

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
« ____ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

тема «Електромагнітна сумісність та захист лічильників електричної енергії від
сильних магнітних полів»

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТ-71

Зальотов В. В.

Керівник

Дяговченко І. М.

Суми – 2021

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
« ____ » _____ 2021 р.

Завдання

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Зальотова Вячеслава Вікторовича

1. Тема роботи «Електромагнітна сумісність та захист лічильників електричної енергії від сильних магнітних полів»
затверджено наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом завершеної роботи 03.06. 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи приклад змодельованої схеми, початкові параметри системи та параметри моделі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)
 - Вступ;
 - Магнітне поле та електромагнітна сумісність;
 - Моделювання захисту ТС методом екранування від сильних магнітних полів;
 - Збільшення ефективності екранування шляхом додавання шарів до найбільш вдалої системи та перевірка ефективності розрахунків.
5. Перелік графічного матеріалу
 - Результати симуляції моделей.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та виконання моделей	21.03.2021р.	
2	Виконання симуляції та збір даних	20.04.2021р.	
3	Перевірка ефективності шарування екрану	5.05.2021р.	
4	Охорона праці	17.05.2021р.	
5	Оформлення графічного матеріалу	20.05.2021р.	
6	Оформлення пояснювальної записки	23.05.2021р.	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 52, рис. 28, табл. 3.

Бібліографічний опис: Зальотов В. В. Електромагнітна сумісність та захист лічильників електричної енергії від сильних магнітних полів [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /Зальотов В. В.; наук. керівник І. М. Дяговченко. – Суми: СумДУ, 2021. – 52 с.

Ключові слова: захисне екранування, лічильник електроенергії, електромагнітна сумісність, сильне магнітне поле;

защитное экранирование, счетчик электроэнергии, электромагнитная совместимость, сильное магнитное поле;

protective shielding, electricity meter, electromagnetic compatibility, strong magnetic field;

Короткий огляд – В роботі досліджено моделювання ситуації насичення залізного осердя імпульсного трансформатора при дії на нього сильного магнітного поля від постійного магніту. Проведено вибір оптимальної форми, матеріалу, розміру, розміщення екрану для захисту трансформаторів струму, та опрацьовано ефективність даного методу. Експериментально порівняно екран з цільною структурою а також, який складається з різної товщини шарів екрану і прошарків з паперу та полімеру, та як це впливає на ефективність екранування.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АВР – аварійне включення резерву;
АПВ – автоматичне повторне включення;
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
ЕМС – електромагнітна сумісність;
ДЖ – джерело живлення;
КЗ – коротке замикання;
МП – магнітне поле;
РЗА – релейний захист та автоматика;
ТБ – техніка безпеки;
ТС – трансформатор струму.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
						5
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. Електромагнітна сумісність лічильників електричної енергії	8
1.1 Електромагнітна сумісність, електромагнітні впливи	8
1.2 Магнітне поле, як форма матерії	10
1.3 Магнітне поле тороїда	11
1.4 Намагніченість сталі. Магнітна проникність	14
1.5 Лічильники електричної енергії	15
РОЗДІЛ 2. Наслідки впливу магнітного поля на лічильники електричної енергії та методи боротьби	18
2.1 Формулювання проблеми.....	18
2.2 Методи боротьби зі спотворенням показань в лічильниках	19
РОЗДІЛ 3. Моделювання захисту ТС методом екранування	22
3.1 Початкові данні та розробка моделей.....	22
3.2 Варіанти виконаних моделей та їх короткий опис	25
3.3 Результати симуляції впливу магнітного поля на моделі.....	31
3.4 Перевірка ефективності шарування екрану	38
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	45
4.1 Правила техніки безпеки при установці і заміні електролічильників.....	45
Висновок	51
Список використаної літератури	52

БР 3.6.141. 349 ПЗ				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
Р Розроб.		Зальтов В. В.		
Керівник Н		Дяговченко І.М.		
Консульт.				
Н. контр.				
Затверд.		Лебединський І. Л.		
<i>Електромагнітна сумісність та захист лічильників електричної енергії від сильних магнітних полів</i>				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
			6	52
СумДУ, ЕТ-71				

Вступ

Із часу винаходу першого лічильника в 1889 р. угорським ученим Отто Блаті й серійного виготовлення лічильників угорською фірмою «Сапг» істотно змінилася як конструкція самого приладу, так і вимоги до виконуваних ним функцій. На теперішній відомо достатньо багато методів впливу на роботу лічильників, одним з них є постійний магніт.

У даній роботі пропонується підхід до боротьби із фальсифікацією вимірювання електричної енергії, яка виконується через вплив сильних магнітних полів. Досліджено різні екрануючі конструкції для обмеження електромагнітних впливів. Моделювання проводилось за допомогою інструмента моделювання CST EM Studio, з використанням методу скінченних елементів. Вивчено методи оптимізації розмірів та форми екрану, також обрано оптимальний матеріал шарів та прошарків.

Основними задачами роботи є моделювання ситуації насичення залізного осердя імпульсного трансформатора струму при дії на нього сильного магнітного поля від постійного магніту. Зроблено вибір оптимальної форми, матеріалу, розміру, розміщення екрану для захисту трансформаторів струму, та опрацьовано ефективність даного методу. Також було порівняно екран з цільною структурою а також, який складається із шарів з прошарками з паперу та полімеру, та як це впливає на ефективність екранування.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. Електромагнітна сумісність лічильників електричної енергії

1.1 Електромагнітна сумісність, електромагнітні впливи

Електромагнітна сумісність (ЕМС) є поняттям, яке поєднує в собі такі відомі електромагнітні явища як радіоперешкоди, вплив на мережу, перенавантаження, коливання напруги в мережі, електромагнітні впливи, фон промислової частоти в 50 Гц, дія заземлення і т.д.

Існує кілька визначень для «електромагнітної сумісності». Стандарт VDE 0870 визначає ЕМС як «здатність електричного пристрою задовільно функціонувати у своєму електромагнітному середовищі, не впливаючи на це середовище, в якому також знаходяться інші пристрої, недопустимим чином». ГОСТ Р 50397-92 визначає електромагнітну сумісність як "здатність технічного засобу функціонувати з заданою якістю в заданому електромагнітному середовищі і не створювати неприйнятних електромагнітних перешкод для інших технічних засобів".

Основні поняття в теорії електромагнітної сумісності є поняттями передавачів і приймачів електромагнітної енергії (електромагнітних перешкод) у їх розширеному розумінні. Так до електромагнітних передавачів енергії включаються телевізійні та радіомовні пристрої, електричні кола і системи, які ненавмисно випромінюють в середовище електромагнітну енергію, електричні приймачі, як джерела електромагнітних перешкод, що поширюються по ланцюгах живлення.

На об'єктах електроенергетики передавачами електромагнітних впливів, які можуть впливати на автоматичні і автоматизовані системи технологічного управління електротехнічними об'єктами є:

- Перехідні процеси в ланцюгах високої напруги при комутаціях силових вимикачів і роз'єднувачів;
- Перехідні процеси в ланцюгах високої напруги при коротких замиканнях, спрацюванні розрядників або обмежувачів перенапруг;

									Арк
									8
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

- Електричні і магнітні поля промислової частоти, створювані силовим обладнанням станцій і підстанцій;
- Перехідні процеси в заземлюючих пристроях підстанцій, обумовлені струмами КЗ промислової частоти і струмами блискавок;
- Швидкі перехідні процеси при комутаціях в індуктивних ланцюгах низької напруги;
- Перехідні процеси в ланцюгах різних класів напруги при ударах блискавки безпосередньо в об'єкт або поблизу нього;
- Розряди статичної електрики;
- Електромагнітні збурення в колах оперативного струму.

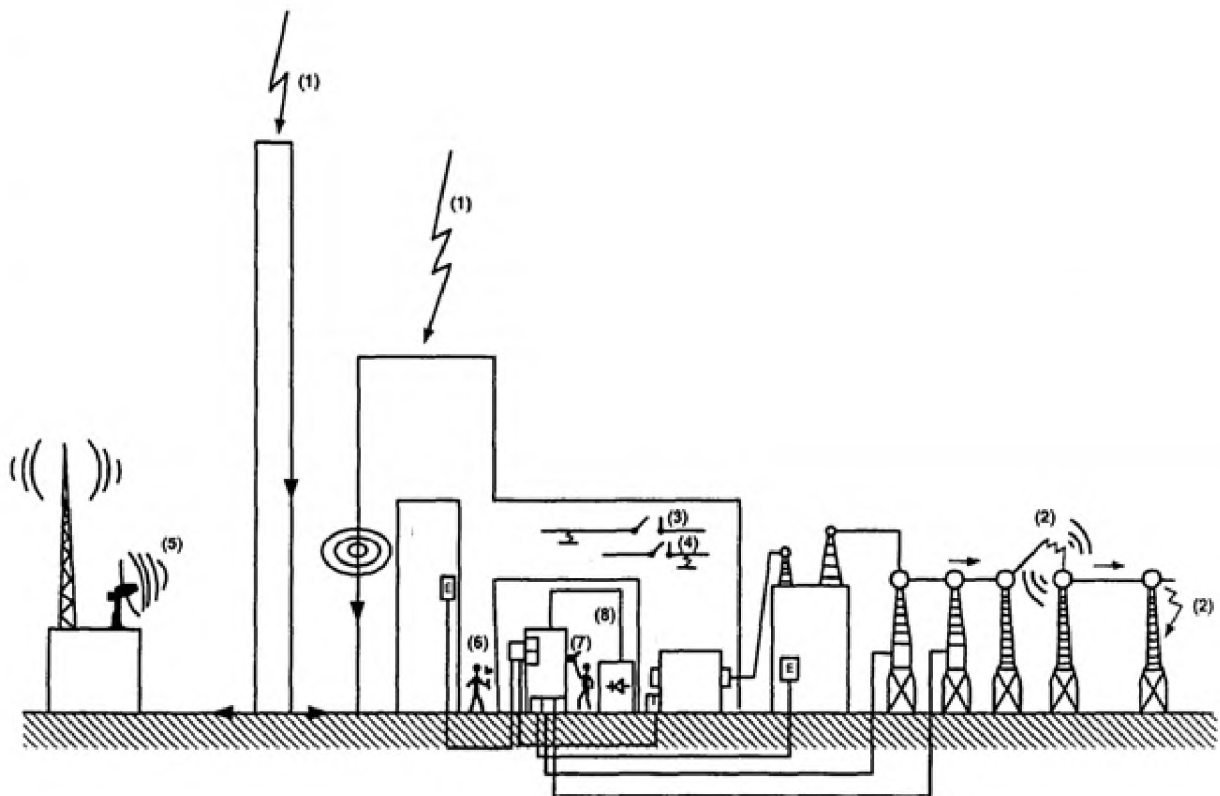


Рисунок 1 – Джерела електромагнітних впливів на електричних станціях і підстанціях:

1 – удар блискавки; 2 – перемикання і короткі замикання в мережі високої напруги; 3 – перемикання і КЗ в мережі середньої напруги ; 4 – перемикання і КЗ в мережі низької напруги; 5 – зовнішні джерела радіочастотних випромінювань; 6

– внутрішні джерела радіочастотних випромінювань; 7 – розряди статичної електрики; 8 – джерела кондуктивних перешкод по ланцюгах живлення.

1.2 Магнітне поле, як форма матерії

При підключенні до двох паралельних провідників електричного струму, вони будуть притягатися або відштовхуватися, в залежності від напрямку (полярності) підключеного струму. Це пояснюється явищем виникнення матерії особливого роду навколо цих провідників. Ця матерія називається магнітне поле (МП). Магнітної силою називається сила, з якою провідники діють один на одного. Магнітне поле впливає на переміщення електричних зарядів, а також на речовини, звані феромагнетиками: залізо, чавун, їхні сплави. Взаємодіє з постійними магнітами – тілами, що мають загальний магнітний момент заряджених електронів.

Джерелом МП є електричне поле, що змінюється в часі, рухливі заряди та постійні магніти. Електричні заряди, які знаходяться в русі, найчастіше мають більше магнітної енергії, в порівнянні з постійними магнітами.

Головною відмінністю і властивістю магнітного поля є відносність. Якщо нерухомо залишити заряджене тіло в деякій системі відліку, а поруч розташувати магнітну стрілку, то вона покаже на північ, і при цьому не «відчує» стороннього поля, крім поля землі. А якщо заряджене тіло почати рухати біля стрілки, то навколо тіла з'явиться МП. В результаті стає ясно, що МП формується тільки при русі деякого заряду.

Магнітне поле впливає на електричний струм. Його можна виявити, якщо проконтролювати рух заряджених електронів. У МП частинки з зарядом відхиляться, провідники з струмом, що протікає будуть переміщатися. Рамка зі струмом стане повертатися, а намагнічені матеріали перемістяться на деяку відстань, відштовхнуться або притягнуться.

До параметрів магнітного поля відносять:

- Зчеплення потоків (Ψ)
- Вектор магнітної індукції (B)

						Арк
					БР 3.6.141. 349 ПЗ	10
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

- Магнітний потік (Φ)

Інтенсивність магнітного поля обчислюється розміром вектора магнітної індукції, яка залежить від сили F , і формується струмом I по провіднику, що має довжину l :

$$B = \frac{F}{I \cdot l}, [\text{Тл}] \quad (1.1)$$

Магнітна індукція вимірюється в Тесла (Тл), на честь вченого, який вивчав явища магнетизму і займався їх методами розрахунку. 1 Тл дорівнює індукції магнітного потоку силою 1 Н на довжині 1 м прямого провідника, що знаходиться під кутом 90 градусів до напрямку поля, при протіканні струму в один ампер:

$$1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \quad (1.2)$$

1.3 Магнітне поле тороїда

Тороїд являє собою тонкий дріт, щільно (виток до витка) намотаний на осердя (каркас) у формі тора рисунок 3. Трансформатори з тороїдальними сердечниками набагато більш чутливі до насичення матеріалу сердечника, що є прямим результатом їх конструкції, більш наближається до ідеальної.

Для тороїдальних сердечників вектор магнітного потоку завжди паралельний площині зерна, тому ці сердечники можуть працювати при таких значеннях щільності потоку, які значно ближче за своєю величиною до насичення. А це, в свою чергу, дозволяє зменшувати розміри трансформатора, так як робота при більш високих значеннях магнітного потоку дозволяє використовувати сердечник меншого розміру. Відповідно, процес насичення тороїдальних сердечників відбувається більш різко, тоді як подібний перехід для звичайних Ш-образних сердечників відбувається більш плавно.

									Арк
									11
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	БР 3.6.141. 349 ПЗ				

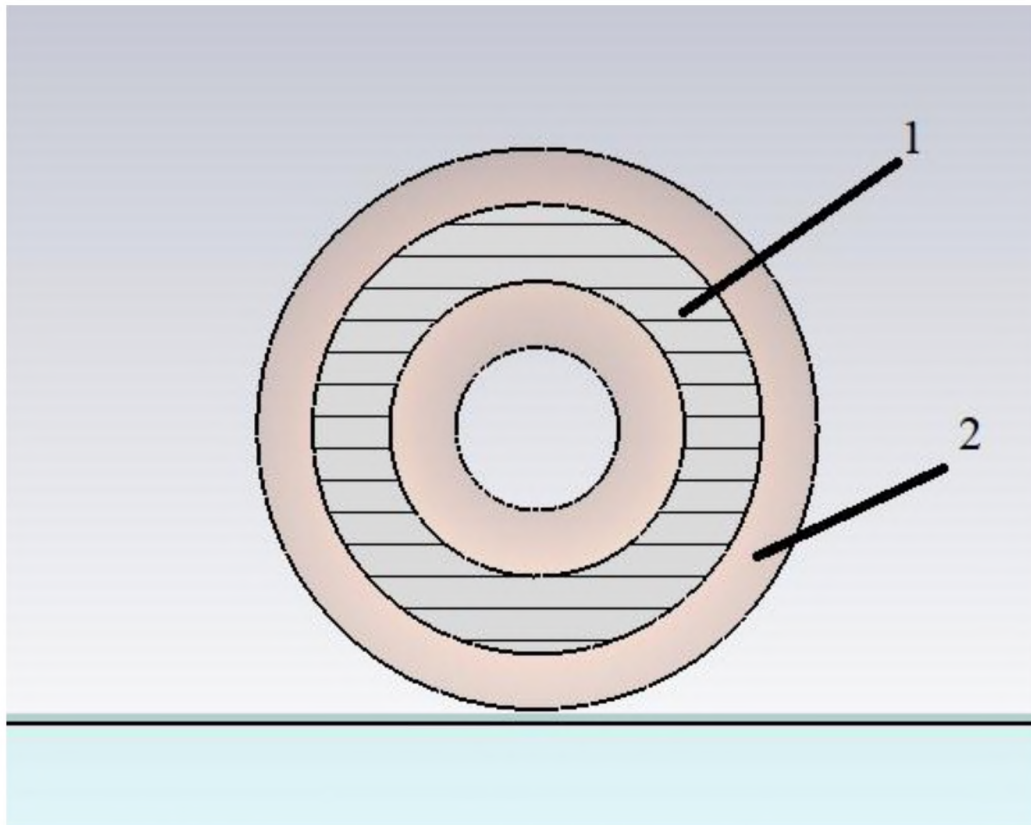


Рисунок 3 – Зображення трансформатора з тороїдальним осердям:

1 – осердя; 2 – обмотка.

