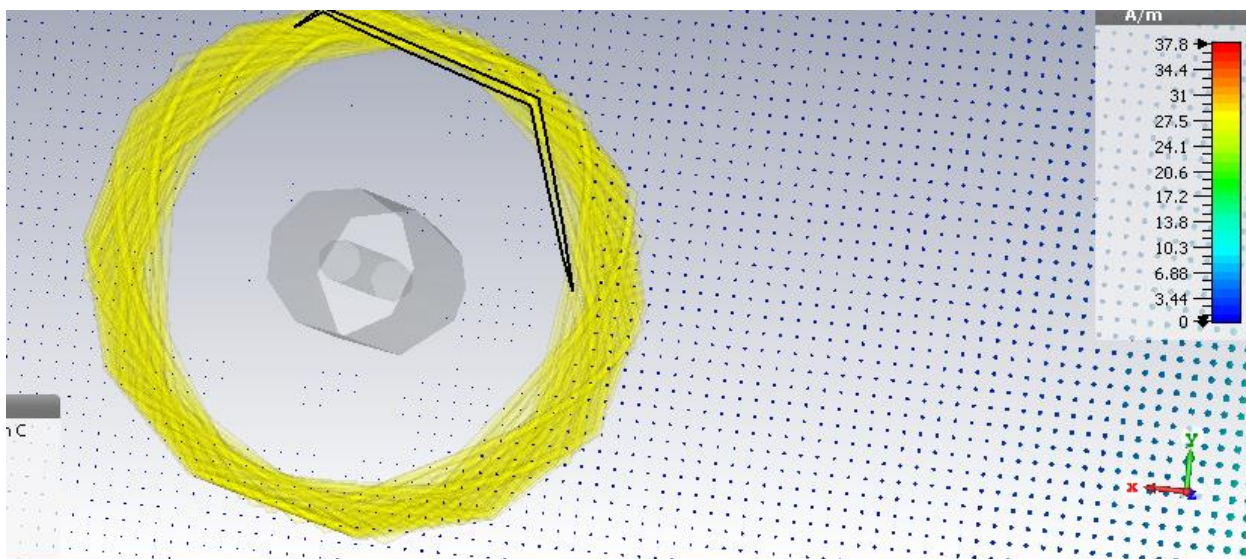


Рисунок 4.40 – Розподіл магнітного поля при відстані дорівнює 15 мм від джерела випромінювання

Як видно з рисунку 4.41 розподіл потужності при такій відстані не суттєво.

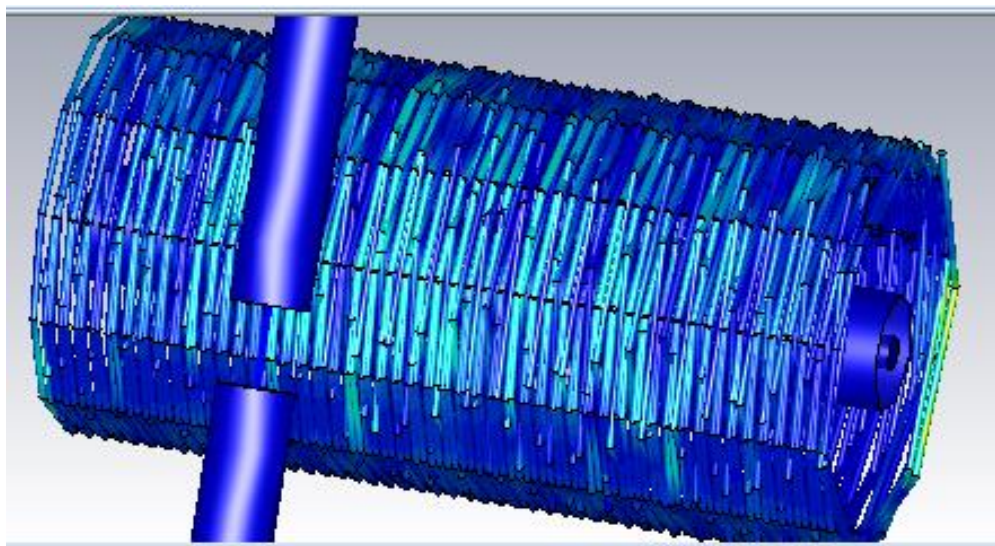


Рисунок 4.42 – Розподіл потужності випромінювання поля при відстані дорівнює 15 мм від джерела випромінювання

4.9 Дослідження проникнення електричного поля всередину області що захищається в залежності від матеріалу обплетення

Для початку необхідно повернути вихідне положення кабелю на відстань рівне 5 мм від джерела випромінювання. Змінимо використовуваний раннє матеріал обплетення, в даному випадку мідь на інший метал.

Перший був використаний нікель. На рисунку 4.43 показаний поверхневий імпеданс даного матеріалу. При порівнянні його з поверхневим імпедансом міді можна помітити що отримані значення імпедансу нікелю нижче, ніж у міді – це характеризує меншу ефективність застосування даного матеріалу в екрануванні. Також даний висновок підтверджується і рисунком 4.44, на якому показано проходження магнітного поля при нікелі.

