Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ

Группа *P3112* К работе допущен

Студент *Сенина Мария Михайловна* Работа выполнена

Преподаватель *Сорокина Е.К.*  Отчёт принят

**Рабочий протокол и отчёт по лабораторной работе № 3-07**

**Изучение свойств ферромагнетиков**

1. **Цель работы**

*Изучение свойств ферромагнетиков и явление петли гистерезиса.*

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**

*1. Измерение зависимости магнитной индукции в ферромагнетике*

*от напряженности магнитного поля*

*2. Определение по предельной петле гистерезиса индукции насыщения, остаточной индукции и коэрцитивной силы*

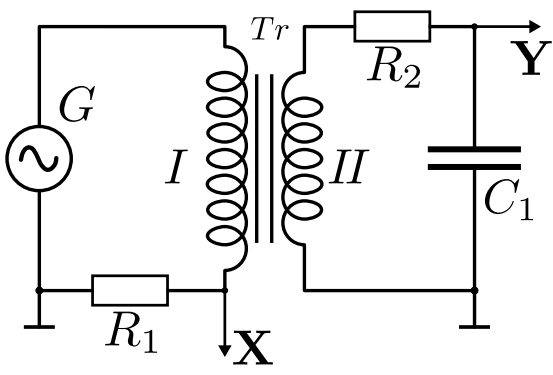
*3. Получение зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля и оценка максимального значения*

*величины магнитной проницаемости*

*4. Расчет мощности потерь энергии в ферромагнетике в процессе*

*его перемагничивания.*

1. **Объект исследования.**

*Ферромагнетик*

1. **Метод экспериментального исследования.**

*Построить схему указанную на рисунке 1. К точкам указанным X и Y подключить осциллограф с разверткой по соответствующим осям.*

*Из формул , можно вычислить значение индукции магнитного поля и напряжённости магнитного поля, а значит построить масштабированную петлю гистерезиса.*

Рисунок 1: Принципиальная электрическая схема установки

*У каждой такой петли мы можем измерить координаты и пересечения петли гистерезиса с осями координат. Этим значениям будут соответствовать коэрцитивная сила и остаточная индукция для исследуемого ферромагнетика. Точно так же значениям и вершины петли гистерезиса будут соответствовать максимальные напряжённость и индукция и магнитного поля в ферромагнетике. А зная их по формуле можно вычислить магнитную проницаемость ферромагнетика в состоянии насыщения.*

*Изменяя напряжённость магнитного поля с помощью изменения частоты на генераторе мы можем, пользуясь теми же формулами, вычислить зависимости и .*

1. **Рабочие формулы и исходные данные.**

*Используемые формулы:*

1. *Коэффициент*
2. *Относительная погрешность измерения*
3. *Формула для определения индукции магнитного поля в ферромагнетике по значению на осциллографе ,*

*где – средняя длина магнитоповода, – количество его витков в катушке со стороны генератора, - сопротивление первого резистора в схеме, x – цена делений на горизонтальной оси осциллографа, а – коэффициент масштаба на осциллографе вычисляемый из его настроек*

1. *Погрешность измерения*
2. *Коэффициент*
3. *Относительная погрешность измерения*
4. *Формула для определения индукции магнитного поля в ферромагнетике по значению на осциллографе ,*

*где – средняя площадь поперечного сечения магнитоповода, – ёмкость конденсатора, – количество его витков в катушке со стороны конденсатора, - сопротивление первого резистора в схеме, y – цена делений на вертикальной оси осциллографа, а – коэффициент масштаба на осциллографе вычисляемый из его настроек*

1. *Погрешность измерения*
2. *Магнитная проницаемость , где – индукция магнитного поля, -напряжённость магнитного поля и = Гн/м.*
3. *Погрешность измерения*
4. *Средняя энергии, расходуемая на перемагничивание ферромагнетика , где , а f – это частота подаваемого тока.*
5. *Погрешность средней энергии, расходуемой на перемагничивание*
6. **Схема установки.**

*Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1. В качестве генератора мы используем генератор сигналов АКИП-3409/2, а в качестве выводов сигналов из точек Х и У – цифровой запоминающий осциллограф. А в качестве магнитопровода мы используем интересующий нас ферромагнетик.*

1. **Измерительные приборы.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***№ п****/****п*** | ***Наименование*** | ***Используемый диапазон*** | ***Погрешность прибора*** |
|  | *Цифровой запоминающий осциллограф* |  |  |
|  | *Генератор сигналов АКИП-3409/2* | *1-20В, 40Гц* |  |

1. **Результаты прямых измерений и их обработки.**

*Результаты измерений см в приложении.*

1. **Расчёт результатов косвенных измерений.**

*Вычислим коэффициенты и по формулам (1) и (5):*

*,*

*А также их относительные погрешности по формулам (2) и (6)*

*и*

*Магнитную напряжённость в точке пересечения максимальной петли с осью X ровна коэрцитивной силе , которая вычисляется по формуле (3) . А её погрешность вычисляется по формуле (4)*

*Магнитная индукция в точке пересечения максимальной петли с осью Y ровна остаточной индукции . Её можно вычислить по формуле (7) и её погрешность по формуле (8)*

*По аналогичным формулам вычисляются максимальная напряжённость и индукция магнитного поля ферромагнетика для координат вершины петли гистерезиса:*

*,*

*и её погрешность по формуле (8)*

*Тогда значение относительной магнитной проницаемости в этом состоянии можно вычислить по формуле (9) , а его погрешность по формуле (10)*

*Посчитав магнитные индукцию и напряжение и магнитную проницаемость для других (меньших) петель по тем же формулам – построим графики зависимости и . (См пункт 10)*

*А потери энергии на перемагничивание можно померить, перенеся петлю на миллиметровую бумагу и посчитав её площадь. (См график в приложении).*

*У меня получилась площадь равная . Если считать, что линия может колебаться на 1 мм в обе стороны то погрешность будет примерно .*

*Посчитаем тогда значение средней затрачиваемой энергии по формуле (11) , где*

*Погрешность рассчитывается по формуле (12)*

1. **Графики.**
2. **Окончательные результаты.**

*В состоянии насыщения:*

*Магнитная напряжённость ,*

*Магнитная индукция*

*Магнитной проницаемости*

*Значение коэрцитивной силы ,*

*Значение остаточной индукции*

*Мощность потерь на перемагничивание*

*Графики зависимостей магнитной индукции и проницаемости от напряженности: и (См в пункте 10)*

*Согласно графику, максимальное значение проницаемости и напряженность поля, при которой она наблюдается равна*

1. **Выводы и анализ результатов работы.**

*В ходе данной лабораторной работы я вычислила параметры петли гистерезиса, и энергию необходимую для перемагничивания данного ферромагнетика.*

*Полученные результаты показывают, что ферромагнетики действительно имеют остаточную индукцию и не размагничиваются при отключении внешнего поля. Мои экспериментальные данные сошлись с теоретическим графиком, хотя для более точной оценки стоило рассмотреть больший диапазон напряжений, а значит и напряжённостей магнитного поля. (Но, к сожалению, у нас нет такого оборудования).*

*Так же я получила линейный график зависимости магнитной индукции от магнитной напряжённости. Это подтверждает теорию, но будь бы диапазон токов большим мы бы увидели плато, которое показывающее, что при больших напряжённостях индукция не увеличивается и ферромагнетик насытился.*