Насичення сердечника трансформатора вкрай небажано, так як при цьому відбувається інтенсивне розсіювання магнітного потоку поза сердечника, що викликає наведення струмів індукції в близько розташованих ланцюгах. Ще гірше те, що насичення виникає періодично (з частотою 100 або 120 Гц), тому викликає сплески перешкод, частоти яких поширюються і на звукових частотах і в радіочастотний діапазон. Більш різкий перехід в режим насичення сприяє появі більшої частки вищих гармонік. Зрозуміло, не можна забувати і про те, що насичення сердечника призводить до його перегріву, аж до його фізичного руйнування.

Візьмемо контур L у вигляді кола радіуса r , центр якого збігається з центром тора радіуса R , зображено на рисунку 4.

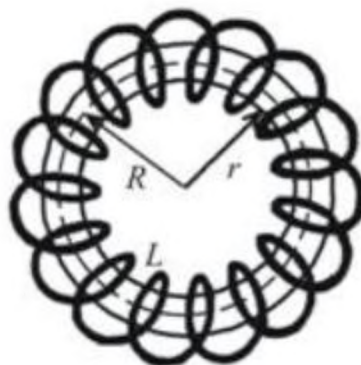


Рисунок 4 – Тороїдальний трансформатор з позначеннями

В силу симетрії, вектор в кожному струмі спрямований по дотичній до контуру, а тому:

$$\oint_L^0 B_l \cdot dl = B \cdot 2 \cdot \pi r = B \cdot l \quad (1.3)$$

Якщо контур проходить всередині тороїда, він охоплює струм:

$$I = 2\pi \cdot R \cdot n \cdot l \quad (1.4)$$

де, n – число витків на одиницю довжини.

Тоді, відповідно до теореми про циркуляцію векторів, можна записати:

$$B \cdot 2\pi r = 2\pi R \cdot n \cdot I \cdot \mu \cdot \mu_0$$

Звідси випливає, що магнітна індукція рівна:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot n \cdot I \quad (1.5)$$

У тороїді магнітне поле однорідне тільки величиною, тобто по модулю, але напрямком його в кожній точці різний.

1.4 Намагніченість сталі. Магнітна проникність

Для посилення магнітного поля і надання йому певної форми в різних електричних машинах і апаратах широко застосовують феромагнітні матеріали: залізо, кобальт, нікель і їх сплави – сталь і ін.

Якщо феромагнітний матеріал помістити в котушку і пропустити по її виткам електричний струм, то під впливом магнітного поля, створеного струмом, матеріал намагнітиться. Це означає, що в матеріалі утворюється власне магнітне поле, отримане в результаті складання магнітних полів (магнітних моментів) окремих атомів.

Зміна сили струму в котушці приводить до зміни напруженості її магнітного поля H , що викликає зміну магнітної індукції B в осерді цієї котушки.

На рисунку 5 показаний графік зміни магнітної індукції в залежності від напруженості намагнічує магнітного поля. Такі графіки називаються кривими намагнічування. Для різних матеріалів і їх марок криві намагнічування різні. При невеликих значеннях напруженості поля H магнітна індукція в матеріалі швидко збільшується, намагнічування відбувається приблизно пропорційно зміні напруженості, а потім, у міру збільшення напруженості магнітного поля, зростання магнітної індукції матеріалу сповільнюється.

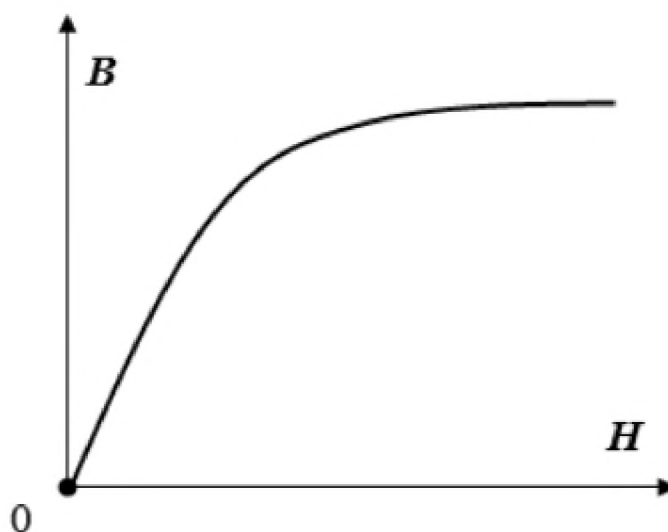


Рисунок 5 – Крива намагнічування $B = f(H)$

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

Стан матеріалу, при якому подальше збільшення напруженості магнітного поля не приводить до зростання його намагніченості, називається магнітним насиченням.

Магнітні властивості матеріалів характеризуються їх абсолютної магнітної проникністю μ_a . Вона визначається відношенням магнітної індукції B до напруженості магнітного поля H і вимірюється в Генрі/метр (Гн/м).

$$\mu_a = \frac{B}{H} \quad (1.5)$$

Абсолютна магнітна проникність вакууму $\mu_a = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Для повітря і інших неферромагнітних матеріалів вона незначно відрізняється і при технічних розрахунках приймається рівною $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Так як абсолютна магнітна проникність для вакууму і зазначених вище матеріалів практично однакова, то μ_a називається магнітною постійної μ_0 .

Абсолютна магнітна проникність μ_a ферромагнітних матеріалів непостійна і у багато разів перевищує магнітну проникність вакууму. Число, що показує, у скільки разів абсолютна магнітна проникність μ_a ферромагнітного матеріалу більше магнітної постійної μ_0 , називається відносною магнітної проникністю μ або скорочено магнітною проникністю.

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_0} \quad (1.6)$$

1.5 Лічильники електричної енергії

Лічильник електричної енергії – це засіб вимірювання, що безпосередньо вимірює й обліковує електричну енергію [5]. Залежно від того, для чого використовують показання лічильників, їх поділяють на дві групи:

1) лічильники для розрахункового (комерційного) обліку переданої/спожитої електроенергії, показання яких необхідні для фінансових

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		15

розрахунків. Такі лічильники повинні мати клас точності, не нижчий ніж 2, а якщо вони підключені через вимірювальні трансформатори, клас точності останніх повинен бути не нижчим за 0,5. Для промислових споживачів такі лічильники встановлюють зазвичай на межі розподілу балансової належності електромереж електропередавальної організації й споживача. Для фінансових розрахунків із населенням такі лічильники встановлюють у поверховому або квартирному щитку;

2) лічильники для технічного (контрольного) обліку, призначені для контролю споживання електроенергії споживачами власних потреб електростанцій, підстанцій, розподільних пунктів, окремих підрозділів підприємств тощо. Їх показання не використовують під час фінансових підрахунків, а враховують лише для загального обліку спожитої або відпущеної електроенергії, тому вони можуть мати клас точності 2,5. Ці лічильники можна підключати до вимірювальних трансформаторів із класом точності 1,0.

Крім того, лічильники класифікують за такими параметрами:

- принципом дії: індукційні й електронні;
- кількістю фаз: однофазні та трифазні;
- кількістю напрямків проходження енергії: один і два напрямки;
- кількістю тарифів розрахунку: одно-, дво-, три- й чотири-тарифні;
- видом електричної енергії, що обліковують: активної та реактивної енергій;
- способом підключення: безпосереднього підключення, трансформаторні й універсальні. За точністю обліку лічильники активної енергії поділяють на класи точності: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 а лічильники реактивної енергії – 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0.

Трансформаторні лічильники активної й реактивної енергій повинні мати клас точності 2,0 і вищий.

Електронний лічильник – лічильник, дія якого базується на використанні елементів електронної техніки [5]. Одна з ознак останніх років щодо вдосконалення обліку електричної енергії – усе ширше використання

						Арк
					БР 3.6.141. 349 ПЗ	16
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

електронних лічильників, що поступово витісняють індукційні лічильники. До істотних переваг електронних лічильників належать:

- відсутність у конструкції частин, що обертаються;
- значно ширший діапазон за струмом навантаження;
- високий клас точності;
- висока чутливість;
- можливість обліку електричної енергії у двох напрямках;
- убудована телеметрія.

Закордонна й вітчизняна промисловість випускають широкий спектр різних видів електронних лічильників, призначених для обліку електричної енергії як в одно-, так і в трифазних колах; як за безпосереднього, так і за трансформаторного підключень; як активної, так і реактивної енергій. Електронні лічильники виготовляють із класами точності активної енергії 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 і 4,0, а лічильники реактивної енергії – 1,5; 2,0 і 4,0. Трансформаторні лічильники активної та реактивної енергій повинні мати клас точності 2,0 і вищий. Параметри електронних лічильників наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри електронних лічильників

Номінальна напруга, В		Номінальний струм, А	Максимальний струм, % від номінального
лінійна	фазна		
100, 220, 380, $380/\sqrt{3}$	$380/\sqrt{3}$, 127, 220, 380	1, 5, 10, 20, 40	125, 250, 500, 1000 але не більший за 100 А

РОЗДІЛ 2. Наслідки впливу магнітного поля на лічильники електричної енергії та методи боротьби

2.1 Формулювання проблеми

Потужні постійні магніти на основі рідкісноземельних матеріалів мають достатньо сильне магнітне поле, що може в деяких випадках негативно впливати на облік енергії, а саме на вимірювальні трансформатори. Щоб розраховувати споживання енергії та отримувати статистику якості енергії технічні засоби вимагають вимірювання напруги та струму, одними з найпоширеніших датчиків струму, що використовуються в промисловості, є трансформатори струму, які використовують закон індукції Фарадея для вимірювання струму але постійні магніти негативно впливають на ці вимірювання і створюють деяку похибку, що призводить до не правильного зчитування сигналу.

Більшість ТС, що використовуються в промисловості, мають залізне осердя. Під впливом дуже сильних постійних магнітних полів сердечники в струмових трансформаторах входять в насичення, і вихідні сигнали трансформаторів виявляються нижче рівня, у зв'язку з цим необхідно максимально забезпечити ЕМС приладів обліку електричної енергії за допомогою доступних методів.

Подібне насичення відбувається при високих значеннях струму, і його складно виявити. Подібно своїм аналогам, струмовим трансформаторів, імпульсні трансформатори також можуть бути схильні до впливу зовнішніх магнітних полів. У гіршому випадку насичення веде до втрати магнітної проникності і переходу в стан навантаження для драйверів електровимірювальних пристроїв. Це призводить до короткого замикання диференціальних драйверів і подальшої перевантаженні джерела живлення.

Слід зазначити, що для захисту від магнітних полів не існує єдиного виходу на всі випадки життя. Кожна конкретна ситуація унікальна в залежності від того, чи діють змінні або постійні поля, чи занурений лічильник в магнітне

						Арк
					БР 3.6.141. 349 ПЗ	18
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

поле або на нього впливає зовнішній магніт, чи забезпечує конструктивний простір можливість для переміщення трансформаторів від джерел полів.

2.2 Методи боротьби зі спотворенням показань в лічильниках

Для забезпечення нормальної ЕМС можна скористатися одним із способів боротьби з магнітними перешкодами. Перераховані нижче методи наведені в порядку зміни їх собівартості та ефективності:

1. Реєстрація подій

«Перша лінія захисту» від насичення трансформаторів зовнішніми магнітними полями – проста реєстрація подій. Фіксація зовнішнього магнітного поля може супроводжуватися різними заходами боротьби проти правопорушника – від правових методів до відключення від мережі (з використанням комутуючого пристрою) або штрафу за максимальним тарифом.

Для виявлення зовнішніх магнітів можна використовувати різноманітні способи. При виробництві приладів обліку застосовують такі методи захисту:

1) Герконові реле – ці мініатюрні реле мають феромагнітні контакти, які замикаються під впливом зовнішнього магнітного поля.

2) Датчики на основі ефекту Холла – аналогові датчики які формують вихідну напругу, пропорційне прикладеному магнітному полю. Вихід датчика Холла зазвичай підключають до входу АЦП або компаратора мікросхеми лічильника.

2. Грамотне розташування компонентів, чутливих до магнітних полів

При випробуваннях методом наближення магніту, для випадків з найбільш жорстким магнітним впливом, слід враховувати розташування магніточутливих компонентів, таких як трансформатори та дроселі джерел живлення, а також імпульсних трансформаторів, які повинні розташовуватися якнайдалі від доступних поверхонь корпусу лічильника. Іншим важливим моментом є орієнтація трансформаторів. Тороїдальний трансформатор більш схильний до дії

						Арк
						19
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	БР 3.6.141. 349 ПЗ	

магнітних полів, якщо до магніту звернена одна з плоских поверхонь його сердечника.

3. Магнітне екранування

Ідея магнітного екранування полягає в тому, що при заданій напруженості поля його індукція буде максимальна в матеріалі з більш високою проникністю. Екран буде «вбирати» магнітне поле, відводячи його від чутливих компонентів. Однак при досягненні певного рівня напруженості поля екран може насититися і не зможе зберегти пропорційність магнітної індукції напруженості поля. Важливо знати проникність і інші магнітні властивості екранування компонентів. Так само як і матеріал, який використовується для екранування, ці компоненти будуть концентрувати в собі силові лінії магнітного поля, тому що проникність їх сердечників зазвичай набагато вище, ніж проникність повітря.

Слабкі магнітні поля можуть бути ефективно екрановані мю-металом, сплавом з високою відносною проникністю (зазвичай від 70000 до 80000). Багато виробників випускають такі матеріали у вигляді фольги або фольги з адгезивним шаром. Ці типи фольги легко ріжуться і вигинаються для отримання необхідної форми екрану при лабораторних випробуваннях. Після того як буде експериментально визначена оптимальна конструкція екрана, можна використовувати штампування для формування екрану у вигляді короба або кришки.

При експериментах з магнітними екранами корисно дотримуватися деяких вказівки, а саме:

- 1) Екрани краще працюють, коли їх кути не гострі, а плавно вигнуті.
- 2) При виготовленні екрана з декількох частин фольги слід передбачити їх перекриття в місцях стиків.
- 3) Подвійний або потрійний екран з зазором між шарами працює краще, ніж одиночний екран вдвічі або втричі більшої товщини. Для поділу шарів екрану між собою можна використовувати папір або пластик.

						Арк
						20
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	БР 3.6.141. 349 ПЗ	

4) Ефективність екранування обмежена, особливо при впливі сильних магнітів. На практиці матеріали з високою проникністю мають властивість насичуватися раніше і з цієї причини втрачати свої властивості екрану. Однак ефективне екранування можливо тільки при використанні великого обсягу екрануючого матеріалу, що робить лічильник важким і дорогим.

4. Використання трансформаторів з альтернативними матеріалами

Феритові сердечники стандартних імпульсних трансформаторів насичуються при 450-500 мТл. Трансформатори з таким осердям є хорошим вибором при роботі в слабких зовнішніх магнітних полях, коли є можливість застосовувати реєстрацію подій або розміщення лічильника та його екранування забезпечує хороший результат. Але не всім зовнішніх магнітних впливам здатні протистояти подібні трансформатори. Іноді проти величезних і потужних магнітів єдино ефективним засобом протидії є трансформатор з сердечником з великою індукцією насичення.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		21

РОЗДІЛ 3. Моделювання захисту ТС методом екранування

3.1 Початкові данні та розробка моделей

Я зупинив свій вибір на використанні інструменту моделювання CST EM Studio, що має набір спеціалізованих обчислювальних модулів для електромагнітного аналізу статичних і низькочастотних завдань в частотній і часовій областях, цей варіант був найбільш вдалим у моєму випадку. Обширна кількість елементів моделювання та типів матеріалів, з можливістю додавання своїх, в поєднанні з високою точністю розрахунків робить її ідеальною майже для всіх видів моделювання.

Моделі виконав з екраном з мю-металу, для того щоб захистити тороїдальні ТС в кількості 3 штук на електронній платі з бакелітовою основою. Така кількість ТС була обрана з умови використання трифазного лічильника. Головним завданням було розмістити ТС та екран такої форми, що задовольняє умову ідентичності моделей та має зменшити до мінімуму вплив постійного магніту. Нижче представлено дані про матеріали та їх параметри в схемі, що використовувались мною. Дані заніс у таблицю 2.

Першою незмінною складовою моделі є постійний магніт, що представляє собою циліндр з магнітною індукцією в 1,4 Тл (рис. 5), який має радіус 11 мм. Для забезпечення доцільності порівняння моделей на ефективність магніт завжди знаходиться на одній і тій же відстані від центру ТС – 22,8 мм, або ж на 25,6 мм якщо відраховувати від плати.

Обмотка з чистої міді та осердя з заліза у формі тороїда дозволяють нам отримати досить якісний ТС з порогом насичення близько 470 мТл. Нелінійна залежність магнітної проникності заліза типу «Ferrite_2700» представлена, рис. 6.