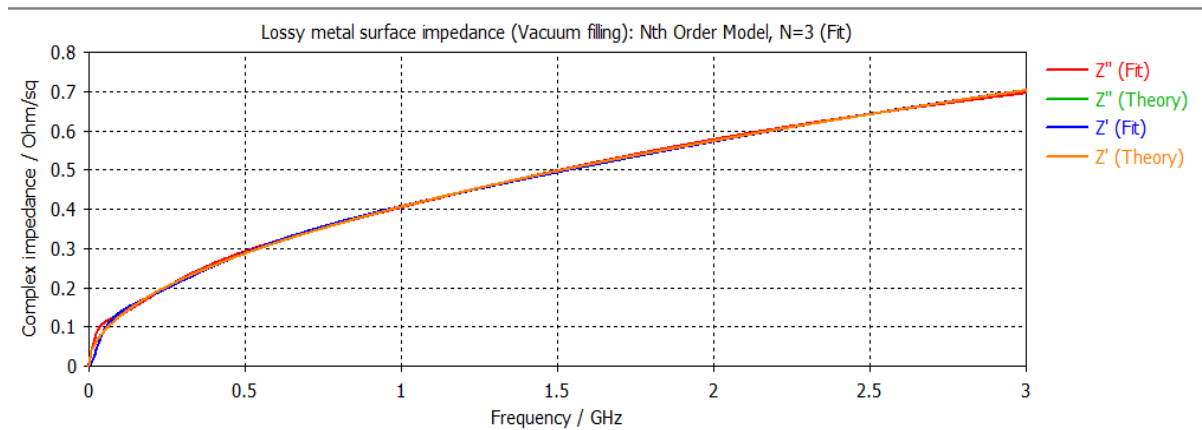


Рисунок 4.43 – Поверхневий імпеданс нікелю

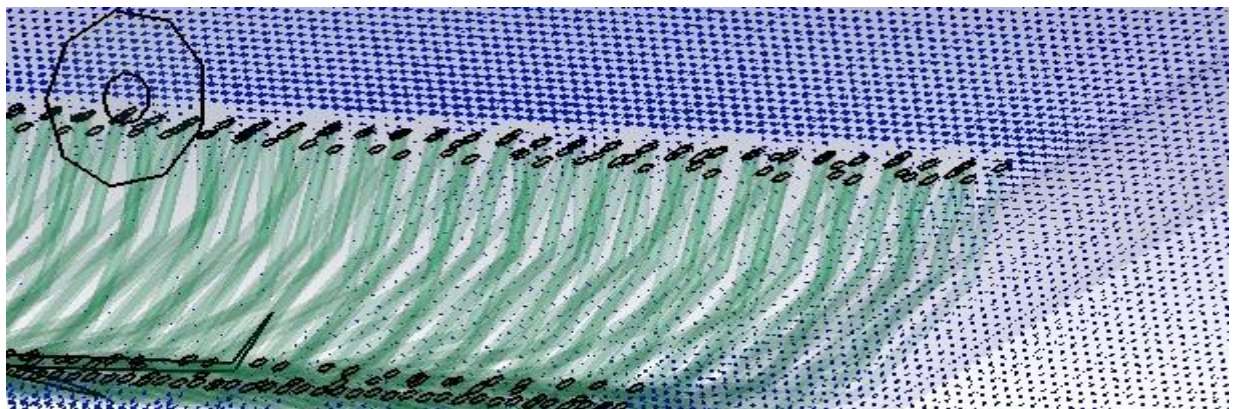


Рисунок 4.44 – Розподіл магнітного поля після застосування нікелю в обплетенні

Далі застосували платину. На рисунку 4.45 показаний графік залежності поверхневого імпедансу даного матеріалу від частоти. Цей матеріал має значення нижче ніж у нікелю, тому цей матеріал взагалі недоцільно застосовувати для екранування. Розподіл магнітного поля наведено на рисунку 4.46. З даного рисунка також видно, що магнітне поле проникає в міжвиткове простір без труднощів.

