

Если $f(4) = 1$, то неравенство $f(g(x)) \geq f(4)$ примет вид:

$$\frac{(\sqrt{x-9})^2 - 4\sqrt{x-9} + 33}{9 - (\sqrt{x-9})^2} \geq 1.$$

Обозначим, что $\sqrt{x-9} = t$, то $t \geq 0$ и имеем систему неравенств:

$$\begin{cases} \frac{t^2 - 14t + 33}{9 - t^2} \geq 1, \\ t \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{t^2 - 7t + 12}{t^2 - 9} \leq 0, \\ t \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 \leq x - 9 < 9, \\ - < x - 9 \leq 16 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 9 \leq x \leq 18, \\ 18 < x \leq 25, \end{cases}$$

$$x \in [9; 18) \cup (18; 25].$$

Таким образом, обобщенные методы задач относительно функциональной зависимости пока не сформулированы, очевидно, можно отнести функциональные уравнения и неравенства с использованием следующих индивидуальных методов и приемов:

- использовать непрерывность функций, устойчивость, монотонность, периодичность, парно-досоковые свойства;
- нули функции или метод неподвижных точек;
- дифференциальный метод, метод перехода на предельный;
- метод разницы;
- метод применительно к функционально заданным свойствам неизвестной функции;
- метод математической индукции;
- способность принимать большие или малые значения функции в какой-либо точке;
- метод рекуррентных ошибок;
- метод замены переменных или выражений относительно аргумента;
- метод записи функции в виде суммирования четных и нечетных функций.

Известно, что обобщенные методы решения функциональных уравнений, не приводимые в дифференцирование и интеграцию, являются малыми. Функциональные уравнения часто встречаются при решении множества прикладных задач, при составлении расписания занятий, в системе управления ракетами и других практических задачах. Также решение функциональных уравнений и неравенств рекомендуется на Олимпиадах для школьников и студентов. От учащихся требуется во всякой конкретной задаче отвлечься от несущественных деталей и увидеть в ней общее функциональное содержание: найти реальные области изменения величин, выяснить характер их зависимости. Решение таких задач воспитывает:

- умение схематизировать;
- развивает интуицию;
- прививает навыки дедуктивного мышления;
- развивает творческие исследовательские способности.

Иначе говоря, способствует развитию математической культуры, играет большую роль для развития личности учащихся. То есть имеет большое педагогическое значение.

Список литературы

1. Груденов Я.И. Совершенствование методики работы учителя математики» Книга для учащихся. М.: «Просвещение», 1988.
2. Потапов М.К., Александров В.В., Пасиченко П.И. Лекции по алгебре и элементарным функциям. Изд. Москва МТУ, 1978.
3. Фридман Л.М., Турецкий Е.Н. Как научиться решать задачи. – Книга для учащихся старших классов средней школы. М.: «Просвещение», 1987.
4. Гусев В.А., Мордович А.Г. Математика. Справочные материалы. – Книга для учащихся. М.: «Просвещение», 1990..
5. Кравцов С.В., Макаров Б.Н. и др. Методы решения задач по алгебре. Экзамен «Оникс 21 век». М., 2001.

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПРОВОДНИКА С ПЛОСКИМ ИЛИ ВОГНУТЫМ СЕЧЕНИЕМ

Карякин А.А., Карякин А.В.

Георгиевский региональный колледж «Интеграл»,
Георгиевск, e-mail: kavo545@mail.ru

Определена форма магнитного поля плоского листового проводника с током с помощью длинной магнитной стрелки от буссоли. Определен угол отклонения конца стрелки от плоскости сечения в зависимости от направления тока. Установлен шаг винтовой линии и направление разворачивания силовых линий магнитного поля. Обнаружен принцип действия, на котором основано правило буравчика, приводящее к тому, что при вращении винта с правой нарезкой, происходит продольное перемещение винта в направлении тока, в направлении силовых линий магнитного поля проводника. Исследовано магнитное поле внутри полого проводника. Определена форма магнитного поля при гибке листового проводника с током с помощью короткой магнитной стрелки от компаса и магнитных опилок.

Применяемые в технике сечения проводников тока не всегда являются круглыми, например

дорожки на плате, скрученные несущие провода, зажимы, контактные губки. Информации о реальной форме магнитного поля проводников сложных сечений достаточно мало. Для построения более эффективных электрических машин следует изучить и понять форму магнитных полей проводников с плоским и вогнутыми сечениями. Известно утверждение, что во внутренней полости трубы магнитное поле отсутствует [1, 2]. Попробуем подтвердить или опровергнуть данное утверждение, проведя эксперимент, аналогичный классическому опыту Ханса Кристиана Эрстеда [3]. Целью исследования является установить форму магнитного поля проводника с сечением отличающегося от круглого. Определить являются ли линии магнитной индукции замкнутыми и направленными в перпендикулярной плоскости оси проводника.