В ролі екрану я використав мю-метал, бо він завдяки своїй великій магнітній проникності μ найкраще підходить для екранування такого типу, хоча матеріал і є досить дорогим. Характеристика мю-металу відображена на рисунку 7.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		22

Для десяти базових моделей я використав екран з товщиною стінки 0,64 мм, що дозволило зробити його досить практичним та покращити результати вимірювань.

Таблиця 2 – Дані про використані компоненти в моделях

Компонент моделі	Параметр	Величина
Магніт у формі циліндра	Радіус	11 мм
	Висота	15 мм
	Залишкова намагніченість	1,4 Тл
Залізне осердя у формі тороїда	Великий радіус	2,4 мм
	Малий радіус	1,15 мм
	Відносна магнітна проникність	2700
Обмотка з міді у формі тороїда	Великий радіус	2,8 мм
	Малий радіус	0,65 мм
Екран з мю-металу	Товщина стінки	0,64 мм
	Відносна магнітна проникність	80000

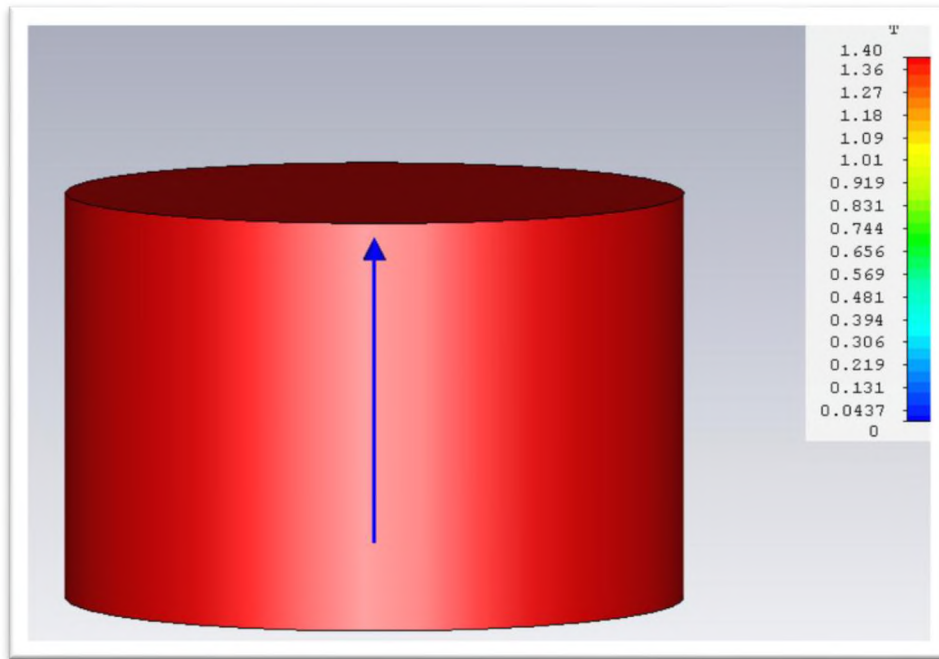


Рисунок 5 – Циліндричний постійний магніт

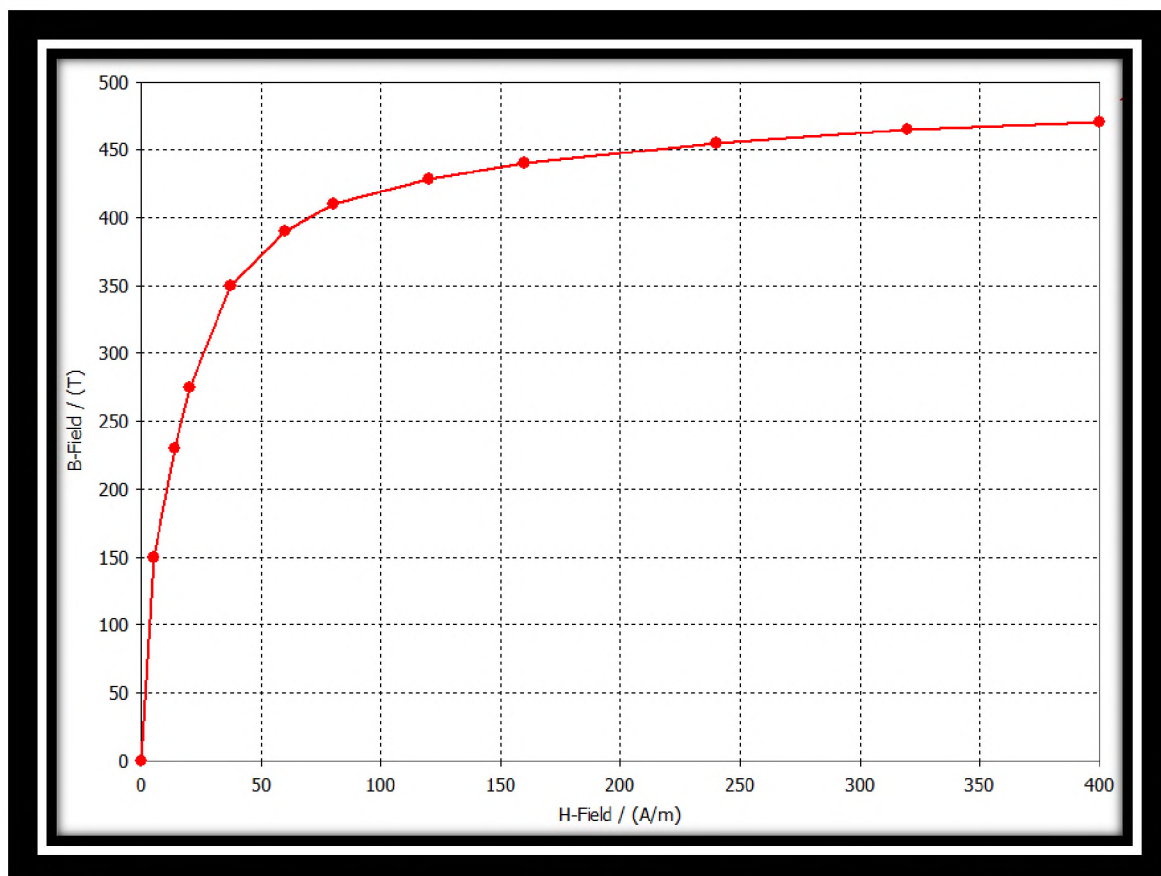


Рисунок 6 – Нелінійна характеристика заліза (Ferrite_2700)

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

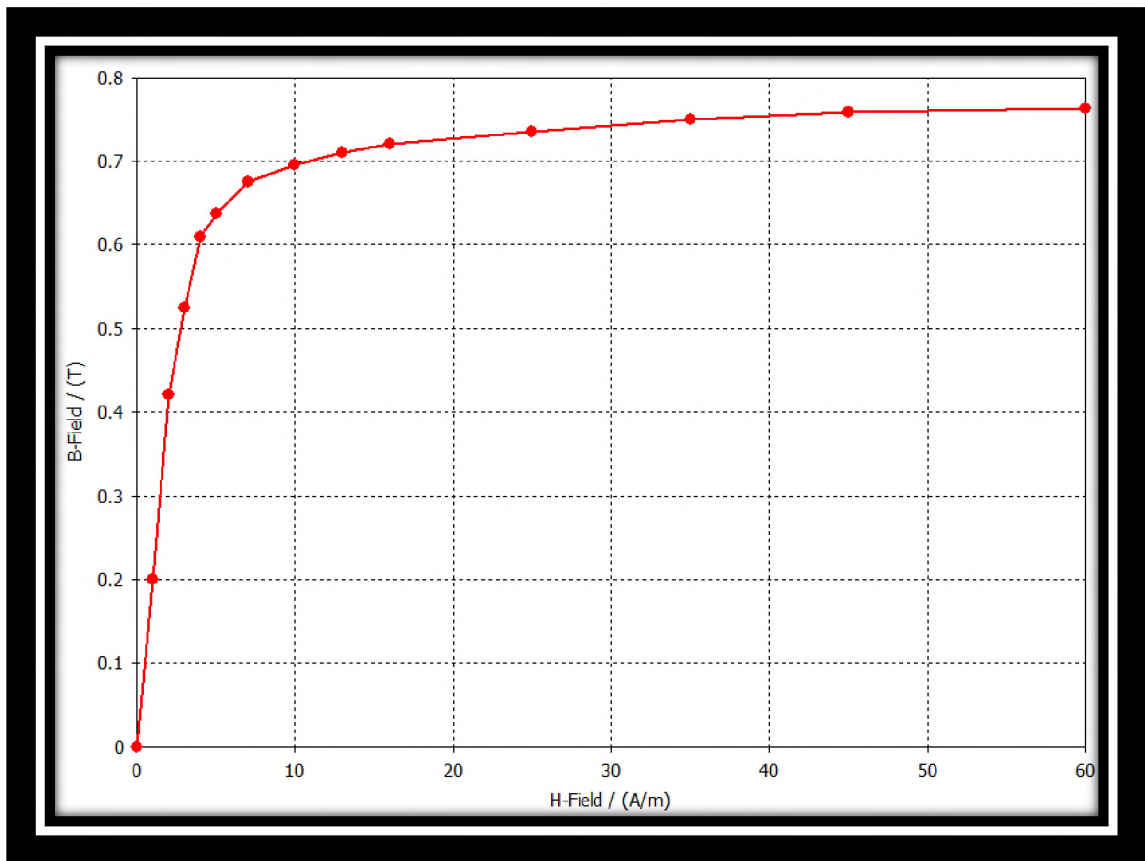


Рисунок 7 – Нелінійна характеристика мю-металу (Mu-metal_80000)

3.2 Варіанти виконаних моделей та їх короткий опис

Всього я вирішив зробити десять моделей для розгляду проблеми насичення залізних осердь в ТС. Спираючись на розглянуті вище матеріали про магнітні екрани та їх оптимальне використання я вирішив, що буду робити моделі екранів типу трикутник та чотирикутник з різним розташуванням ТС під ними, також використаю настанови з [8] для максимально ефективного моделювання.

Модель «Прямокутник 3 в ряд» зображена на рисунку 8 має форму прямокутника, ТС розташовані під екраном як три в ряд з орієнтацією осі Z. Ця схема має згини, відповідно як і усі інші, з радіусом, обраним шляхом підстановки, для забезпечення максимального екранування. Постійний магніт знаходиться рівно посередині захисного екрану на відповідній відстані.

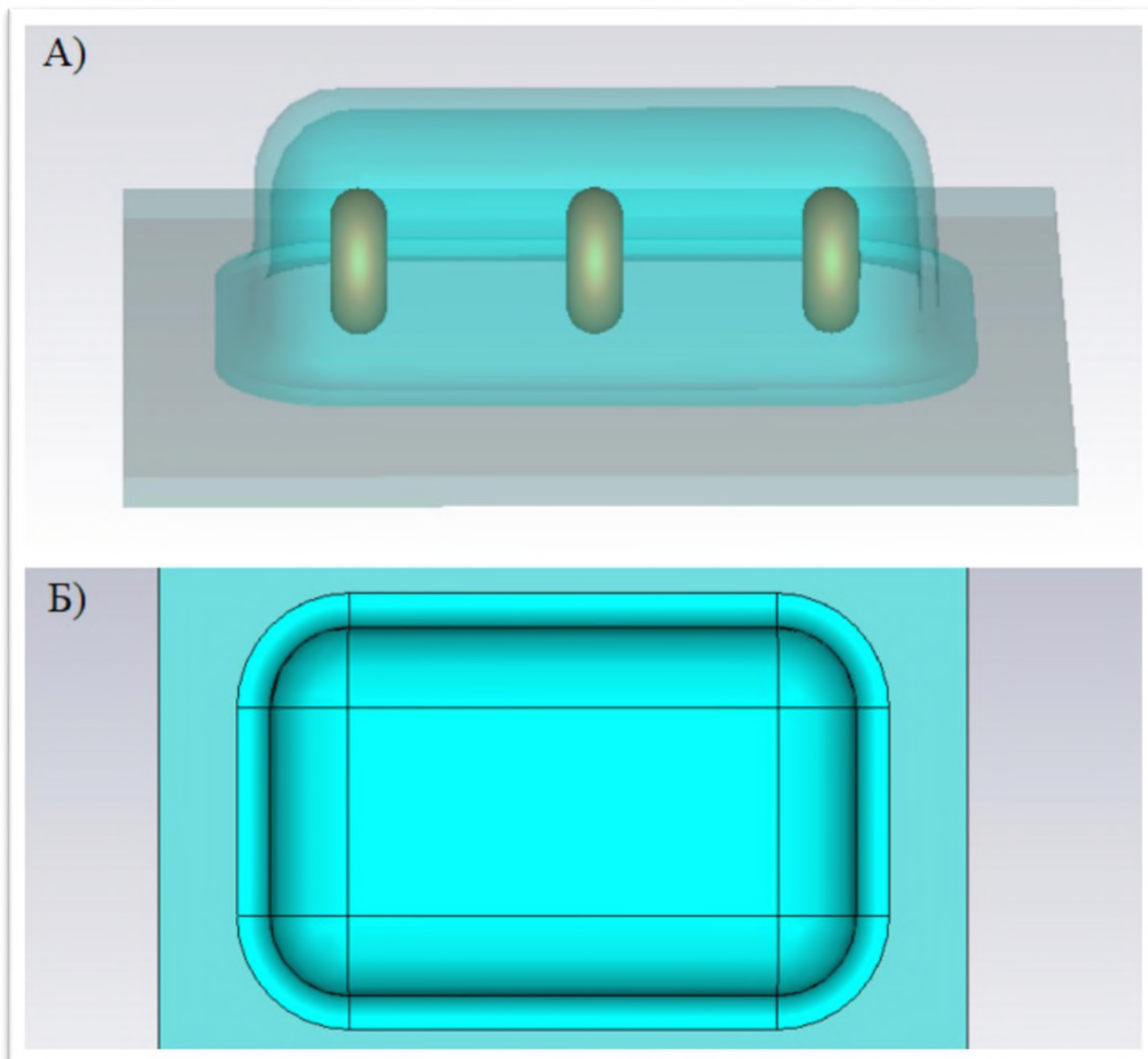


Рисунок 9 – Модель «Прямокутник»: А) вид збоку; Б) вид згори.

Надалі я в ролі екрану досліджував трикутники, це призвело до змін в розсташуванні ТС. Одну з моделей я виконав у формі прямокутного трикутника з назвою «Прямокутний». На рисунку 10 видно, що мені довелося ТС помістити в кутах меншого прямокутного трикутника, щоб зберегти відстані між самими ТС та захисним екраном. Також я вирішив перевірити наскільки будуть змінюватися результати вимірювання магнітної індукції в залізному осерді при розсташуванні магніта не тільки посередині а й над кожним трансформатором, і відповідно назвав ці моделі «Прямокутний_А», «Прямокутний_В», «Прямокутний_С» – відповідно до назви ТС.