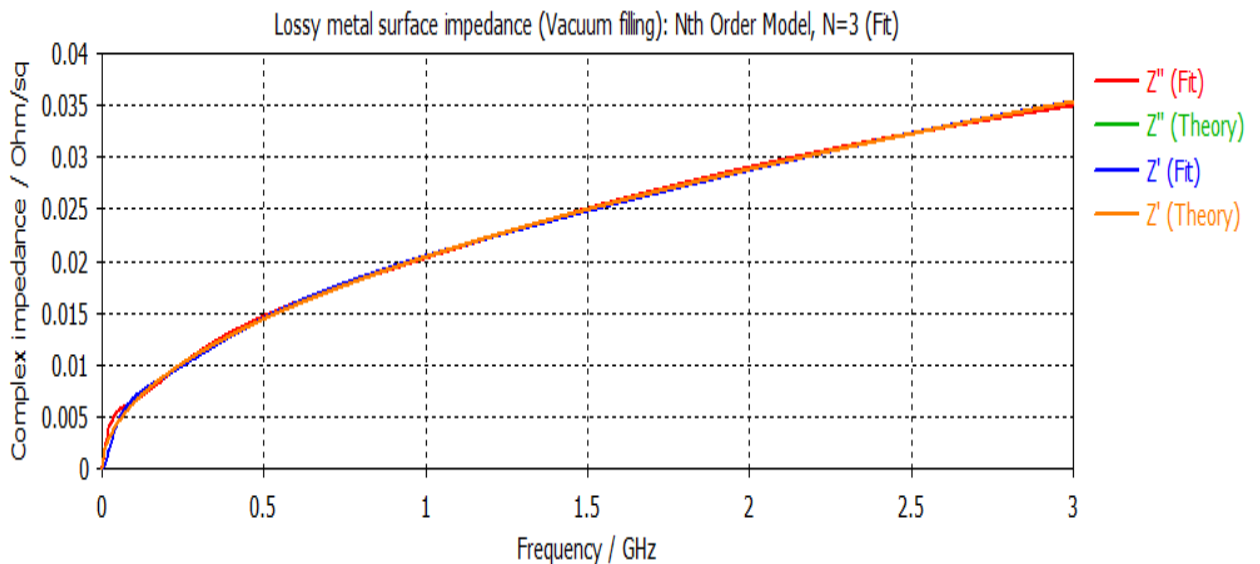


Рисунок 4.45 – Значення поверхневого імпедансу платини

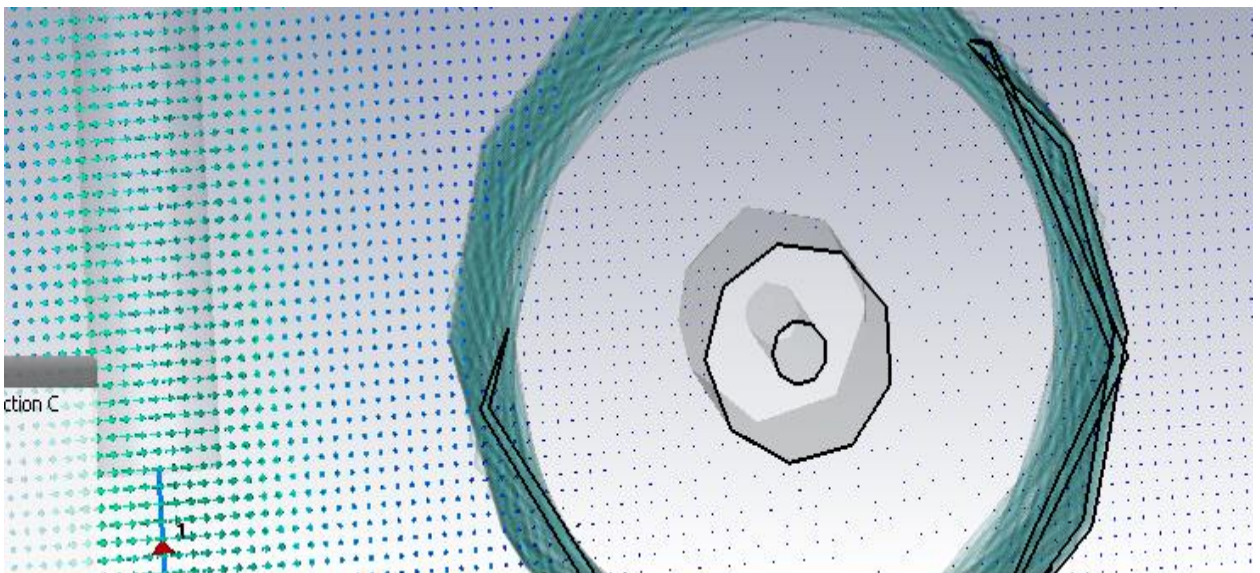


Рисунок 4.46 – Розподіл магнітного поля після застосування платини в обплетенні

Також був використаний хром в дослідженні матеріалів на ефективність екранування. З поверхневого імпедансу представленому на рисунку 4.47 видно, що він істотно відрізняється від поверхневого імпедансу платини і отже, дані матеріали не доцільно використовувати при виготовленні електромагнітних екранів

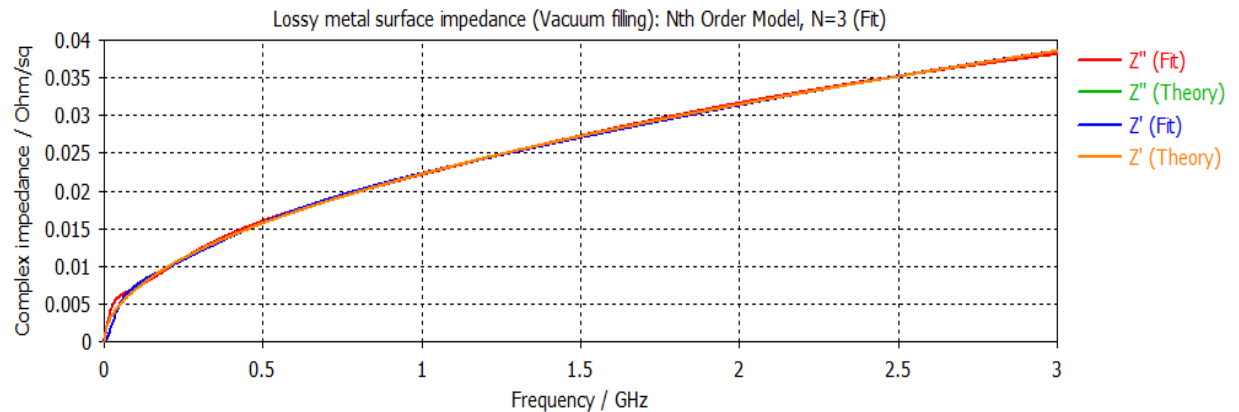


Рисунок 4.47 – Значення поверхневого імпедансу хрому

4.10 Висновки по розділу

В даному розділі була побудована в програмі CST Studio Suite модель коаксіального кабелю з застосування поверх нього обплетення і зовнішнього джерела електростатичних розрядів потенціалом рівним 1000 V.

