

Р3332. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ В ОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТА

Цель работы:

Проверка справедливости формулы силы, действующей на проводник с током в однородном магнитном поле – силы Ампера:

$$F = I \cdot l \cdot B.$$

Решаемые задачи:

- 1) Снятие зависимости силы, действующей на проводник с током в однородном магнитном поле:
 - от силы тока, текущего по проводнику,
 - от силы тока, текущего по катушкам электромагнита и
 - от длины проводника (по рекомендации преподавателя).
- 2) Градуировка электромагнита – получение основной кривой намагничивания ферромагнетика.

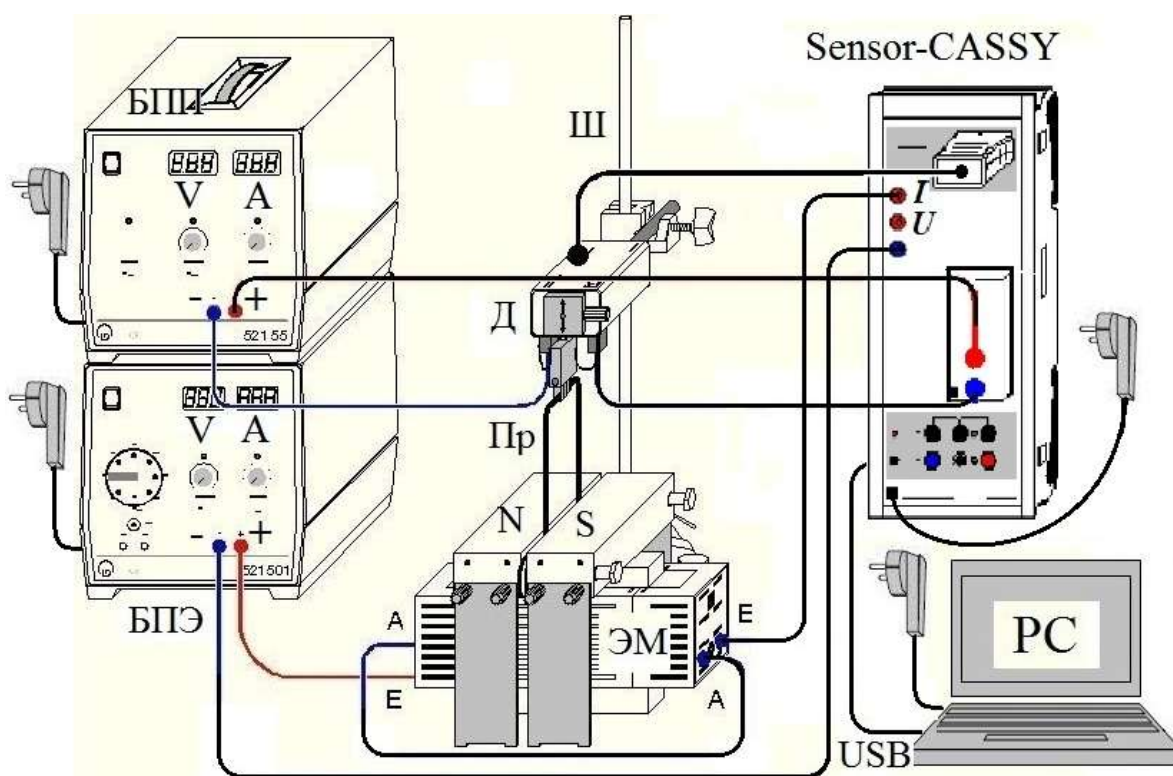



Схема измерительной установки

Оборудование:

1. Электромагнит ЭМ с полюсными наконечниками N–S,

2. Измерительный прибор «Sensor-CASSY»,
3. Датчик силы «Force sensor S, ± 1 N» – Д,
4. Штатив с держателем для крепления датчика силы – Ш,
5. Блок питания электромагнита – БПЭ,
6. Блок питания проводника – БПП,
7. Проводник – Пр,
8. Компьютер PC с встроенной программой для обработки экспериментальных данных «CASSY Lab 2».