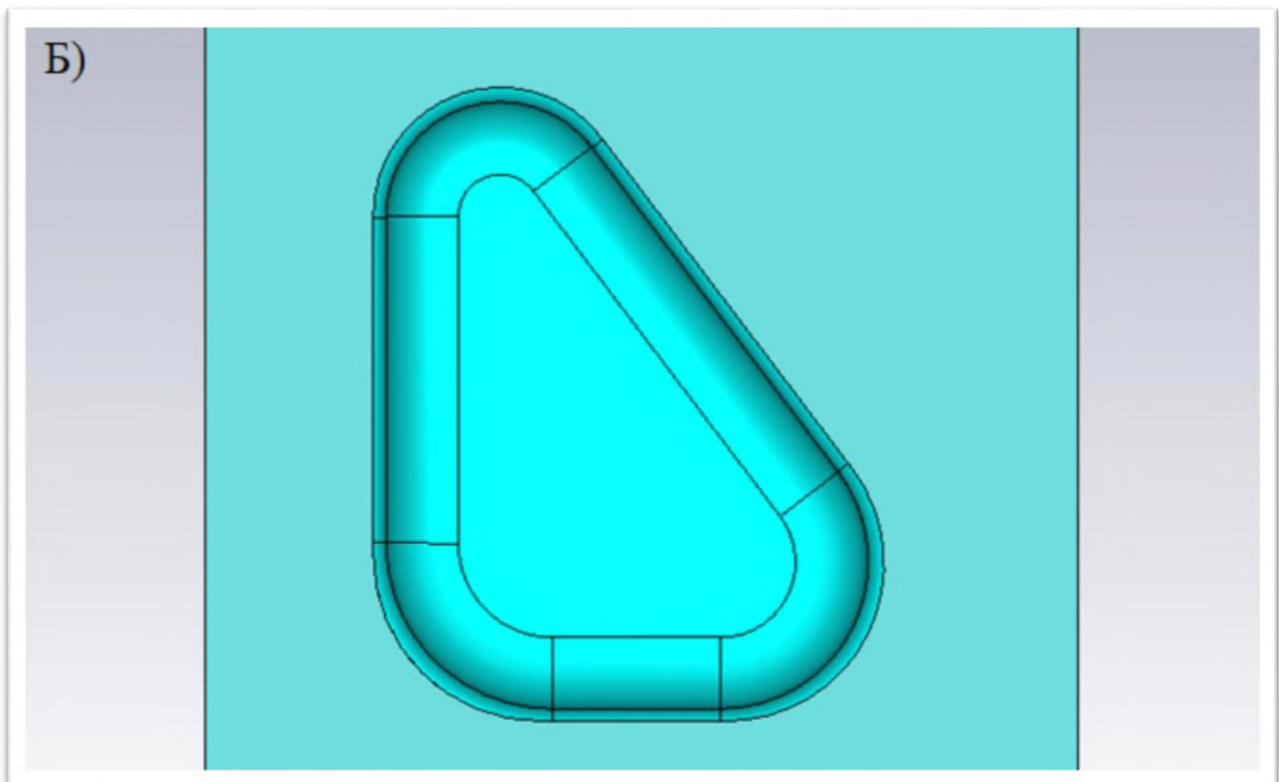
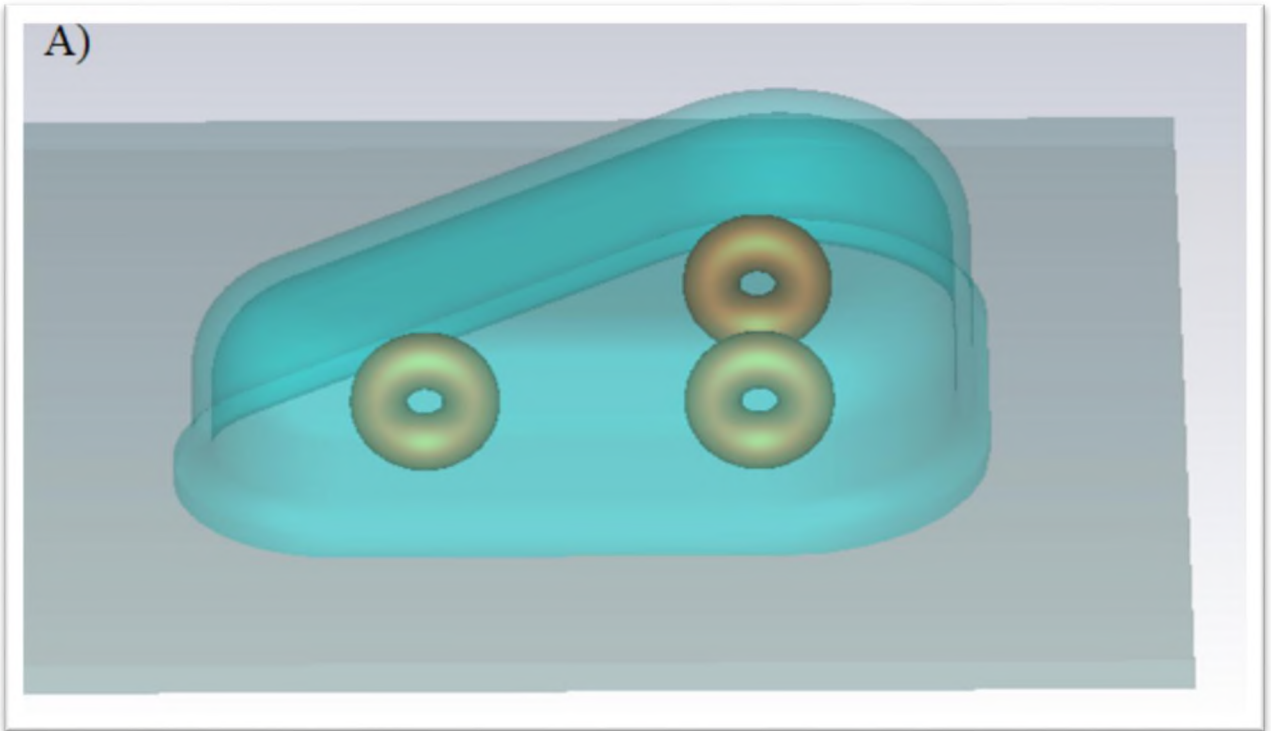


Рисунок 10 – Модель «Прямокутний»: А) вид збоку; Б) вид згори.

На мою думку, досить вдалим варіантом буде використати форму рівностороннього трикутника у цілях екранування. Модель назвав

«Рівносторонній» та зобразив на рисунку 11. Трансформатори розташував знову ж таки по кутам, але вже рівностороннього трикутника з орієнтацією по осі X. У цьому випадку TC B та C на одній осі, а от A знаходиться вище, тому я вирішив перевірити і варіант з магнітом над трансформатором A, модель назвав «Рівносторонній_A».

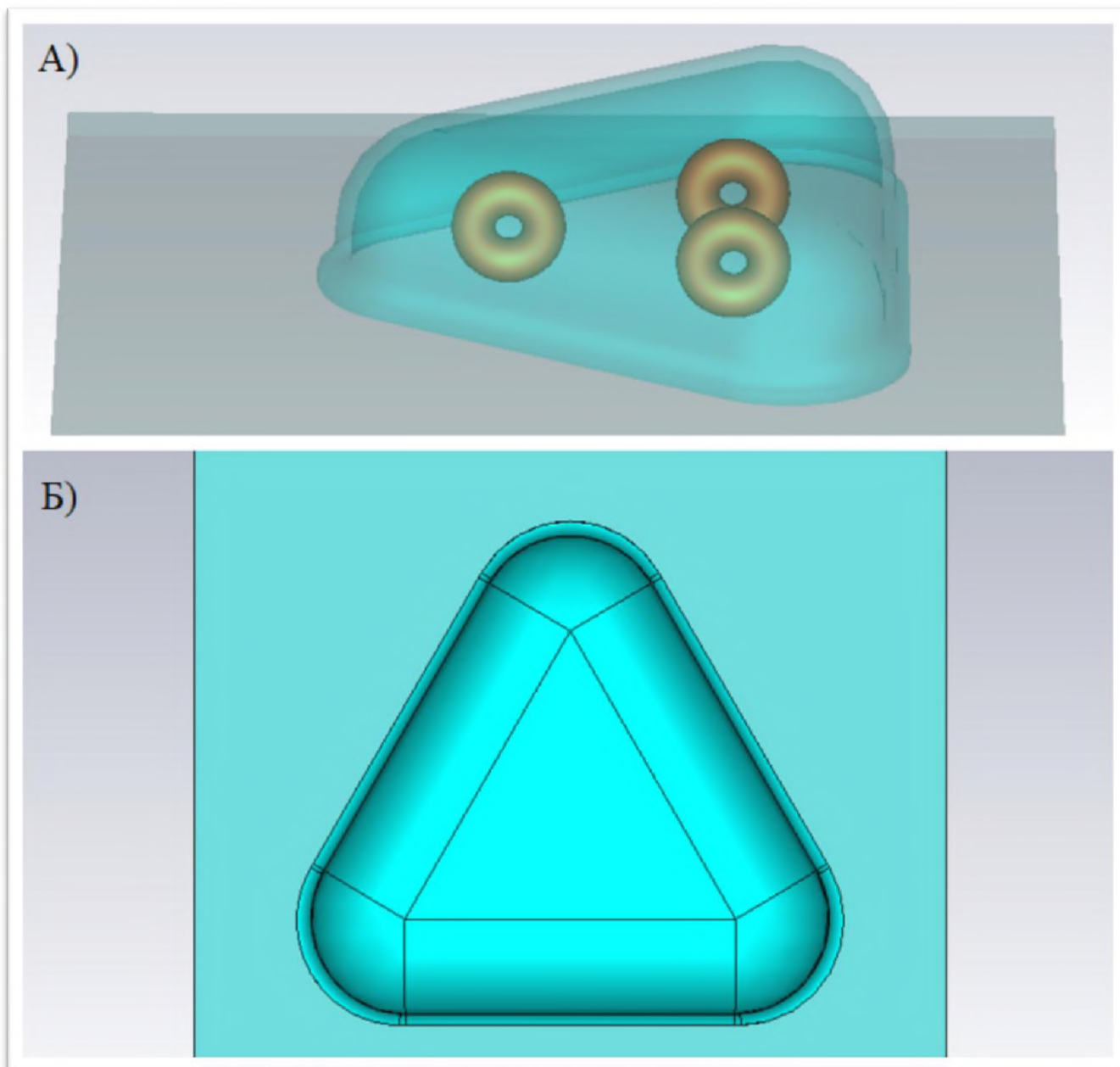


Рисунок 11 – Модель «Рівносторонній»: А) вид збоку; Б) вид згори.

На модель під назвою «Рівносторонній-зірка» затрачається менше екрануючого матеріалу, бо я вирішив проекспериментувати ще й з

трансформаторами розташованими у формі зірки, що зображено на рисунок 12. Кожний ТС повернутий на 120 градусів відносно іншого, що зменшує загальну площу. Так як всі трансформатори розташовані симетрично, то було вирішено зробити тільки одну додаткову модель з магнітом над ТС фази А, яка має назву «Рівносторонній-зірка_А».

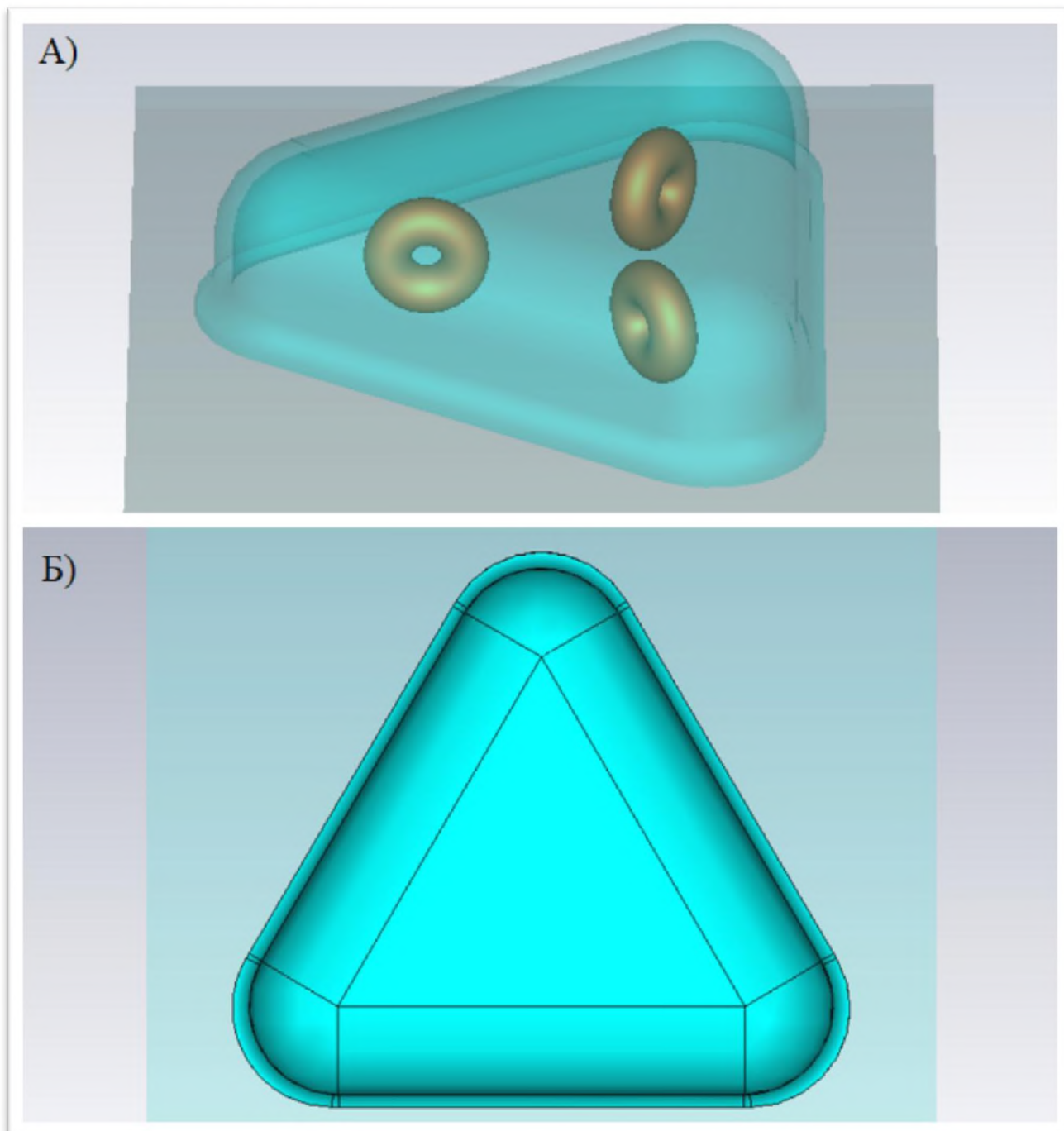


Рисунок 12 – Модель «Рівносторонній-зірка»: А) вид збоку; Б) вид згори.

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

3.3 Результати симуляції впливу магнітного поля на моделі

При переході до вимірювань необхідно виставити параметри проведення симуляції. У моєму випадку я використав функцію «M-Static Solver» що являє собою симулювання поведінки моделі у магнітному постійному полі. Щоб симуляція працювала необхідно обрати джерело – постійний магніт. Окрім цього я змінив сітки таких матеріалів як: магніт та екран, для забезпечення найбільш точних результатів вимірювання. Одним з важливих пунктів є точність вимірювань, у програмі її можна обрати зі значень 10^{-3} ; 10^{-4} ; 10^{-6} ; 10^{-9} ; 10^{-12} . Цей пункт значно впливає на час опрацювання симуляції але й досить ефективний для досягнення максимально приближених результатів, я вирішив зупинитись на точності в 10^{-6} .

Результати вимірювань подаються не у вигляді числового ряду а зображуються на 2D/3D схемі, то враховуючи це маю необхідність показати усі приклади симульованих схем на рисунках 13-22.

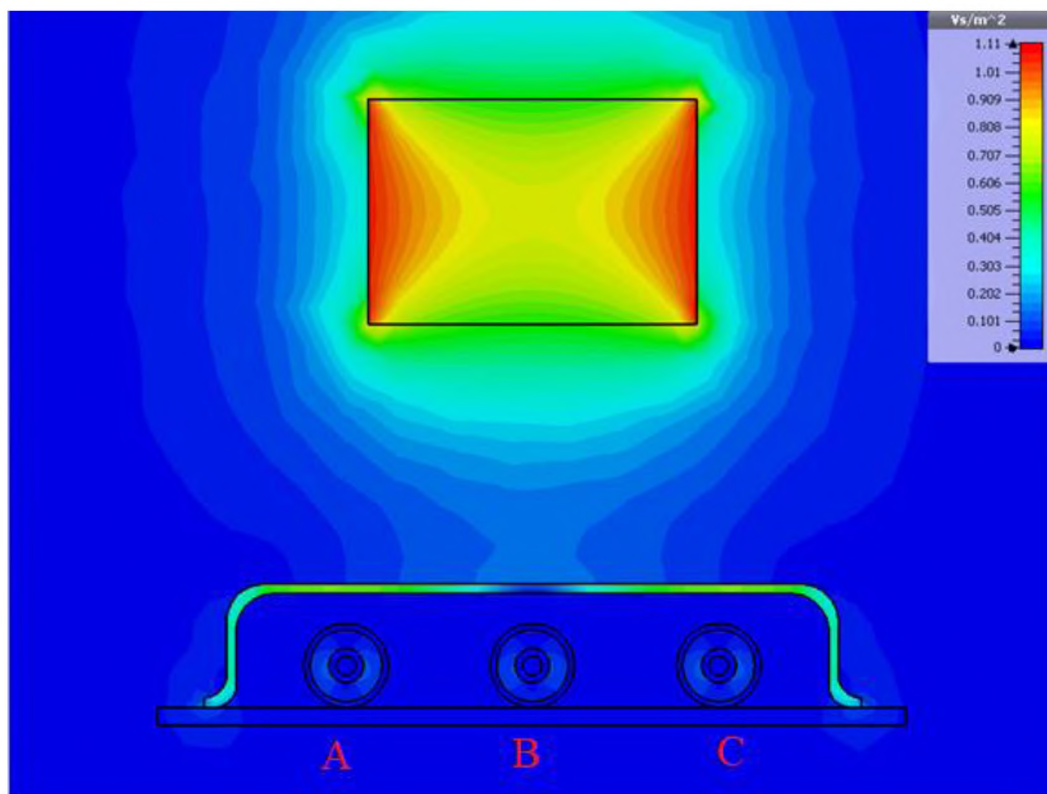


Рис. 13 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд»