Дана модель не тільки може показати вплив таких розрядів використовується інформаційний кабель, а повністю за допомогою неї можна провести дослідження всіх використовуваних матеріалів, провести їх порівняння та вибір найбільш підходящого для використання в заданих параметрах.

Також дана модель дозволяє змінювати форму конструкції даного кабелю, що дає більш гнучку настройку для дослідження.

Також було досліджено екранування від зовнішнього електростатичного впливу. Було з'ясовано, що чим щільніше витки спіралі у обплетення знаходяться між сусідніми ланками, тим ефективність екранування вище. Також були досліджені різні металеві матеріали для використання їх в якості виготовлення електростатичного екрану. Було з'ясовано, що дорогоцінні метали непридатні для виготовлення таких екранів з кількох причин:

- їх значення поверхневого імпедансу не задовольняють вимогам, так як дані матеріали слабо стримують електричні поля в порівнянні з міддю та алюмінієм при такій конфігурації екрану;

- дорожнеча виготовлення.

Виходячи з отриманих результатів, кращу ефективність екранування показав алюміній і трохи гірше – мідь. Однак, неможливо на практиці використовувати алюміній при виготовленні обплетення. Це викликано наступними факторами:

- неможливо зробити алюмінієві витки таким діаметром;

- важко паяти алюміній на місцях кріплення;

- це досить крихкий матеріал.

Тому, з усіх досліджуваних матеріалів, тільки мідь задовольняє необхідним вимогам і не викликає труднощів при виготовленні. З неї рекомендовано виготовляти екрани для захисту об'єктів від електростатичного впливу.

В даному розділі побудована в програмі CSTStudioSuite модель коаксіального кабелю з застосування поверх нього обплетення і зовнішнього джерела електромагнітного випромінювання, представленого у вигляді антени – диполь Герца.

Дана модель не тільки може показати вплив електромагнітного випромінювання на використовуваний інформаційний кабель, а повністю за допомогою неї можна провести дослідження всіх використовуваних матеріалів, провести їх порівняння та вибір найбільш підходящого для використання в заданих параметрах.

Також дана модель дозволяє змінювати форму конструкції даного кабелю, що дає більш гнучкеналагодження для дослідження.

Було досліджено екранування від зовнішнього електромагнітного впливу. Було з'ясовано, що чим щільніше витки спіралі у обплетення знаходяться між сусідніми ланками, тим ефективність екранування вище. Також були досліджені різні металеві матеріали для використання їх в якості виготовлення електромагнітного екрану. Було з'ясовано, що такі метали як нікель, хром і платина не придатні для використання изпри виготовленні електромагнітних екранів, так як їх значення поверхневого імпедансу не задовольняють вимогам, а значить, дані матеріали слабо стримують електричні поля в порівнянні з міддю при такій конфігурації екрану.

Також було з'ясовано, що при зміні відстані від джерела випромінювання, дія електромагнітних полів різко зменшується при однаковій конфігурації інформаційного кабелю.

5 РОЗРАХУНОК ФІЛЬТРА НИЗЬКИХ ЧАСТОТ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Взявши за основу результати вимірювань і розрахунків [8], виявлено частоти на яких наводиться інформативний сигнал в систему електроживлення. Наведення відбуваються при обробці інформації (висновок на екран, висновок на друк). На рисунку 5.1 представлений інформативний сигнал.

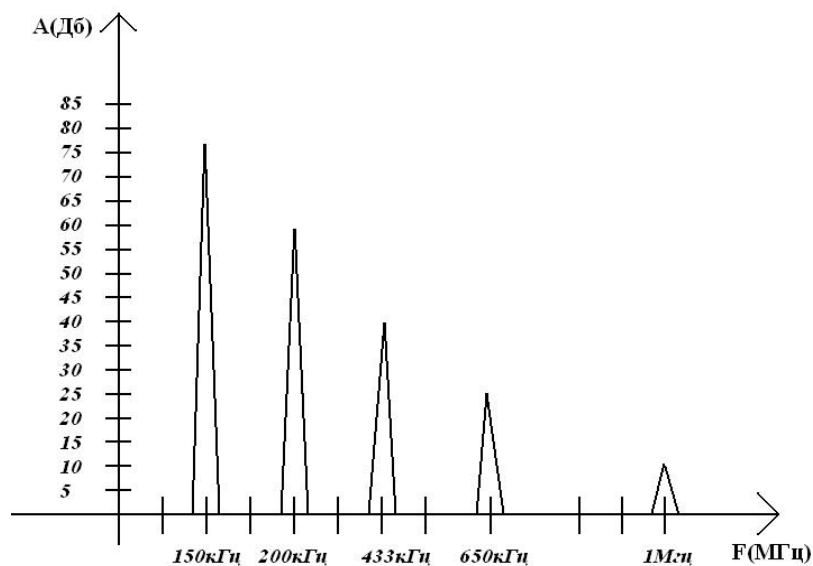


Рисунок 5.1 – Інформативний сигнал

Для усунення даної проблеми, необхідно придушити сигнал не менше ніж на 80дБ.