Подготовка установки к работе

1. Проверить соответствие монтажа установки приведенной схеме.
2. Проверить, находится ли нижний горизонтальный участок проводника в средней части межполюсного зазора электромагнита, не касается ли проводник полюсов магнита и, при необходимости, поправить.
3. Подключить к сети ≈ 220 В источники питания БПЭ и БПП, компьютер PC и «Sensor-CASSY».
4. Установить на источнике питания БПЭ переключатель напряжения на указатель 6 В.
5. Установить ручку плавной регулировки напряжения «V» источника питания БПП в крайнее правое положение.
6. Установить ручки регулировки силы тока "A" на обоих источниках питания БПЭ и БПП в крайнее левое положение, то есть, на указатель «0».
7. Получить допуск к выполнению работы у инженера лаборатории!!!
8. Включить пакетный выключатель, расположенный на стенде.
9. Включить компьютер PC.
10. Запустить программу "Cassy Lab 2" при помощи ярлыка, расположенного на "Рабочем столе" PC.
11. Открыть файл "D:\Эксперименты\Р3332.labx".
12. Закрыть иконкой "Close" окно "CASSYs".
13. Выполнить установку «нуля» датчика силы "Force Sensor". Для этого вначале в меню "Window" открыть окно "Show Measuring Parameters" (Показать измеряемые параметры).
14. Далее в окне "Settings" (Установки) активировать последовательно иконки "Sensor-CASSY2" – "Input A₁ (Force sensor S, ± 1 N.524060)" – "Force F_{A1}".
15. Активировать иконку , расположенную в нижней половине этого окна.
16. Проверить успешность установки «нуля», нажатием клавиши "F9" на клавиатуре PC.
17. В таблице с заголовком "Standard", расположенной в левой части экрана PC, должно появиться значение результата тестового измерения F_{A1}, близкое к нулю с точностью до ± 2 mN (± 2 мН).
18. Если ноль не устанавливается, следует обновить программу измерений прибора «Sensor-CASSY».
19. Для этого активировать в правой части окна программы «CASSY Lab 2» последовательно меню "Sensor-CASSY2" и "Update CASSY Module".

20. Далее повторить все операции, описанные в п.п. 15 – 18 по установке «нуля».
21. После успешной установки нуля "Force F_{A1} " удалить все записи в колонках F_{A1} и I_{B1} меню "Standard".

Указания по удалению избыточных результатов

- Для удаления результата последнего измерения нажать клавиши PC "Alt" и "l".
- Для удаления последней серии отсчетов следует активировать команды меню "Measurement" – "Delete Current Measurement Series".
- Для удаления последней аппроксимации следует активировать команды меню "Diagram" – "Delete Last Evaluation".
- Для удаления всех аппроксимаций следует активировать команды меню "Diagram" – "Delete All Evaluations".

Внимание!

Во избежание перегрева соленоида и проводника все измерения должны проводиться быстро (в течение 1 – 2 минут) и после завершения измерений следует немедленно обесточить установку.

Измерения

1. Измерить линейкой длину «s» горизонтального участка проводника (в метрах), находящегося в зазоре электромагнита.
2. Вставить численное значение длины проводника в формулу расчета индукции магнитного поля электромагнита. Для этого в меню "Settings" активировать последовательно опции "Calculator" – "Formula" и в формуле "Intensity – $B_1 = F_{A1}/I_{B1}/0.04$ " число 0.04 (или любое другое число, стоящее на этом месте) заменить численным значением длины «s».
3. Включить оба источника тока БПЭ и БПП.
4. Выставить при помощи ручки "A" на БПЭ значение силы тока электромагнита

$$I_{\text{Э}} = I_{A1} = 0,2 \text{ A} \pm 0,1 \text{ A}.$$
5. Выставить при помощи ручки "A" на БПП значение силы тока проводника