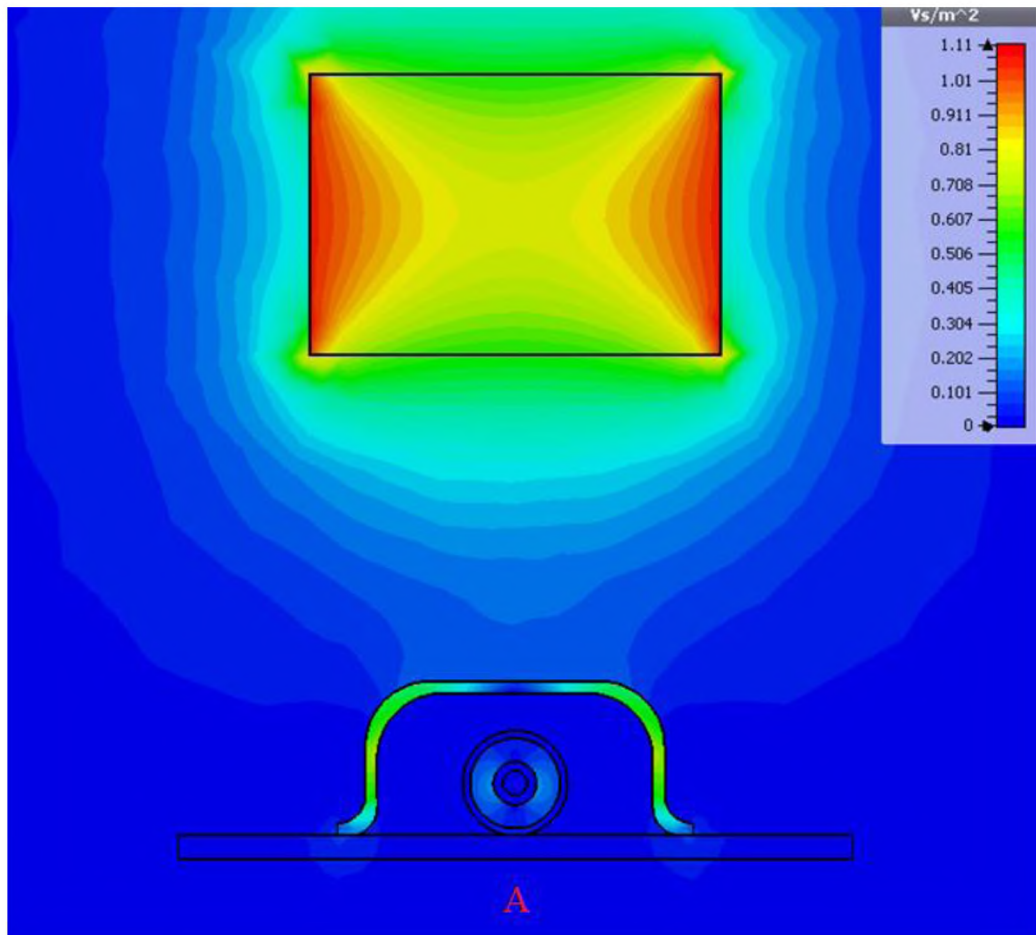


Рис. 14 – Результат симуляції «Прямокутник»

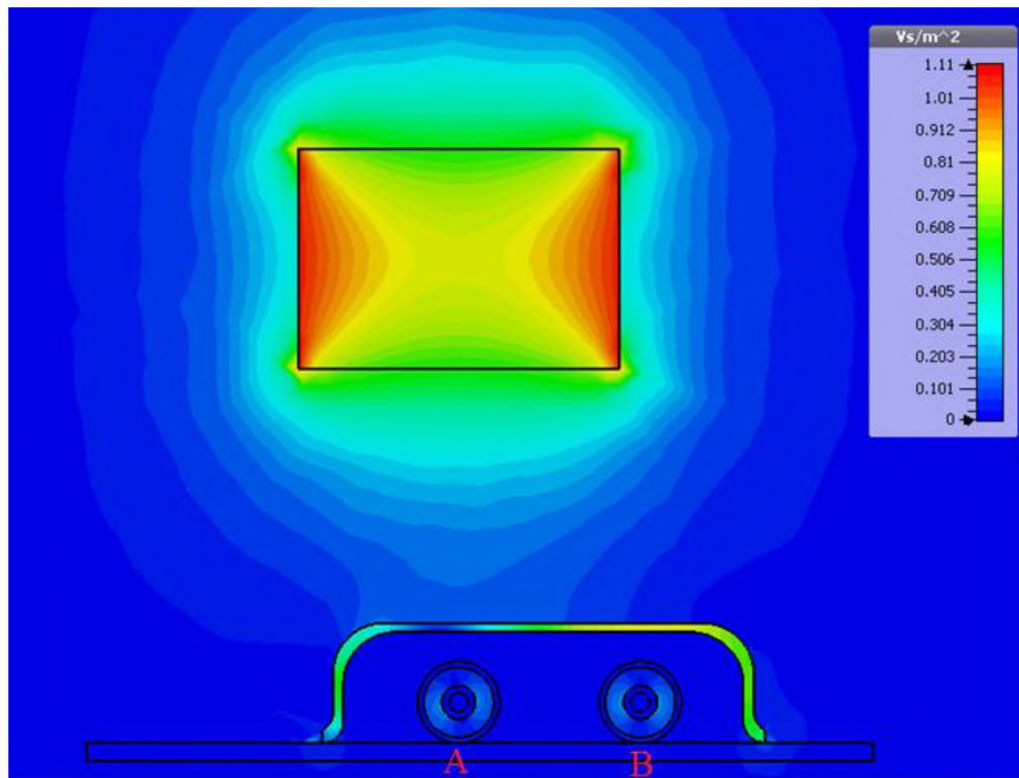


Рис. 15 – Результат симуляції «Прямокутний_А»

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

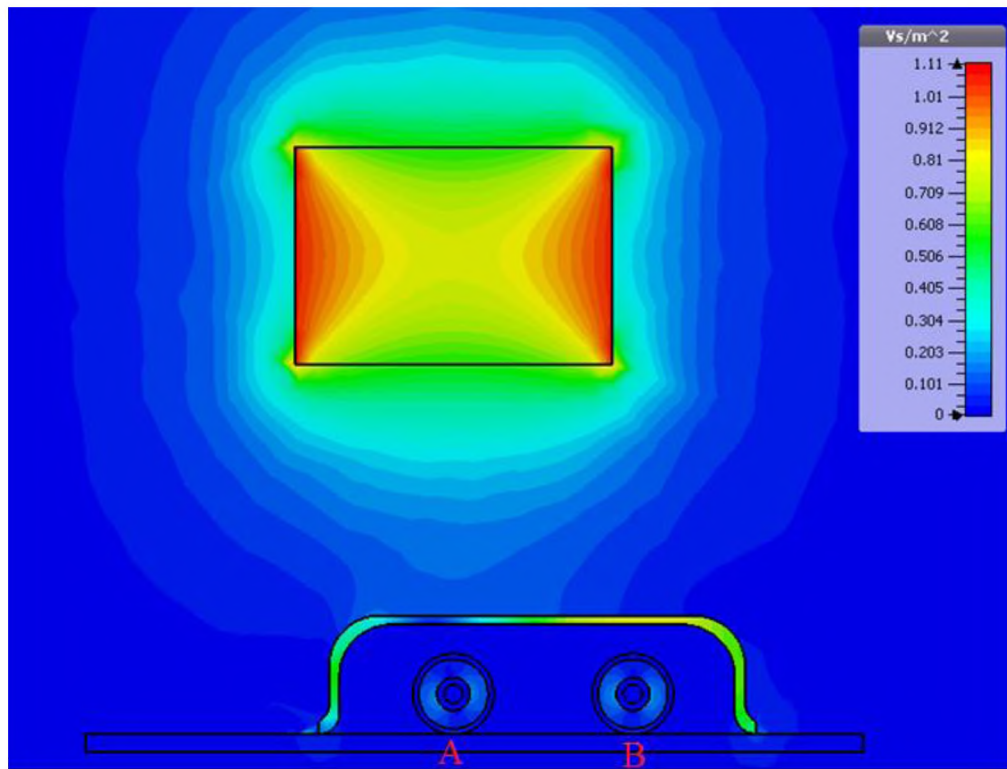


Рис. 16 – Результат симуляції «Прямокутний_B»

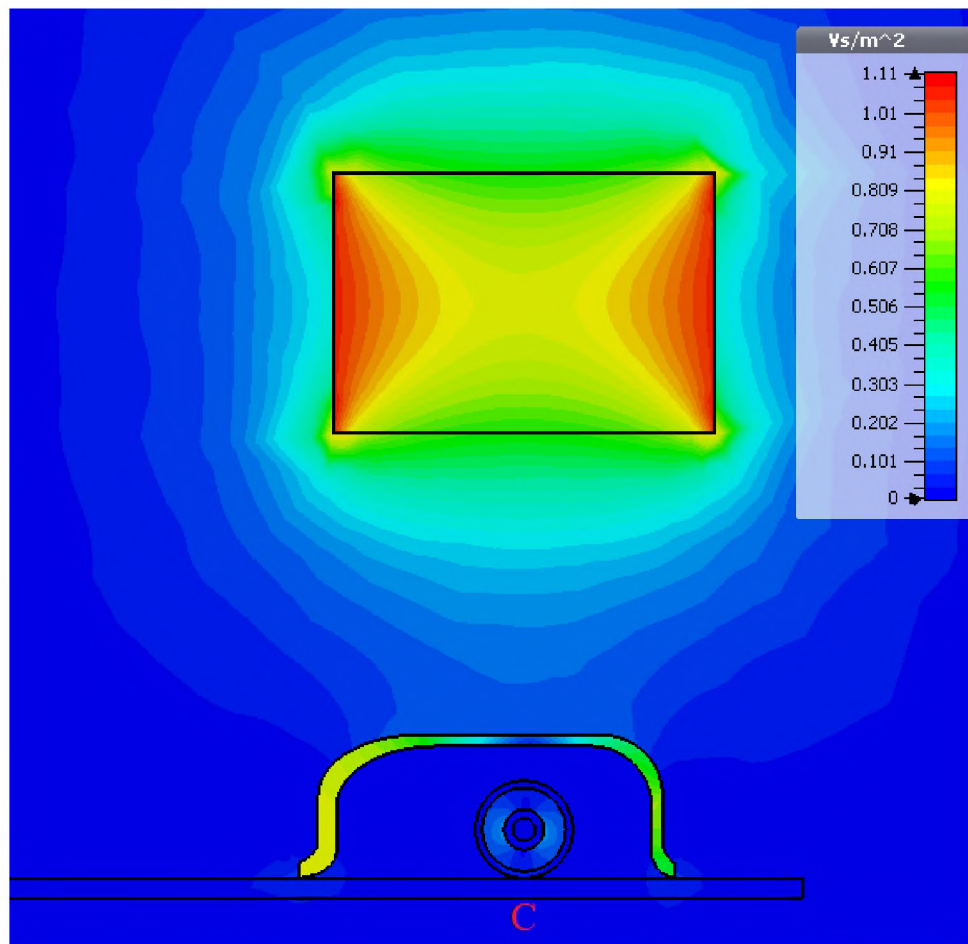


Рис. 17 – Результат симуляції «Прямокутний_C»

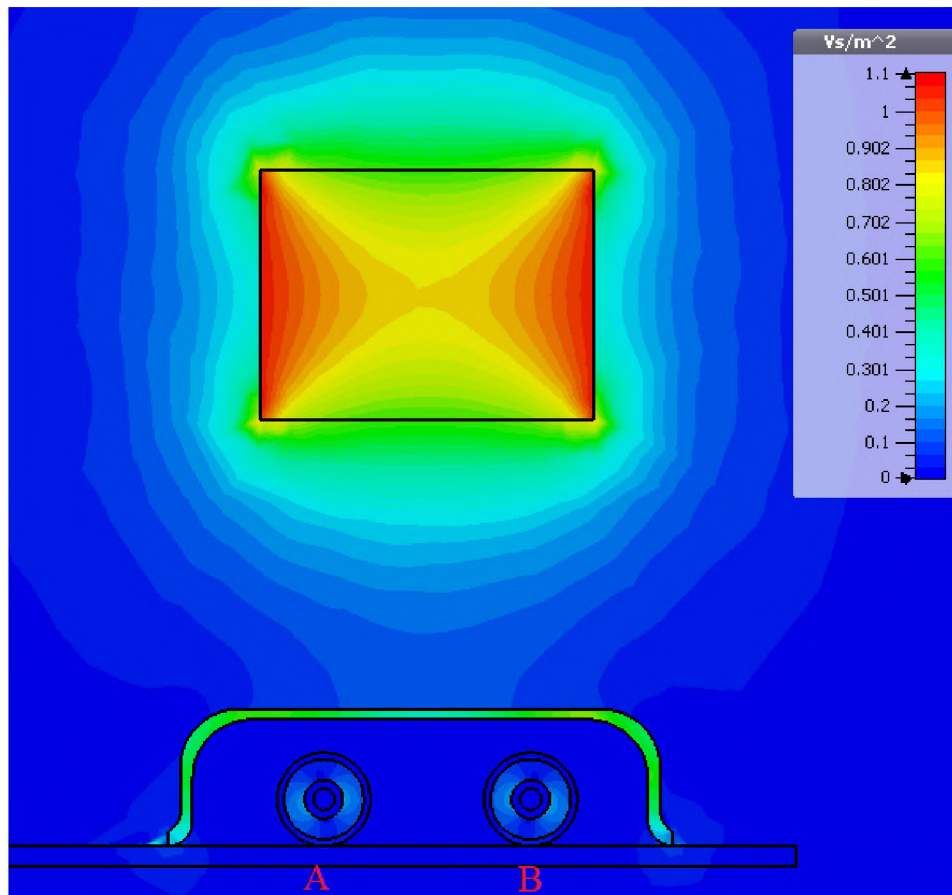


Рис. 18 – Результат симуляції «Прямокутний»

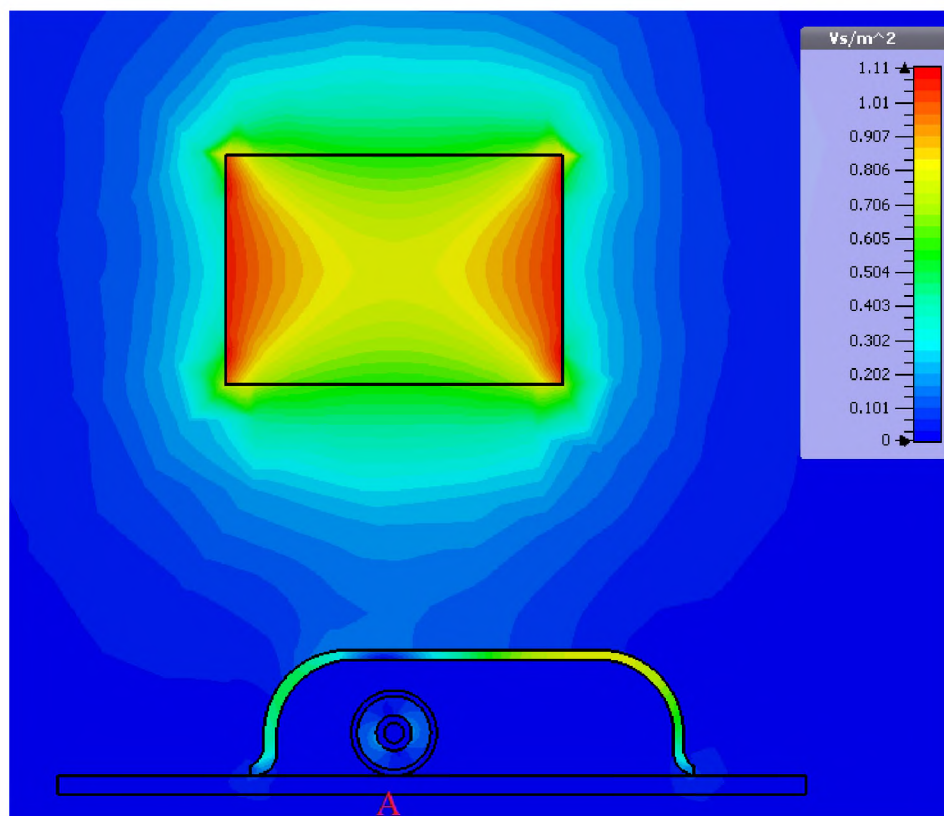


Рис. 19 – Результат симуляції «Рівносторонній_А»