Як показує аналіз рівнів і частоти наводяться в колі живлення на виході з апаратури, найбільший рівень ПЕМВН з'являється в діапазоні (150кГц...1МГц).

Таким чином, на виході апаратури необхідно встановити ФНЧ з частотою зрізу і опором 50 Ом.

За розрахунками для усунення взаємної модуляції та інших проявів перешкод цей фільтр повинен забезпечити ослаблення наведень не менше ніж 80дБ.

Визначимо число елементів фільтра. Для найменшої заважаючої частоти відносна частота ПЕМВН дорівнює:

$$fe \frac{f}{fc} = \frac{1MГц}{150кГц} = 6,6. \quad (5.1)$$

Маючи на увазі, що необхідне загасання фільтра на цій частоті має дорівнювати 80дБ з отримуємо $n=5$. Розраховуємо елементи ФНЧ за допомогою таблиці значень ємності та індуктивності фільтрів 5.1 [8].

Таблиця 5.1 – Значення ємності та індуктивності фільтрів

N	C_1	L_2	C_3	L_4	C_5	L_6	C_7	L_8	C_9	L_{10}
1	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1.414	1.414	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1.000	2.000	1.000	-	-	-	-	-	-	-
4	0.765	1.848	1.848	0.765	-	-	-	-	-	-
5	0.618	1.618	2.000	1.618	0.618	-	-	-	-	-
6	0.518	1.414	1.932	1.932	1.414	0.518	-	-	-	-
7	0.445	1.274	1.802	2.000	1.802	1.247	0.445	-	-	-

$$L'_2 = L'_4 = Z \cdot \frac{L_2}{2\pi f_c} = 50 \cdot 1 \frac{618}{6,28 \cdot 150 \cdot 10^3} = 860 \mu\text{кГ}.$$

$$C'_3 = \frac{C_3}{Z \cdot 2\pi f_c} = \frac{2}{50 \cdot 6,28 \cdot 150 \cdot 10^3} = 420 \text{нФ}.$$

де (величини зі штрихами відноситься до розраховується фільтру, без штрихів до ЕФНЧ). ЕФНЧ, що складається з реактивних елементів, параметри якого відповідають даним наведеним у таблиці 2.1 наведено на рисунку 5.2, а розрахунковий ФНЧ на рисунку 5.3 [8].

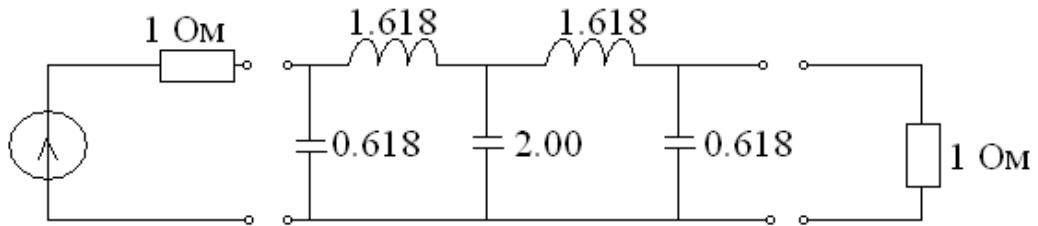


Рисунок 5.2– Схема ФНЧ з 5-ма табличними значеннями

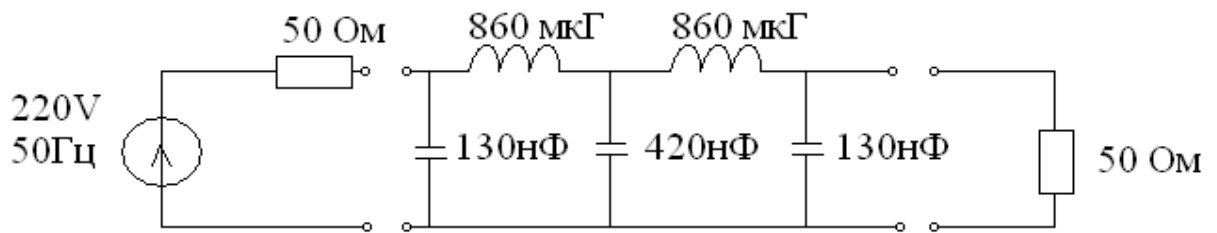


Рисунок 5.3 – Схема розрахованого ФНЧ

Промодельювавши отриману схему в програмному середовищі Electronics Workbench v5.12 отримали потрібні значення, представлені на рисунку 5.4.