$$I_{\text{П}} = I_{B1} = 1 \text{ A} \pm 0,1 \text{ A}.$$
6. Подождать 2 – 3 секунды и снять отсчет измеренных значений силы Ампера F_{A1} и силы тока в проводнике $I_{\text{П}} = I_{B1}$, нажав на клавишу "F9".
7. В дальнейшем повторить такие измерения, увеличивая силу тока в проводнике с шагом $\Delta I_{B1} = 3 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$ вплоть до значения $I_{\text{П}} = I_{B1} = 20 \text{ A}$, и после выполнения последнего измерения немедленно вывести регулятор силы тока БПП в крайнее левое положение, где $I_{\text{П}} = I_{B1} = 0 \text{ A}$. Во избежание перегрева проводника измерения выполнять быстро (в течение времени не более 1 – 2 минут).
8. Провести интерполяцию (аппроксимацию) экспериментальных точек, полученных в данной серии измерений. Для этого активировать последовательно заголовки меню "Diagram" – "Fit Function" – "Best Fit Straight Line" и курсором мышки соединить на

дисплее все экспериментальные точки, начиная от первой и заканчивая последней точкой зависимости $F_{A1} = f(I_{B1})$.

9. Снять отсчет среднего значения отношения F_{A1} / I_{B1} , который появляется под таблицей результатов измерения "Standard" и обозначается буквой «А» ($A = F_{A1} / I_{B1}$).
10. Подготовить установку для новой серии измерений. Для этого активировать последовательно строки меню "Measurement" (Измерение) и "Append new Measurement Series" (Показать новый ряд измерений).
11. Выставить на БПЭ значение силы тока электромагнита $I_{\text{Э}} = I_{A1} = 0,5 \text{ А} \pm 0,1 \text{ А}$ и повторить действия, описанные в п.п. 5 – 10.
12. Выполнить такие серии измерений еще для пяти значений силы тока электромагнита $I_{\text{Э}} = I_{A1} = 0,8 \text{ А}; 1,2 \text{ А}; 1,6 \text{ А}; 2,0 \text{ А}$ и $2,5 \text{ А} (\pm 0,1 \text{ А})$.
13. Обесточить источники тока БПЭ и БПП.
14. Вычислить значения индукции магнитного поля B для всех серий измерений по формуле: « $B = A / s = F_{A1} / I_{B1} / s$ » и сравнить эти значения с результатами автоматического отсчета B в строках таблицы меню "Magnetic Field".
15. Скопировать все графики, изображенные на дисплее РС, на внешний модуль памяти и представить их в качестве отчета по работе и объяснить отличительные особенности этих графиков.
16. Найти и объяснить отличительные особенности графиков, отображаемых на экране дисплея в меню "Standard": $F_{A1} = f(I_{B1} = I_{\text{П}})$.
17. Объяснить график зависимости индукции магнитного поля в зазоре электромагнита B от силы тока $I_{\text{Э}}$, протекающего по его обмоткам: $B = f(I_{A1} = I_{\text{Э}})$.

Дополнение

- По рекомендации преподавателя студент может повторить выполнение этой работы с другими проводниками и изучить зависимость силы Ампера от длины проводника.

Контрольные вопросы

1. Магнитное поле постоянного тока. Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле кругового тока.
2. Силовые линии магнитного поля. Магнитный поток. Закон Ампера. Сила Ампера. Сила Лоренца.
3. Однородное магнитное поле и способы его получения. Единицы измерения магнитных физических величин.

Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 3. Электричество. – М.: Физматлит-МФТИ, 2002.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. Кн. 2. – М.: Апрель – АСТ, 2003.
3. Чертов А. Г. Международная система единиц измерений. – М.: Высшая школа, 1977.
4. Иродов И. Е. Электромагнетизм. Основные законы. – М.-СПб.: Физматлит, 2000.
5. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм. – М.: Высшая школа, 1977.
6. Лабораторные работы общего физического практикума. Электричество и магнетизм. – Казань: КГУ, 2006.