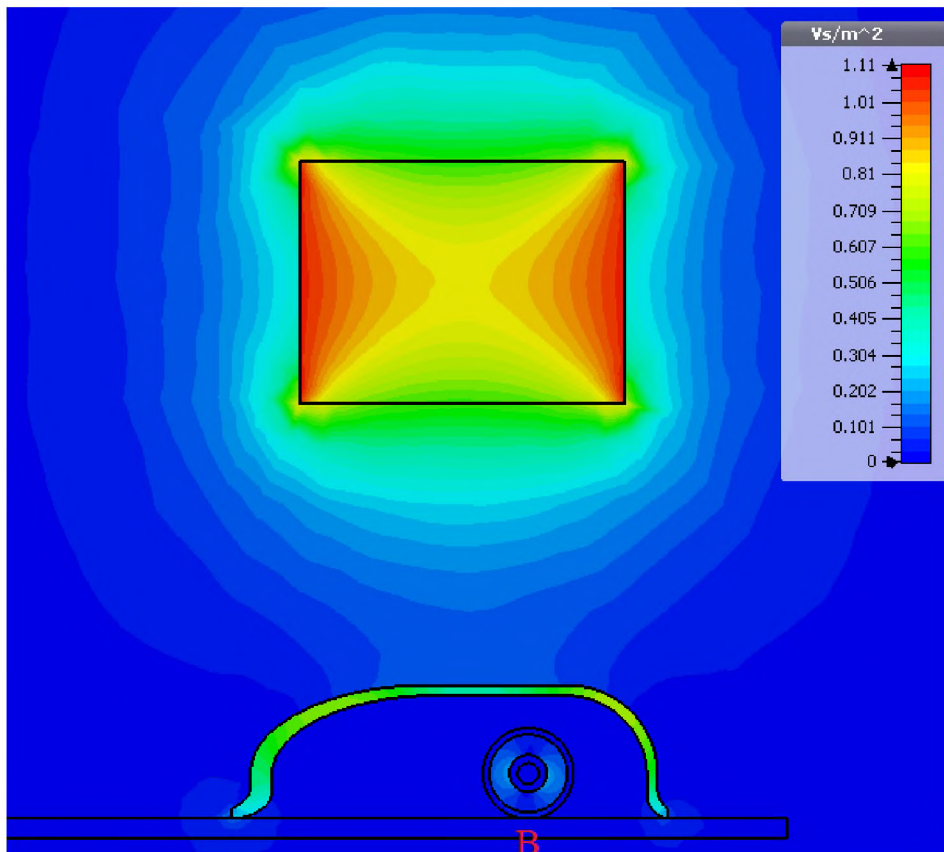


Рис. 20 – Результат симуляції «Рівносторонній»

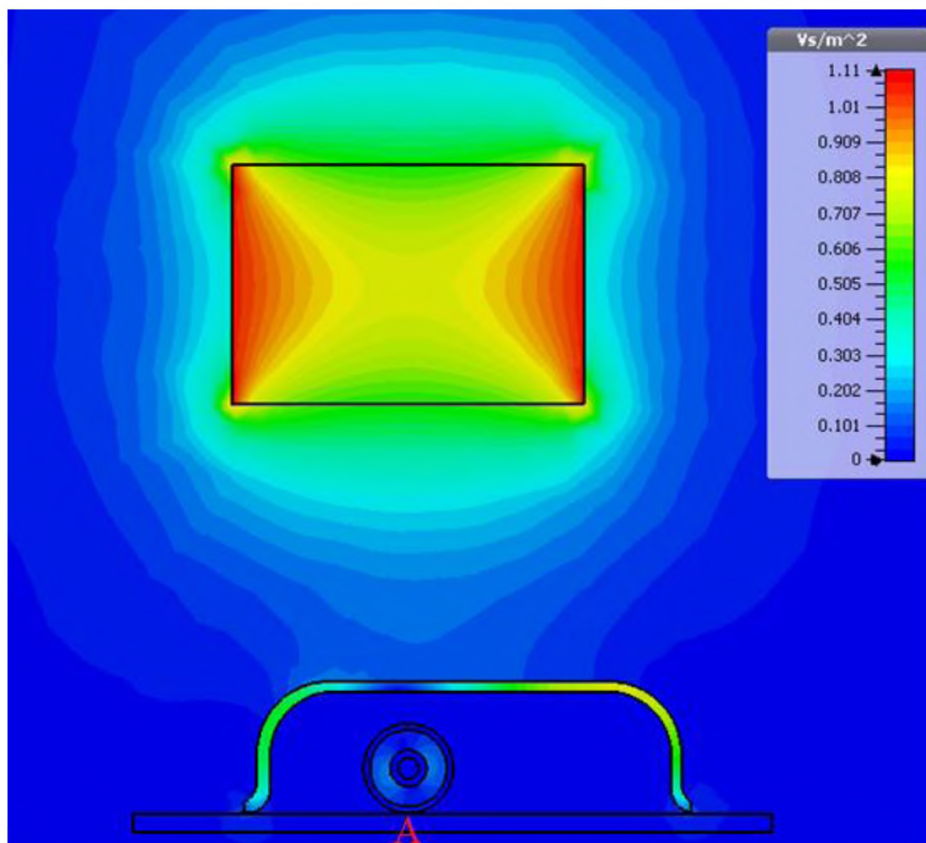


Рис. 21 – Результат симуляції «Рівносторонній-зівка_A»

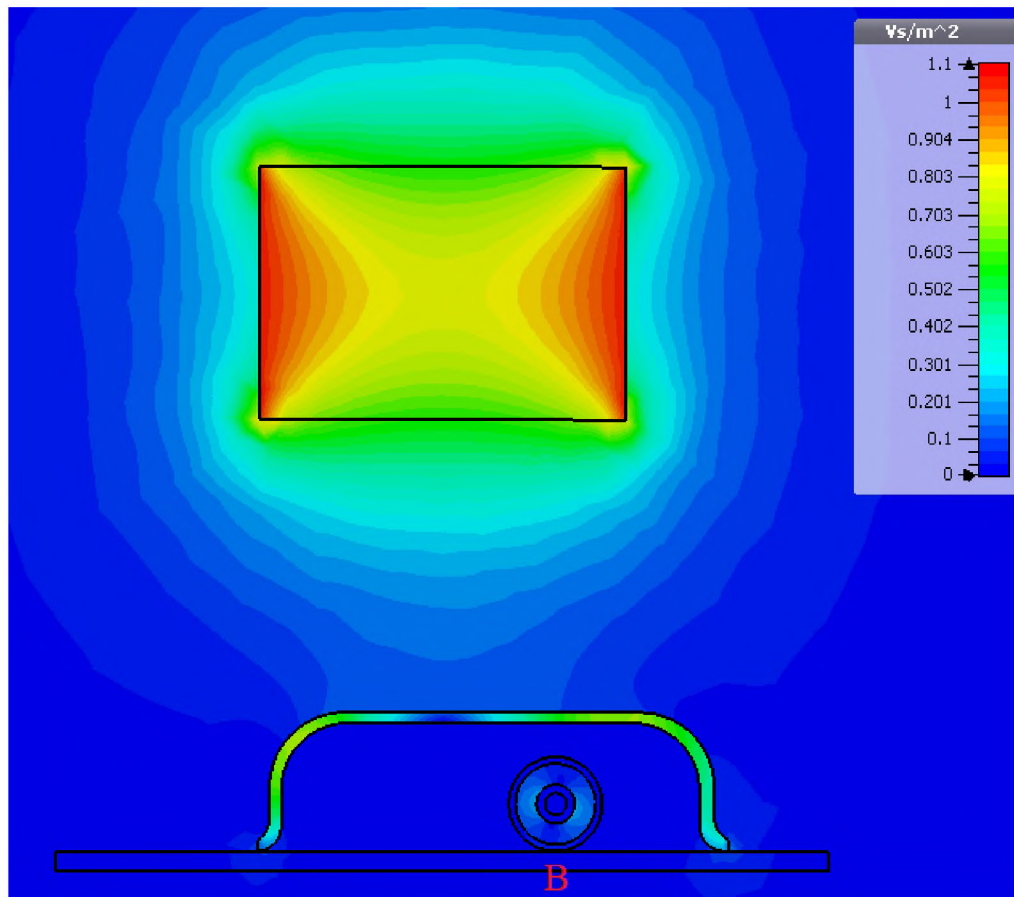


Рис. 22 – Результат симуляції «Рівносторонній-зірка»

Для комфортного опрацювання результатів вимірювання я заніс усі опрацьовані дані у таблицю 3. У цій таблиці представлені усі 10 моделей та данні про об'єм використаного матеріалу екрану, величину магнітної індукції у трьох залізних осердях ТС, що умовно позначені А, В та С.

З таблиці видно, що найбільш вдалим варіантом для екранування являється модель «Прямокутник 3 в ряд», а також досить не поганий результат показує «Прямокутник», на який витрачається найменше матеріалу для екрану. Взагалі усі моделі мають значення насичення залізного осердя, що значно менше гранично допустимого, а тому виконання екранування ТС за даними характеристиками з використанням м'якого металу є доцільним, що і підтверджується розрахунками. Але на цьому я не зупиняюсь, також хочу перевірити як поведе себе найбільш вдала модель («Прямокутник 3 в ряд») у випадку, якщо екранування виконати у два та три шари з прошарком паперу або полімеру [8].

Таблиця 3 – Результати насичення залізних осердь, об'єм екрану

№	Назва моделі/тип	Об'єм матеріалу, мм ³	Магнітна індукція в осерді, мТл		
			А	В	С
Моделі типу чотирикутник					
1	Прямокутник 3 в ряд	754,344	0,1445	0,124	0,1448
2	Прямокутник	726,524	0,1957	0,2141	0,1963
Моделі типу трикутник					
3	Прямокутний_А	762,541	0,2044	0,2139	0,2154
4	Прямокутний_В	762,541	0,222	0,2185	0,2091
5	Прямокутний_С	762,541	0,2213	0,207	0,217
6	Прямокутний	762,541	0,2281	0,2302	0,2285
7	Рівностононній_А	772,616	0,2002	0,2128	0,2129
8	Рівносторонній	772,616	0,2278	0,2253	0,2256
9	Рівносторонній-зірка_А	747,868	0,2049	0,216	0,2157
10	Рівносторонній-зірка	747,868	0,2289	0,2275	0,2258

3.4 Перевірка ефективності шарування екрану

У цьому пункті я змодлював моделі, які будуть мати все ті ж дані як для «Прямокутник 3 в ряд», але перший екран буде складатися з двох шарів мю-металу та прошарку, ну а другий з трьох шарів та прошарку між ними. Для прошарків я вирішив використовувати папір та гуму, вирішив порівняти їх ефективність.

По-перше, хочу уточнити, що товщину краще брати з ряду: 0.05; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25; 0.36; 0.51; 0.64; 0.76; 1.02; 1.27; 1.57; 2.41; 3.18 (мм), бо саме такі значення використовуються при виготовленні екрануючих засобів. Так як для базових моделей я використовував 0,64 мм, то беру з ряду для першого виду екрану товщину в 0,36 мм в два шари, а прошарок паперу 1/2 від товщини стінки екрану. Ідентично для другого екрану з трьох шарів, але з товщиною мю-металу в 0,2 мм.

Побудова цих схем аналогічна до інших моделей але являється набагато трудомісткою, бо виконання та моделювання всіх шарів займає багато часу для налаштування. Також ці схеми досить об'ємні в розрахунках, та займають багато часу при симуляції.

Моделі які я отримав представлені на рис. 23-24. Моделей тільки дві, але це пояснюється тим, що інші дві ідентичні – просто мають прошарок з іншого матеріалу.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		38

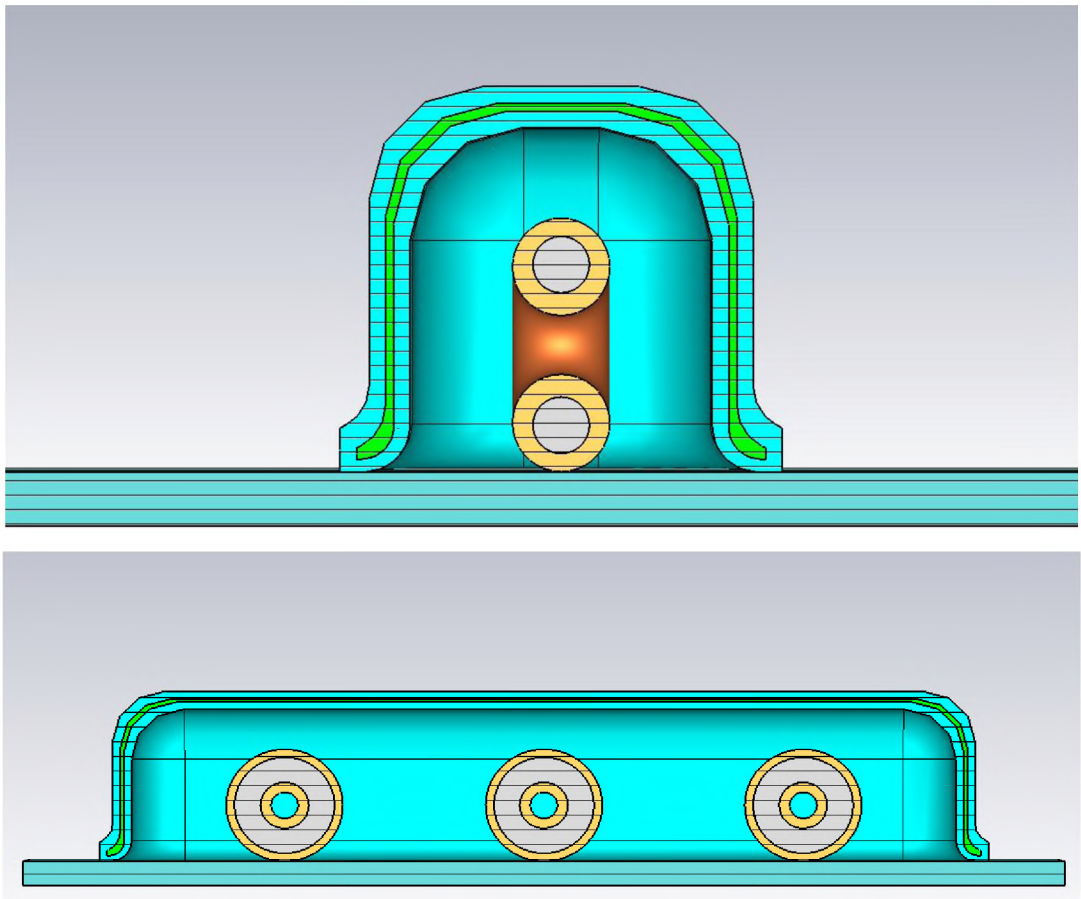
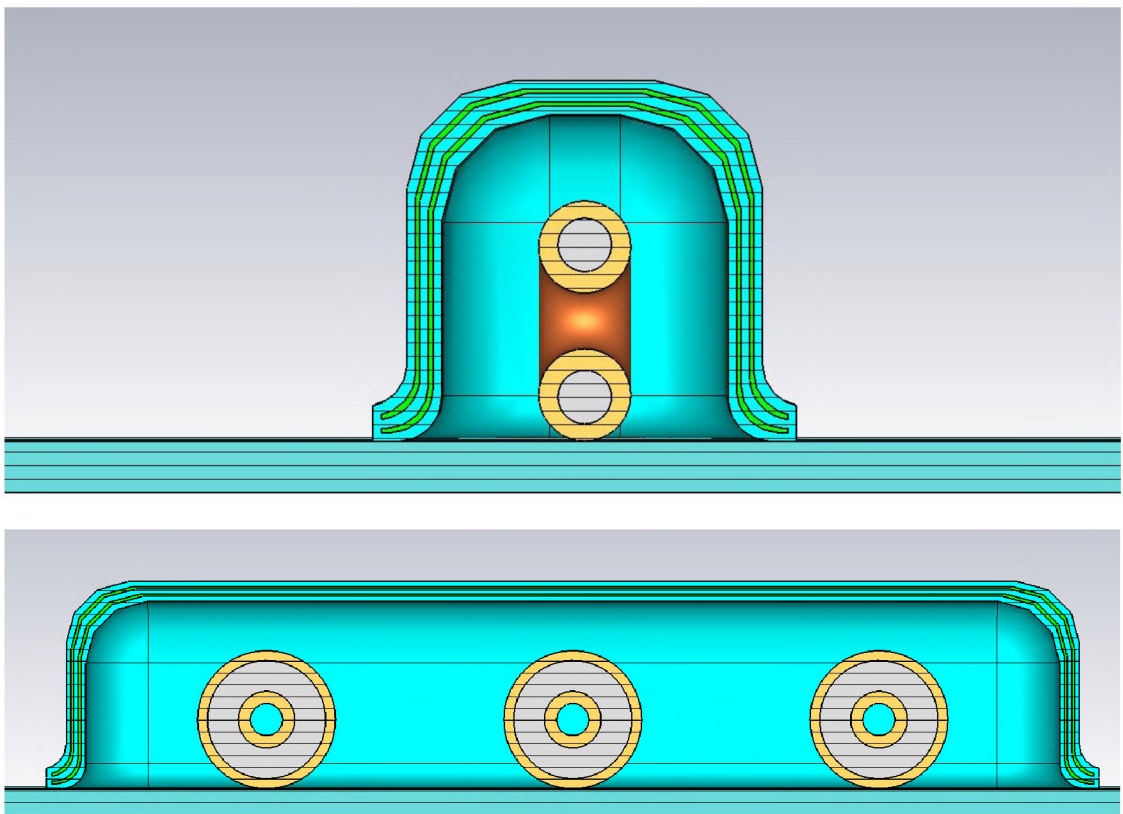


Рис.23 – Модель «Прямокутник 3 в ряд – 2 шари», переріз по осі X; по осі Z.



Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

БР 3.6.141. 349 ПЗ

Арк

39

Рис.24 – Модель «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари», переріз по осі X; по осі Z.