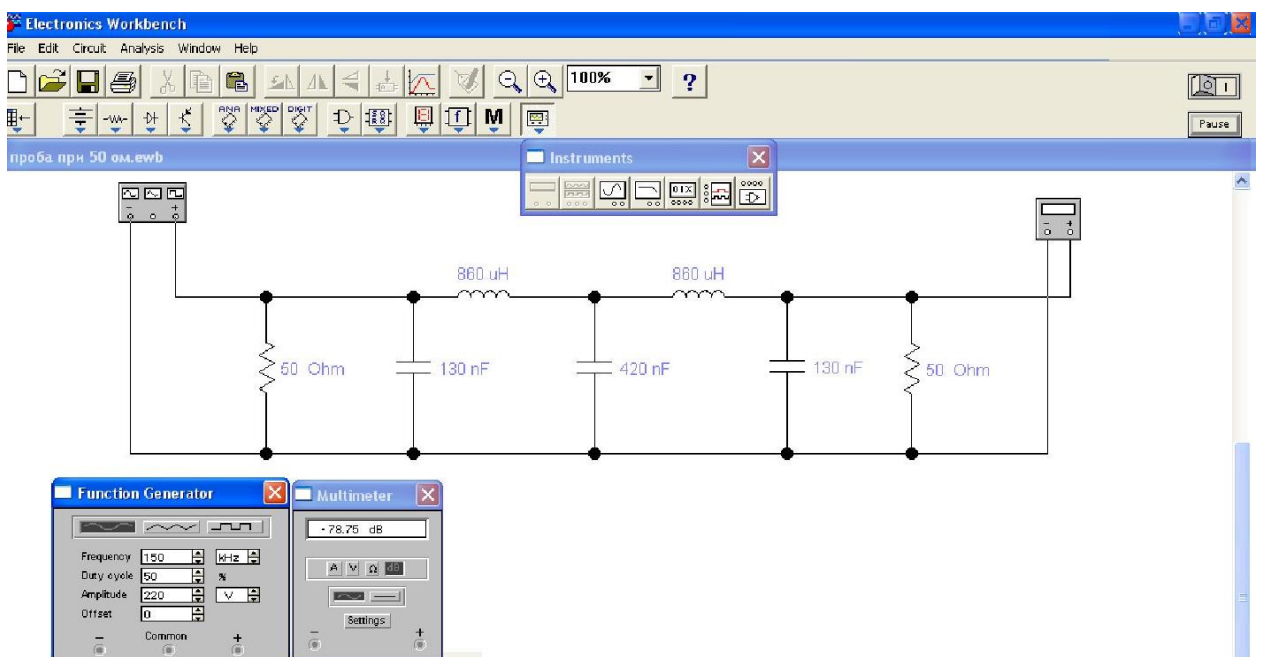


Рисунок 5.4 – Схема результату моделювання ФНЧ

Задавши параметри

$$C'_1 = 130 \text{ нФ},$$

$$L_2 = L'_4 = 860 \text{ мкГ},$$

$$C'_3 = 420 \text{ нФ}.$$

Отримали подавлення у 80 дБ.

5.1 Висновки по розділу

В результаті виконання даного розділу був розрахований протизавадний фільтр для системи електроживлення, що складається з п'яти реактивних елементів.

Мережеві завадопоглинаючі фільтри—один з основних способів подавлення перешкод в колах електроживлення, в сигнальних колах інтерфейсу, на друкованих платах, в проводах заземлення.

У процесі розробки були обрані необхідні компоненти, спроектована робоча модель в програмному середовищі Electronics Workbench.

ВИСНОВКИ

В атестаційній роботі проведено огляд заряду статичної електрики, який виникає на поверхні матеріалів (особливо діелектриків) в результаті контакту цих матеріалів за допомогою тертя, відділення або з'єднання поверхонь, деформацій, розриву тощо.

Одночасно з накопиченням (генерацією) статичної електрики завжди відбувається і його розсіювання (втрати).

Основними факторами, що визначають кількісну сторону процесу накопичення статичної електрики, є:

- площа і відстані між контактуючими (тертьовими) поверхнями;
- природа взаємодіючих матеріалів;
- шорсткість поверхонь, коефіцієнт тертя, швидкість взаємного переміщення, тиск;
- вплив зовнішніх факторів (температури, вологості, наявності зовнішнього електричного поля і т. п.).

Розсіювання (втрати) статичної електрики відбувається внаслідок поглинання (витоку) зарядів навколишнім середовищем, обумовленого провідністю матеріалу (об'ємної і поверхневої), випромінюванням в навколишнє середовище, електронною емісією, десорбцією іонів, газовим розрядом і т.п.

Електростатичний екран служить для зменшення впливу електростатичного поля на об'єкт. Вибір якісного екрана зумовлює високу ефективність екранування і виключає можливість впливу випадкових електростатичних розрядів на інформаційний кабель.

Були розглянуті характеристики фільтрів, що залежать від числа використаних реактивних елементів. Так, наприклад, фільтр з одного паралельного конденсатора або однієї послідовної індуктивної котушки може забезпечити загасання лише 20 дБ/декада поза смуги пропускання, а LC-фільтр з десяти або більше елементів може забезпечити загасання до 200 дБ/декаду і більш.

Внутрішньосистемні фільтри, як правило, мають різні значення вхідного і вихідного опорів. Наприклад, опір джерела живлення на низьких частотах часто менше 1 Ом, в той час як опір його навантаження істотно

більше. Крім того, опору джерела і навантаження можуть залежати від частоти.