Після симуляції, знову ж таки в середовищі магнітного постійного поля, всі моделі показали кращий результат, аніж «Прямокутник 3 в ряд», це і слугує підтвердженням того, що шарування екрану є досить ефективним методом для збільшення ефективності захисту ТС.

Результати симуляції в графічному та табличному виді показав нижче на рисунках 25-28 та в таблиці 3 відповідно.

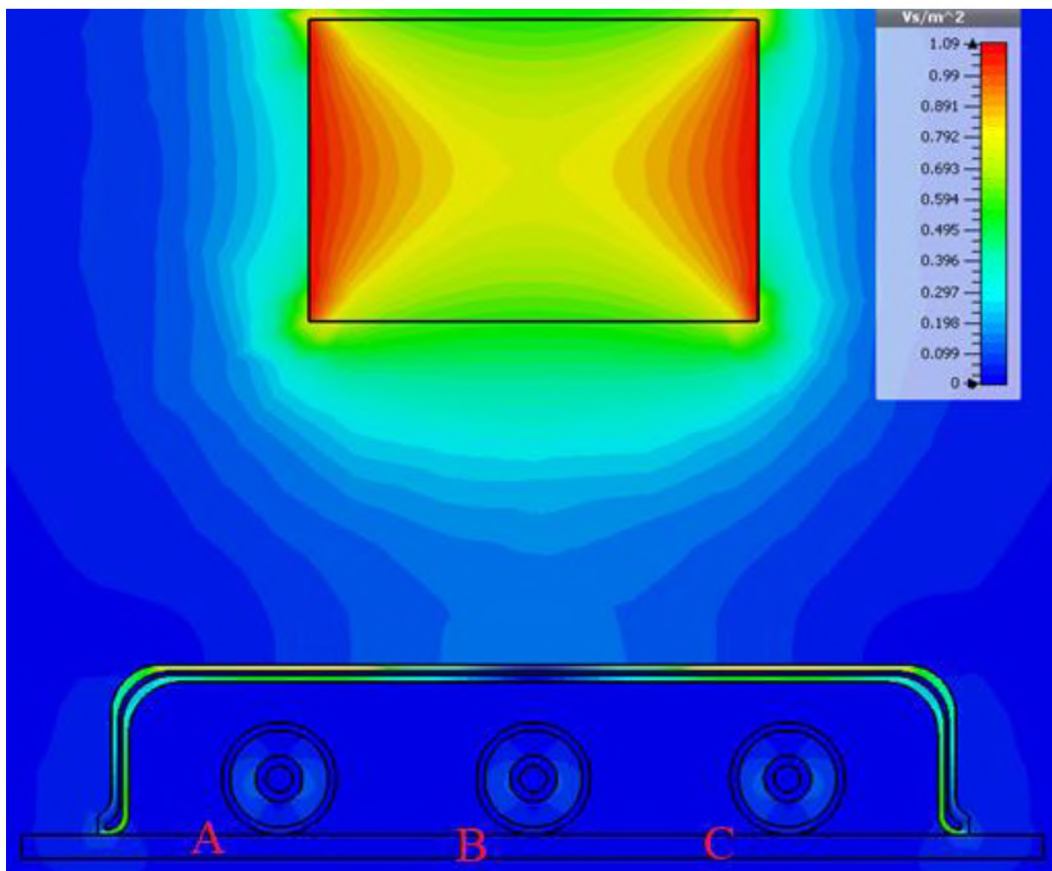


Рис.25 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 2 шари(Папір)»

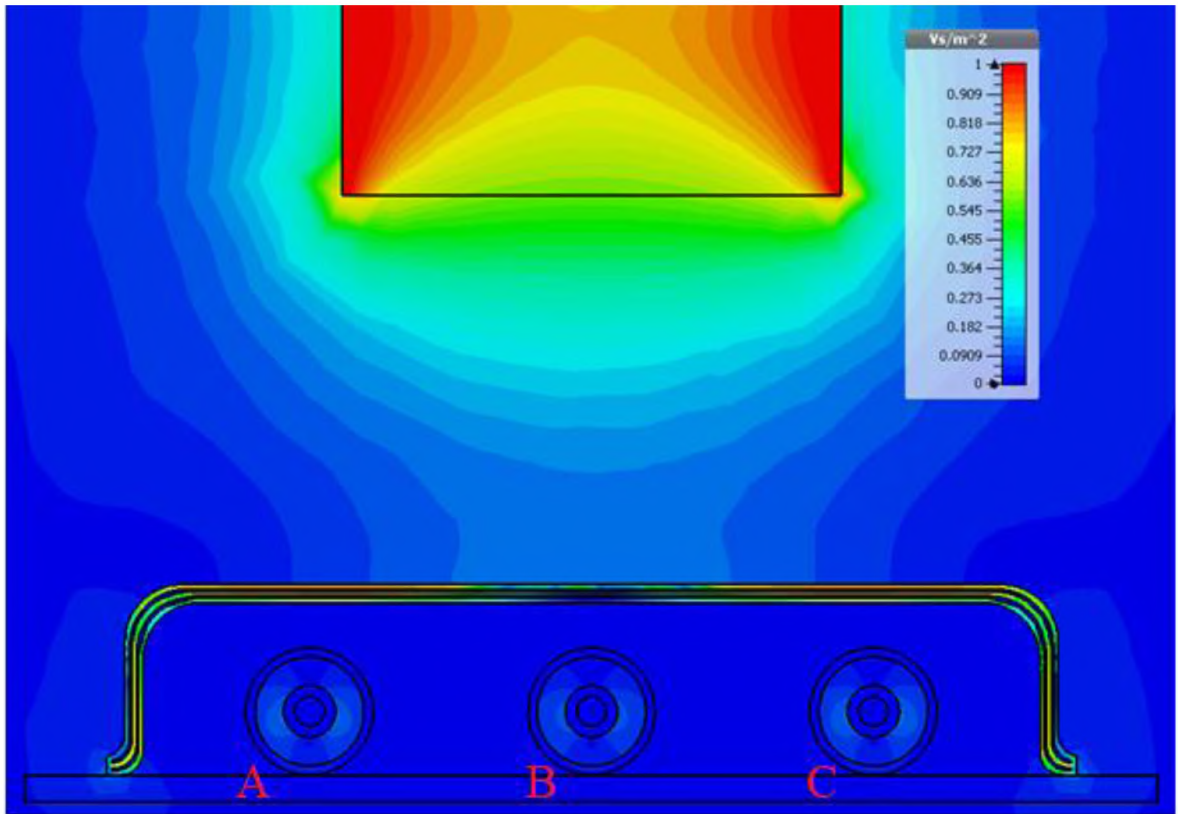


Рис.26 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари(Папір)»

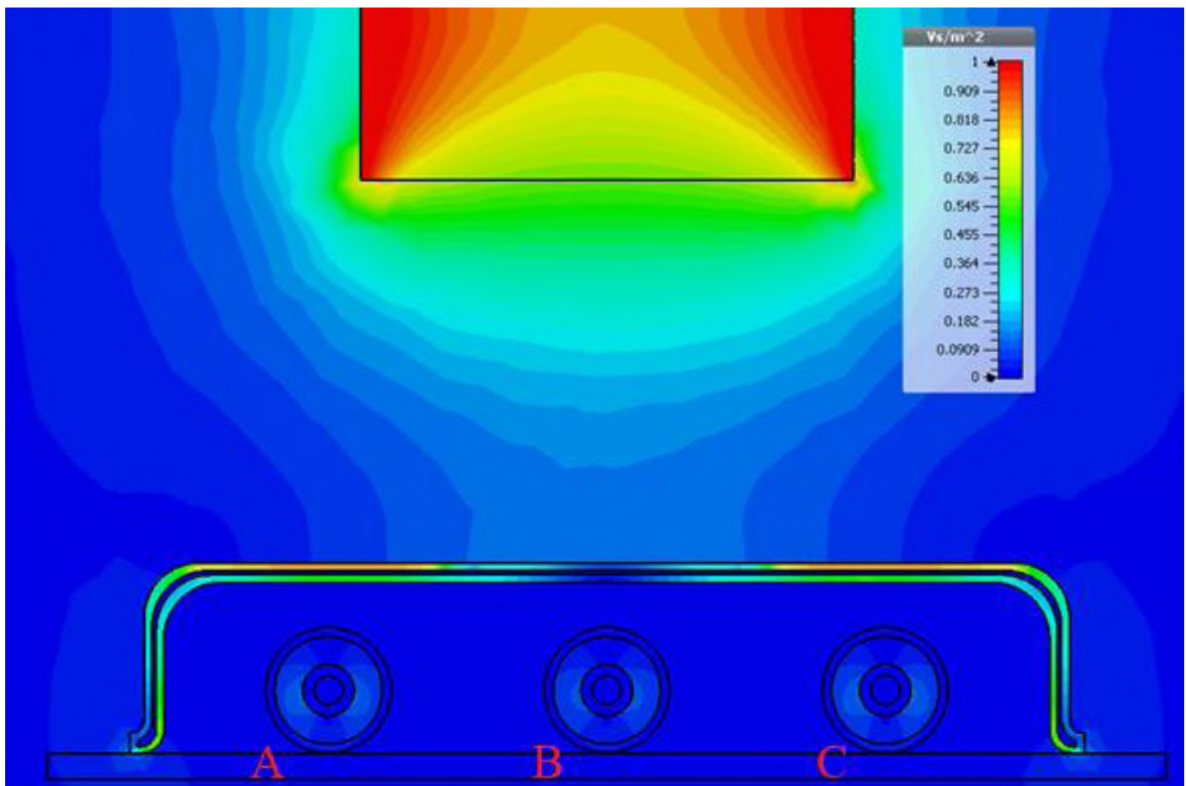


Рис.27 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 2 шари(Гума)»

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

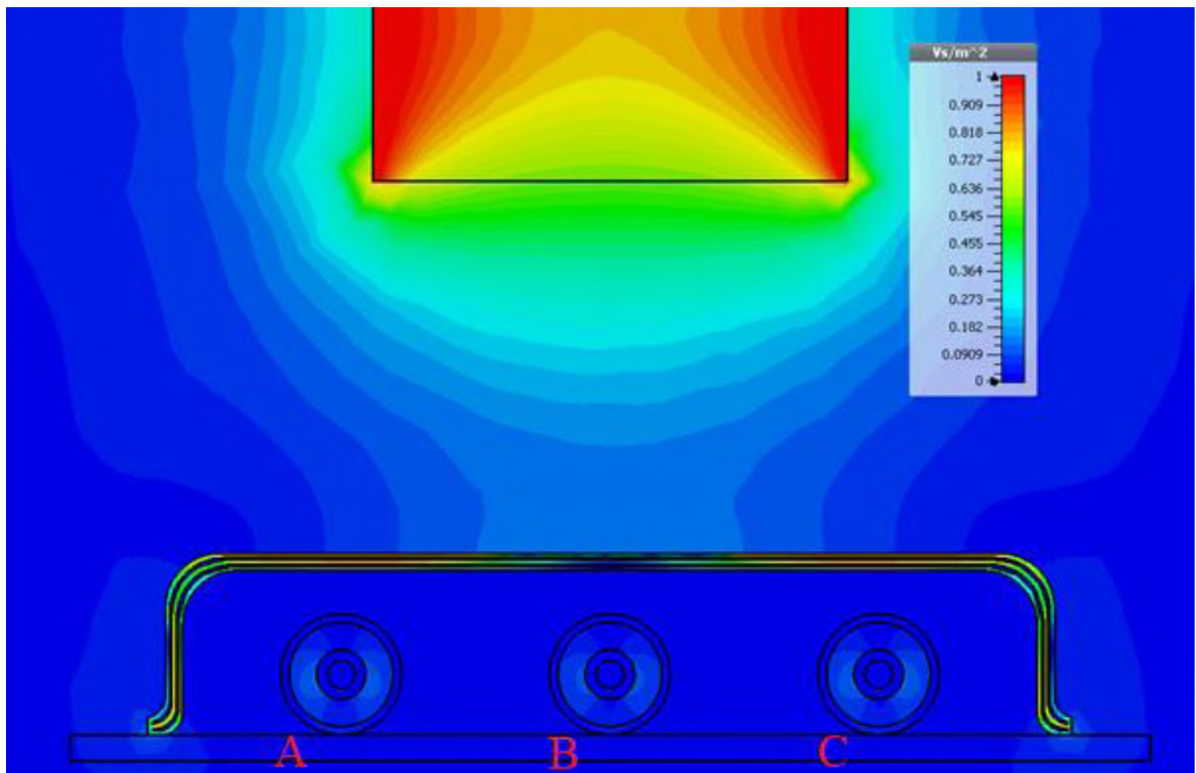


Рис.28 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари(Гума)»

Проаналізувавши результати симуляції можна сказати, що три шари з захисного екрану мають кращий ефект аніж два, тому було прийнято рішення перевірити як зміниться результат магнітної індукції при збільшенні величини шару прошарки в два рази.

Параметри схем записані в таблиці 4 під номерами 5 та 6 і данні їх симуляції зображені на рисунках 29-30.

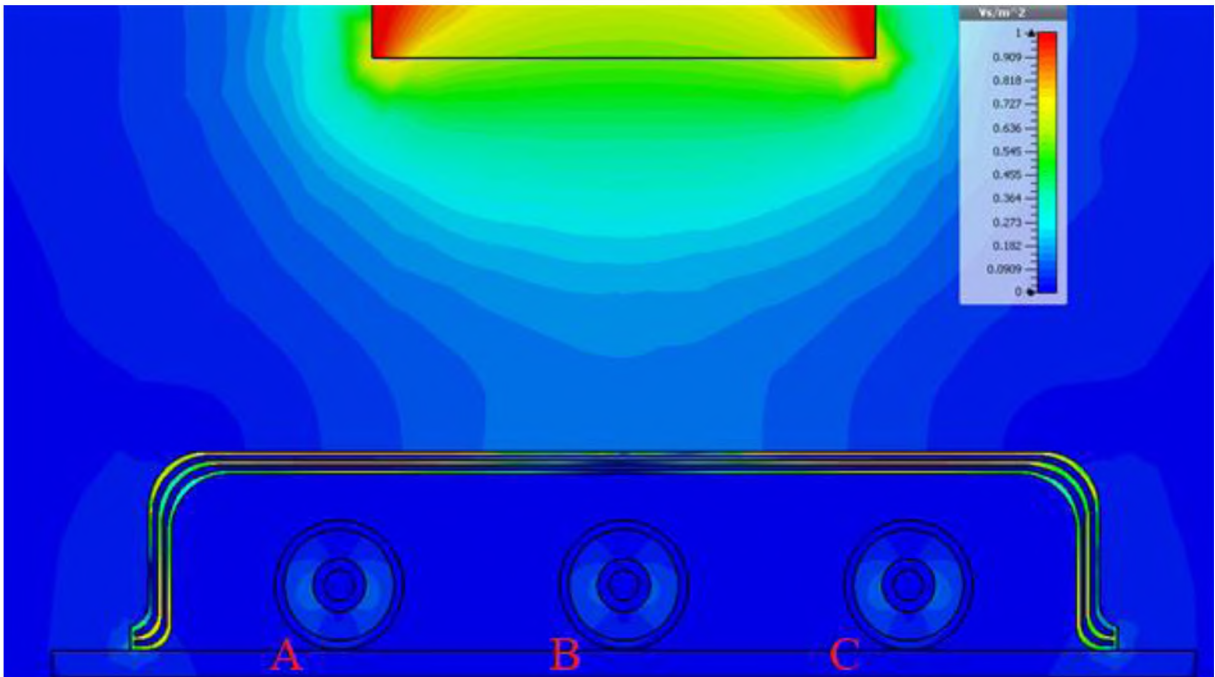


Рис.29 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари(Папір x 2)»

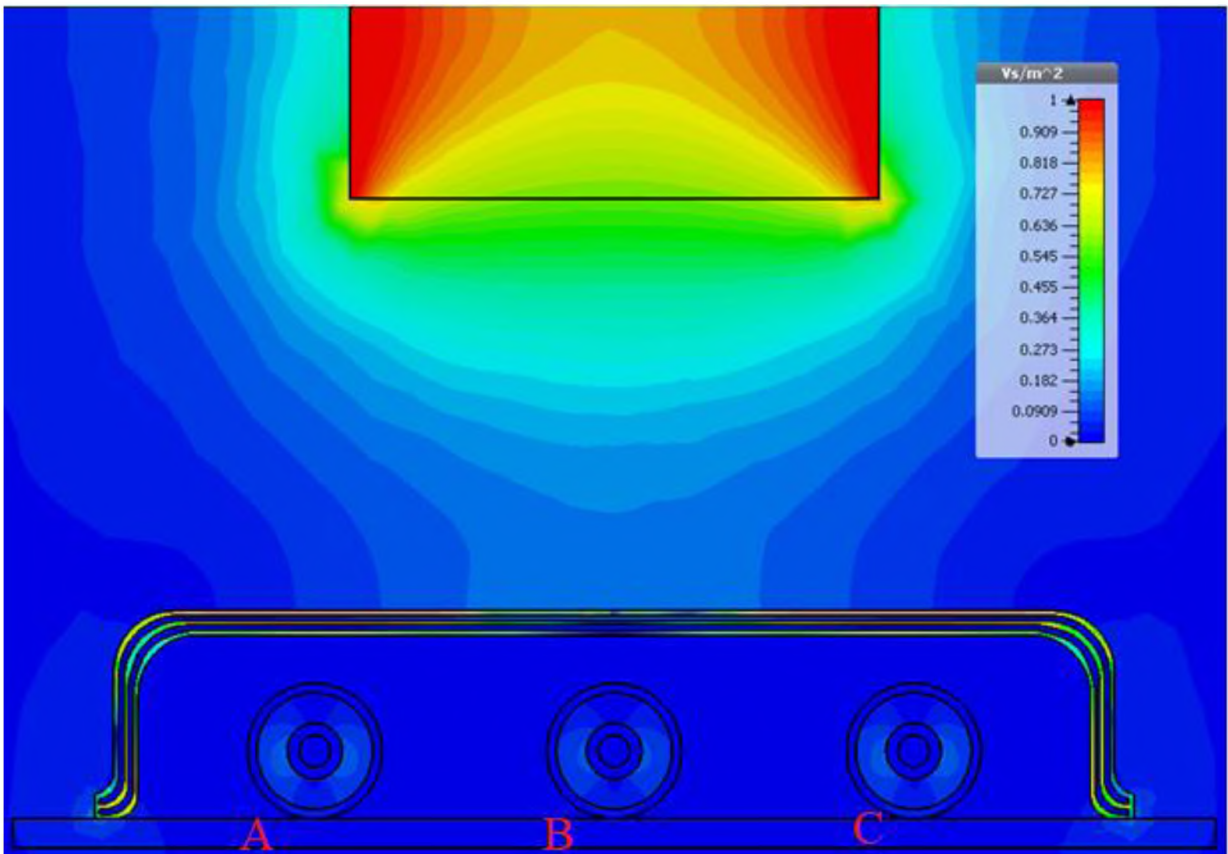


Рис.30 – Результат симуляції «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари(Гума x 2)»

Таблиця 4 – Результат симуляції для екранів, що виконані шарами

№	Назва моделі	Товщина стінки, мм		Об'єм матеріалу, мм ³		Магнітна індукція в осерді, мТл		
		Мю-метал	Прошарок	Мю-метал	Прошарок	А	В	С
1	Прямокутник 3 в ряд- 2 шари (Папір)	0,36	0,18	808,453	207,458	0,1427	0,1246	0,1425
2	Прямокутник 3 в ряд – 3 шари (Папір)	0,2	0,1	683,902	222,301	0,14	0,1215	0,1401
3	Прямокутник 3 в ряд- 2 шари (Гума)	0,36	0,18	808,453	207,458	0,1426	0,1248	0,1426
4	Прямокутник 3 в ряд – 3 шари (Гума)	0,2	0,1	683,902	222,301	0,1399	0,1218	0,1402
5	Прямокутник 3 в ряд – 3 шари (Папір х 2)	0,2	0,2	702,927	454,309	0,1371	0,1202	0,1373
6	Прямокутник 3 в ряд – 3 шари (Гума х 2)	0,2	0,2	702,927	454,309	0,1372	0,12	0,1375

Остаточні отримані дані показують, що шарування захисного екрану приносить позитивний ефект для екранування.

За моїми результатами найбільш вдалим варіантом є використання захисного екрану типу моделей «Прямокутник 3 в ряд – 3 шари(Папір/Гума х 2)», який виконано шарами з прошарком, товщини матеріалів стінок по 0,2 мм. Він показав зменшення насичення осердя в середньому на 5% від значень моделі «Прямокутник 3 в ряд», а також вдалося зменшити об'єм дороговартісного мю-металу з 754,344 мм³ до 702,927 мм³, знову ж в порівнянні з базовою моделлю.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці

4.1 Правила техніки безпеки при установці і заміні електролічильників

При виконанні робіт по установці зняття, заміні і відомчої повірки лічильників на електростанціях і підстанціях промислових підприємств і електричних мереж за розпорядженням уповноважених осіб – виконавець робіт (наглядач) призначається з числа оперативного персоналу або персоналу спеціальних служб підприємств і електростанцій, постійно обслуговують електроустановки, з кваліфікаційною групою не нижче 4. Працівники Енергонагляду які беруть участь у виконанні цих робіт є членами бригади.

Енергонагляд, який відряджає персонал, несе відповідальність за відповідність кваліфікації персоналу, присвоєної йому кваліфікаційної групи, за виконання відрядженим персоналом діючих правил, а також за забезпеченість персоналу справним і перевіреним інструментом.

Роботи по установці зняття, заміні виконуються на підставі виданих письмових завдань.

Видача розпоряджень, наряд – завдань і відрядних завдань реєструється в спеціальних журналах. Журнал повинні бути пронумеровані, прошнуровані, термін зберігання журналу – 1 рік.

Персонал повинен знати: пристрій, принцип дії і схеми включення лічильників і вимірювальних трансформаторів. У разі, якщо схема або умови роботи викликають сумніви, члени бригади до початку роботи повинні отримати роз'яснення особи, яка підписала завдання на проведення робіт.

При виконанні робіт слід користуватися випробуваними і справними захисними засобами. Монтерський інструмент (пасатижі, викрутки, кусачки, круглогубці і т.д.) повинен бути з ізольованими рукоятками, металеві стрижні викруток і покажчиків напруги повинні бути закриті ізоляційної трубкою так, щоб відкрита частина стрижня була не більше 10 мм, а у покажчика напруги не більше 5 мм.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		45

Персоналу, що проводить роботи в ланцюгах і схемах обліку забороняється:

- Проводити роботи в діючих електроустановках без письмового завдання (наряд, розпорядження, наряд – завдання);

- Проводити роботи з від'єднання та приєднання проводів до електролічильників і в ланцюгах обліку користуючись не перевіреним монтерським інструментом;

- Залишати відкритою затискну коробку електролічильника;

- Проводити перевірку відсутності напруги контрольною лампою;

- При розташуванні трифазного лічильника і апарату відключення в різних приміщеннях проводити роботи без накладення заземлення на вимкнуту частину електроустановки або прийняття інших заходів, що запобігають подачу напруги до місця роботи.

- Проводити будь-які роботи без зняття напруги (крім перевірки відсутності напруги на клеммах лічильника) в кожній коробці трифазного лічильника і на контактах трансформаторів струму;

- Ставати на радіатори і труби опалення, водопроводу, газу, каналізації та інші металеві предмети, що мають зв'язок з землею, або торкатися їх руками під час виконання робіт;

- Проводити роботи на випадкових підставках (ящики, бочки тощо).

- Працювати без головного убору і в одязі з короткими і засуканими рукавами. Рукава одягу повинні бути щільно застебнуті у кисті рук;

- Проводити роботи в безпосередній близькості від обертових механізмів. Перед початком роботи ці механізми повинні бути зупинені або огорожені;

- Проводити роботи на щитках або панелях, що знаходяться під напругою забороняється.

I. Заходи безпеки під час виконання робіт з відключення електроустановки на щитку і в затискної коробці електролічильника по установці, зняттю, заміні і перевірці однофазних лічильників прямого включення 220 В встановлених у споживачів електричної енергії.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Роботи, при розташуванні електролічильників в нішах стін, а також в металевих шафах або якщо вони знаходяться поблизу металевих предметів, з'єднаних з землею (водопровідні труби, труби і радіатори, опалення, труби газопроводів і т.п.) на відстані 1 м від місця роботи, а також в приміщеннях з підвищеною небезпекою, можуть проводитися при знятті напруги однією особою з 3 кваліфікаційною групою по ТБ. Роботи в приміщеннях без підвищеної небезпеки з попередніми відключенням навантаження допускається проводити під напругою одному електромонтерові, контролеру-монтеру з кваліфікаційною групою по ТБ не нижче 3.

Підставою для проведення зазначених робіт є наряд – завдання. Термін дії наряду – завдання – 15 днів.

При установці лічильників вище 1,7 м від рівня підлоги роботи проводяться однією особою з кваліфікаційною групою 3 в присутності ще однієї особи не електротехнічного персоналу (орендаря, власника будинку), що забезпечує страховку електромонтера, працюючого зі сходів або надійної підставки.

Порядок заміни електролічильника

1. Перевіряється відсутність напруги на металевій панелі.
2. Записується показання електролічильника, оглядається його зовнішній стан і цілісність пломб на кожусі і кришці затискної коробки.
3. Знімається навантаження, вивертаються запобіжники або відключаються автомати, знімається клемна кришка.
4. Визначається фаза і нуль однополюсним покажчиком напруги.
5. Від'єднується від затискача лічильника фазний генераторний провід і на нього насаджується відмітний ізолюючий ковпачок.
6. Від'єднується від затискача лічильника нульовий генераторний провід і на нього насаджується ізолюючий ковпачок.
7. Відключаються проводи навантаження.
8. Знімається старий лічильник і встановлюється новий.
9. Підключення проводів до лічильника проводиться в зворотній послідовності.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
						47
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

10. Перевіряється відсутність самоходу.

11. Встановлюються запобіжники або включаються автомати, включається навантаження і перевіряється правильність напрямку обертання диска лічильника.

II. Заходи безпеки під час виконання робіт з установки, зняття, заміни та повірці трифазних лічильників в електроустановках напругою до 1000 В.

Роботи по установці, зняттю, заміні трифазних лічильників проводять за нарядом (розпорядженням) тієї організації в мережах якої виконується ці роботи. Підставою для видачі наряду є завдання на відрядження, яке видається відрядженому персоналу на термін не більше 5 календарних днів і зберігається 30 днів.

Для зняття напруги з приладів обліку обов'язковим є наявність апарату відключення, який встановлено до приладу обліку або трансформаторів струму.

Персонал при заміні електролічильників повинен:

- 1) Оглянути зовнішній вигляд електролічильника та наявність пломб;
- 2) Зняти кришку затискної коробки електролічильника;
- 3) Перевірити відсутність напруги на контактах знімається лічильника;
- 4) Послабити контактні гвинти на затискачах лічильника, відкрутити гвинти кріплення і зняти лічильник;
- 5) Встановити інший лічильник;
- 6) Ввести в клеми лічильника дроти і затиснути гвинти;
- 7) Перевірити надійність контактних з'єднань на трансформаторах струму цього приєднання;
- 8) Після подачі напруги експлуатаційним персоналом підприємства перевірити показчиком наявність напруги на затискачах електролічильника;
- 9) Відключити напругу і встановити кришку затискної коробки, опломбувати її і записати дані електролічильника в акт.

Персоналу Енергонагляду забороняється:

- Проводити самим або брати участь в оперативних перемикачів в ланцюгах первинної напруги;
- Знімати плакати і пересувати тимчасові огорожі;

									Арк
									48
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	БР 3.6.141. 349 ПЗ				

- Заходити за бар'єри і відкривати сітчасті огорожі;
- Проводити відключення, перемикання, вносити зміни в схеми вторинних ланцюгів релейного захисту АВР, АПВ та ін;
- Виробляти роботи на контактах вимірювальних трансформаторів до зняття напруги і накладення заземлення.

Перед виконанням робіт персонал Енергонагляду повинен отримати інструктаж, ознайомитися на місці проведення робіт зі схемою електроустановки та її виконанням, а також з місцем розташування лічильників, вимірювальних трансформаторів, схемою включення лічильників, з наявністю в ланцюгах приладів обліку елементів релейного захисту, вимірювальних приладів, запобіжників або автомата у вторинному ланцюзі трансформаторів напруги.

При спільному живленні вторинних ланцюгів струму і напруги електролічильників і приладів захисту від однієї обмотки вимірювальних трансформаторів всі роботи з лічильниками повинні проводитися тільки в присутності персоналу РЗА підприємства електричних мереж, електростанцій або промислового підприємства.

При вимірюваннях ватметром з'єднувальні провідники їх ланцюгів напруги необхідно підключати до клемним збірок панелей обліку, а якщо їх немає, то до клем електролічильників при знятій напрузі.

Зняття напруги і заземлення вимірювальних трансформаторів необхідно при роботах, які проводяться безпосередньо:

- На вимірювальних трансформаторах струму і напруги;
- У вторинних ланцюгах від трансформаторів струму до клемної збірки;
- При огляді і перевірці ланцюгів вторинної комутації в осередках обладнання високої напруги;
- При монтажі клемної збірки.

Перед включенням вимірювальних приладів ватметри, амперметри та інші в ланцюзі трансформаторів струму необхідно перевірити цілісність струмових обмоток цих приладів і провідників, що застосовуються для їх приєднання.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
						49
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Кришка затискної коробки лічильника знімається і встановлюється при знятій напрузі. Заземленню підлягають: корпус і вторинна обмотка трансформаторів напруги; корпус і вторинні обмотки трансформаторів струму. Прозвонка вторинних ланцюгів проводиться за допомогою омметра або батарейки і лампочки від кишенькового ліхтаря. Застосування для цих цілей інших джерел живлення забороняється.

Порядок виконання робіт по заміні електролічильників:

- Оглянути зовнішній вигляд лічильника і збереження пломб на лічильнику, на клемної збірці, на приводі і дверях комірки трансформатора напруги;
- Закоротити вторинні обмотки трансформаторів струму на спеціальних струмових клемах, випробувальних блоках, в випробувальних коробках;
- Переконатися у відсутності струму в ланцюзі лічильника;
- Відключити по черзі на клемній збірці усі провідники кіл напруги, насаджуючи на них ізоляційні ковпачки;
- Зняти кришку затискної коробки лічильника;
- Перевірити відсутність напруги на затискачах електролічильників;
- Послабити контактні гвинти на затискачах електролічильника,
- Відкрутити гвинти кріплення і зняти лічильник;
- Встановити інший електролічильник і закрутити гвинти кріплення;
- Ввести в затискачі електролічильника спочатку провідники кіл напруги, а потім провідники струмових ланцюгів і затиснути гвинти;
- Встановити кришку затискної коробки лічильника, опломбувати її;
- По черзі знімаючи ізоляційні ковпачки провідників підключити на клемної збірці провідники кіл напруги;
- Зняти закоротки вторинних обмоток трансформаторів струму.

									Арк
									50
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Висновок

В процесі виконання даної роботи були описані і вирішені всі поставлені задачі. Я виконав моделювання ситуації насичення залізного осердя імпульсного трансформатора при дії на нього сильного магнітного поля від постійного магніту. Провів вибір оптимальної форми, матеріалу, розміру, розміщення екрану для захисту трансформаторів струму та практично перевірів ефективність даного методу опираючись на вказівки, що в кінцевому плані значно підвищили ефективність екрану, а саме:

- 1) Екрани краще працюють, коли їх кути не гострі, а плавно вигнуті.
- 2) При виготовленні екрана з декількох частин слід передбачити їх перекриття в місцях стиків.
- 3) Подвійний або потрійний екран з зазором між шарами працює краще, ніж одиночний екран вдвічі або втричі більшої товщини.

Мною було експериментально порівняно екран з цільною структурою а також, який складається із шарів з прошарками з паперу та гуми, та як це впливає на ефективність екранування. Загалом визначив, що найбільш вдалим варіантом є використання захисного екрану з мю-металу, який виконано шарами з прошарком, товщина матеріалів(мю-металу та прошарку) по 0,2 мм, насичення залізного осердя в такому випадку зменшується ще на 5% від базової моделі.

					БР 3.6.141. 349 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		51

Список використаної літератури

1. Фатеев, А. В. Применение ПО CST Microwave Studio для расчёта микроволновых антенн и устройств СВЧ: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А. В. Фатеев. — Томск: ТУСУР, 2014. — 121 с.
2. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде. CST Microwave Studio. – М. Издательство МЭИ, 2011, 155 с.
3. Моделирование антенн в режимах излучения и рассеяния в пакетах CST STUDIO, HFSS, FEKO и узкоспециализированных программах: метод. пособие по дисциплинам «Антенны и устройства СВЧ», «Методы и устройства формирования информ. электромагнитных полей», «Распространение радиоволн в антенно-фидерных устройствах», «Техника СВЧ и КВЧ в мед. приборах» / Юрцев О. А. [и др.]. – Минск: БГУИР, 2012. – 62 с. : ил.
4. Василега, П.О. Електропостачання [Текст]: підручник / П.О. Василега. – Суми: СумДУ, 2019. – 521 с.
5. Моделирование антенн. Советы при моделировании с использованием CST STUDIO SUITE
http://www.eurointech.ru/products/CST/CST_Advices_for_Antenna_Design_Rus.pdf
6. Харлов Н. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 207 с
7. Магнитное поле. Источники и свойства. Правила и применение.
<https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/magnitnoe-pole/>
8. Компоненты и технологии [Электронный ресурс] : Components&Technologies .— СПб. : Издательство Файнстрит .— 2013 .— №3 (140) .— 180 с. : ил. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/303465>
9. Правила техніки безпеки при установці і заміні електролічильників
<http://electricalschool.info/main/naladka/305-pravila-tekhniki-bezopasnosti-pri.html>

									Арк
									52
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					