Для розрахунку характеристик фільтра використовується його математична модель. Модель фільтра може бути складений лише в тому випадку, якщо відомі принципова електрична або еквівалентна схема фільтра, або його параметри (експериментальні).

В атестаційній роботі виконано огляд волоконно-оптичного зв'язку, який являє собою досить відчутну загрозу інтересам національної безпеки, фінансовим інститутам, особистому житті і свободам. Після підключення, отримана інформація може бути використана різними способами в залежності від мотивації і технічних можливостей зловмисника. Крім отримання інформації від оптичного волокна, існує ряд прийомів, які дозволяють вставляти в нього інформацію, як у випадку поділу на неоднорідні хвилі, так і домогтися заклинювання або набивання невірної інформації. Удавана легкість прослуховування fiber вимагає певних запобіжних заходів.

Всі перераховані вище методи захисту і їх комбінації можуть забезпечувати безпеку інформації лише в рамках відомих моделей НСД. Згодом зловмисник зможе освоїти нові методи перехоплення, потрібно буде доповнити захист, що не характерно для криптографічних методів захисту, які розраховуються на тривалий час.

В атестаційній роботі проведено моделювання та побудова в програмі CST Studio Suite моделі коаксіального кабелю з застосування поверх нього обплетення і зовнішнього джерела електростатичних розрядів потенціалом рівним 1000 V.

Дана модель не тільки може показати вплив таких розрядів використовується інформаційний кабель, а повністю за допомогою неї можна провести дослідження всіх використовуваних матеріалів, провести їх порівняння та вибір найбільш підходящого для використання в заданих параметрах.

Також дана модель дозволяє змінювати форму конструкції даного кабелю, що дає більш гнучку настройку для дослідження.

Також було досліджено екранування від зовнішнього електростатичного впливу. Було з'ясовано, що чим щільніше витки спіралі у обплетення знаходяться між сусідніми ланками, тим ефективність

екранування вище. Також були досліджені різні металеві матеріали для використання їх в якості виготовлення електростатичного екрану. Було з'ясовано, що дорогоцінні метали непридатні для виготовлення таких екранів з кількох причин:

- їх значення поверхневого імпедансу не задовольняють вимогам, так як дані матеріали слабо стримують електричні поля в порівнянні з міддю та алюмінієм при такій конфігурації екрану;

- дорожнеча виготовлення.

Виходячи з отриманих результатів, кращу ефективність екранування показав алюміній і трохи гірше – мідь. Однак, неможливо на практиці використовувати алюміній при виготовленні обплетення. Це викликано наступними факторами:

- неможливо зробити алюмінієві витки таким діаметром;

- важко паяти алюміній на місцях кріплення;

- це досить крихкий матеріал.

Тому, з усіх досліджуваних матеріалів, тільки мідь задовольняє необхідним вимогам і не викликає труднощів при виготовленні. З неї рекомендовано виготовляти екрани для захисту об'єктів від електростатичного впливу.

Також побудована в програмі CSTStudioSuite модель коаксіального кабелю з застосування поверх нього обплетення і зовнішнього джерела електромагнітного випромінювання, представленого у вигляді антени – диполь Герца.

Дана модель не тільки може показати вплив електромагнітного випромінювання на використовуваний інформаційний кабель, а повністю за допомогою неї можна провести дослідження всіх використовуваних матеріалів, провести їх порівняння та вибір найбільш підходящого для використання в заданих параметрах.

Також дана модель дозволяє змінювати форму конструкції даного кабелю, що дає більш гнучкенагадження для дослідження.

Було досліджено екранування від зовнішнього електромагнітного впливу. Було з'ясовано, що чим щільніше витки спіралі у обплетення знаходяться між сусідніми ланками, тим ефективність екранування вище. Також були досліджені різні металеві матеріали для використання їх в якості виготовлення електромагнітного екрану. Було з'ясовано, що такі метали як

нікель, хром і платина не придатні для використання ізпри виготовленні електромагнітних екранів, так як їх значення поверхневого імпедансу не задовольняють вимогам, а значить, дані матеріали слабо стримують електричні поля в порівнянні з міддю при такій конфігурації екрану.

Також було з'ясовано, що при зміні відстані від джерела випромінювання, дія електромагнітних полів різко зменшується при однаковій конфігурації інформаційного кабелю.

В результаті виконання атестаційної роботи був розрахований протизавадний фільтр для системи електроживлення, що складається з п'яти реактивних елементів.

Мережеві заводопоглинаючі фільтри—один з основних способів подавлення перешкод в колах електроживлення, в сигнальних колах інтерфейсу, на друкованих платах, в проводах заземлення.

У процесі розробки були обрані необхідні компоненти, спроектована робоча модель в програмному середовищі Electronics Workbench.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шапиро, Д.Н. Основи теорії електромагнітного екранування / Д. Н. Шапиро. – СПб.: «Енергія», 1975. – 112 с.
2. Екрануючі матеріали та покриття. Метали та сплави– URL: <http://www.studfiles.ru/preview/1082353/page:27/>
3. Фізичні основи електростатики[Електронний ресурс]. – URL: <https://miem.hse.ru/data/2012/10/17/1247509401/ЭСР%20Глава%201.pdf>
4. Кечиєв, Л.Н. Екранування технічних засобів та екрануючі системи / Л.Н. Кечиєв, Б.Б. Акбашев, П.В. Степанов. – М.: ООО «Група ІДТ», 2010. – 470 с. Моїн, В.С. Стабілізовані транзисторні перетворювачі / В.С. Моїн. – М.: Енергоатоміздат, 1986. – 376 с.
5. Мкртчян, Ж.А. Основи побудови засобів електроживлення ЕОМ/ Ж.А.Мкртчян. - М.: Радіотазв'язок, 1990. – 208 с.
6. Найвельт, Г.С. Джерела електроживлення радіоелектронної апаратури. Довідник/ Г.С.Найвельт, К.Б.Мазель, Ч.И. Хусаїнов і др. - М.: Радіо тазв'язок, 1986. – 576 с.
7. Бландова, Є.С. Завадопоглинаючі вироби електронної техніки / Є.С. Бландова, Ю.І. Мещеряков, І.І. Серезенко // Електронна промисловість. - № 2. – 1997. – 44 - 48 с.
8. Способи захисту об'єктів інформатизації від витоків інформації з технічними каналами: екранування– URL: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=985&lvl=04>
9. Справжній інженер повинен вміти відрізнити кабель від кабелю [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.rts.ua/rus/add/458/0/4/>
10. Фриман, Р. Волоконно-оптичні системи зв'язку / Р. Фриман. - М.: Техносфера, 2003. – 440 с.
11. Корнейчук, В.І. Волоконно-оптичні системи передавання: підручник для вузів / В.І Корнейчук, І.П. Панфілов. – Одеса: Друк, 2001. – 436 с.
12. Рахимов, Н.Р. Сучасні методи розробки інформаційної безпеки ВОЛЗ / Н.Р. Рахимов, В.А. Трушин, Д.І. Бакшун // Автоматика та програмна інженерія. – 2015. – №4. – С. 85-89.
13. Северін, В.А. Засоби захисту в мережах. Комплексний захист інформації на підприємстві / В.А. Северін. – М.: Книга, 1999. – 153 с.

14. Хорєв, А. А. Технічний захист інформації. Навчальний посібник для студентів ВНЗ / в 3-х томах / А.А. Хорєв. – Т. 1: Технічні канали витоку інформації. - М.: НПЦ «Аналітика», 2008. – 436 с.
15. Уайт, Д. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів і ненавмисні перешкоди / в 3-х виданнях / Д. Уайт. – Вид. 2: Внутрішньосистемні перешкоди і методи їх зменшення: сокр. пер. з англ. / под ред. А.І. Саприга. - М.: Сов. Радіо, 1978. – 272 с.
16. Ніколаєнко, Ю. С. Протидія радіотехнічній розвідці. Системи безпеки, зв'язку та телекомунікацій/ Ю.С. Ніколаєнко /Системи безпеки . - 1995. – №6. – С. 12 - 15.
17. Екранування і захист – URL: <http://www.elart.narod.ru/articles/article10/article10.htm>
18. Кирилов, В.Ю. Дослідження опорів зв'язку екранованих кабелів / 9-ий Міжнародний симпозиум з електромагнітної сумісності та електромагнітної екології/ В.Ю. Кирилов, М.М. Томілін.- СПб.: Праці симпозиуму, 2011.– С.122 - 124.
19. Кирилов, В.Ю. Дослідження ефективності екранування бортових кабелів / В.Ю. Кирилов, М.М. Томілін, С.В. Гордєєв. – М.: Весник Московського Авіаційного Інституту, 2010. – С. 42 - 44.
20. Калашников, С. Р. Електрика. Навчальний посібник / С.Г. Калашников. - М.: Физматліт, 2003. – 624 с.
21. Сивухин, Д. В. Загальний курс фізики / в 6-ти томах / Д. В. Сивухин. - Т. 3: Електричність. - М.: Наука, 1977. – 704с.
22. Ларіна, Е. Т. силові кабелі та кабельні лінії: Навчальний посібник для ВНЗ / Е.Т. Ларіна. – М: Енергоатоміздат, 1984. – 368 с.
23. Кабельні лінії [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2012/75/10.php>
24. Марки кабелів, рекомендованих для прокладки в землі (траншеях)– URL: <http://forca.ru/info/spravka/marki-kabeleirekomenduemyh-dlya-prokladki-v-zemle-transheyah.html>
25. Савельєв, І. В. Курс загальної фізики / в 3-х томах / І. В. Савельєв. – Т. 2: Електрика і магнетизм, оптика (класична). – М.: Наука, 1989. – 433 с.
26. CSTSTUDIOSUITE– URL: <https://www.cst.com/Products/CSTS2>

27. ДСТУ 22483-2012. Міждержавний стандарт. Жили струмопровідні для кабелів, проводів і шнурів. – М.: Стандартінформ, 2014. – 20 с.

28. ДСТУ 18690-2012. Міждержавний стандарт. Кабелі, проводи, шнури та кабельна арматура. – М.: Стандартінформ, 2014. – 16 с.

29. ДСТУ 12.1.045-84. Електростатичне поле. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю. - М.: ІПК Видавництво стандартів, 2001. – 4 с.