Материалы и методы исследования

Вокруг проводника с переменным током магнитное поле представляет собой совокупную систему двух разнонаправленных токов. В исследовании рассматривается стационарное магнитное поле постоянного тока. Измерения проводятся, как и двести лет назад с помощью простой магнитной стрелки компаса. Стабильное магнитное поле позволяет измерительной стрелке от компаса развернуться и принять устойчивое положение вдоль силовых линий магнитной индукции.

Линиями магнитной индукции называют кривые, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора B в этой точке [4]. Известно, момент сил, действующих на стрелку или контур с током, зависит от угла α между силовыми линиями и направлением стрелки.

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где p_m – магнитный момент стрелки.

Известно, что напряженность магнитного поля складывается из суммы магнитных полей. На отклонение стрелки влияет естественное магнитное поле Земли, в пределах 50-60 мкТл на широте 44°. Кроме того, в пространстве имеются магнитные поля от окружающих намагничивающихся предметов и электрических систем, которые для эксперимента считаются паразитными и увеличивающими погрешности. При проведении измерений предприняты дополнительные меры по уменьшению погрешностей от внешних полей. Используется две магнитные стрелки, представляющие собой намагниченную иглу длиной 31мм и 150мм, извлеченные из корпуса. Известно, что стрелка компаса является сама по себе магнитом, поэтому использование нескольких стрелок может привести к их взаимодействию и погрешности. В каждом эксперименте используется только единственная магнитная стрелка. Проводник с

током горизонтально располагается в пространстве, удаленном от металлических материалов и поверхности пола на расстояние 1,7 м. Для снижения влияния магнитного поля Земли проводник ориентирован в направлении запад-восток. При включении тока магнитная стрелка поворачивается перпендикулярно проводнику и в направлении север-юг, соответственно момент поля Земли, определяемый по формуле (1) будет минимален, $\sin \alpha \rightarrow 0$. В данном исследовании, рассчитывать и находить магнитный момент стрелки не требуется.

Источником тока являются аккумуляторные батареи напряжением 12В емкостью 100А/ч в количестве 8 единиц, соединенных параллельно для достижения максимального уровня тока и максимального значения магнитного поля вокруг проводника. В качестве проводника выбран медный лист размером 0,5х500х1000мм. Материал проводника выбран из-за низкой намагничиваемости меди. Длина проводника равна длине медного листа 1000мм. Общее сечение проводника составляет 250 мм². Выбор большого сечения проводника и мощных аккумуляторов вызван необходимостью получения большего уровня тока и получения уровня магнитного поля проводника значительно выше уровня магнитного поля Земли и «второстепенных» источников. При измерении величина постоянного тока в проводнике достигает 2100А.

При измерении проводник из плоского листа, изгибается только в перпендикулярной плоскости, сохраняя постоянную форму изгиба по всему продольному направлению. Теоретический расчет индукции магнитного поля плоского проводника, описывается уравнением:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2}, \quad (1)$$

где I – ток в проводнике, μ_0 – магнитная постоянная.

Окружающая температура воздуха составляет 13°C. В качестве тесламетра используется датчик AK09918 с диапазоном измерения 0-4911 мкТл в устройстве Asus ZB602KL. Измерения индукции осуществляются программой phyphox versia 1.1.2, ОС: Android v.9. Направлением тока принимается движение заряженных частиц от «+» к «-» [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретическая величина магнитной индукции плоского листа проводника находится по формуле (1) и составляет 1323 мкТл. Измеренная величина магнитной индукции плоского медного листа проводника составила 1093 мкТл. Отклонения вызваны погрешностью тесламетра, части которого при измерении сильных магнитных полей намагничиваются.

Обнаружено, что при использовании более точной стрелки от буссоли, проявляется замет-

ные отклонение северного конца стрелки в сторону направления тока, а южного конца в сторону противоположную направлению тока (рис. 1).

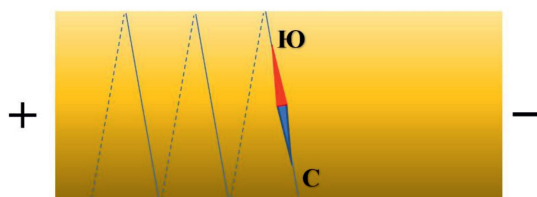


Рис. 1. Положение стрелки буссоли в центре медного листа с током. Пунктиром отмечено направление стрелки на обратной стороне листа

Величина отклонения между концом стрелки и перпендикулярной линией к проводнику составляет 4 мм или угол 3° . Установлено, что направление стрелки над листом и под листом не формирует замкнутую линию. Форма силовых линий представляет собой правостороннюю зигзагообразную линию. Шаг линии пропорционален ширине листа. Для медного листа шириной 500 мм шаг линии составляет не менее 60 мм. Подтверждено правило буравчика, что при вращении винта с правой нарезкой, происходит продольное перемещение винта в направлении тока. Направление резьбы буравчика совпадает с направлением силовых линий проводника.

В эксперименте исследованы силовые линии магнитного поля в проекции сечения проводника и изменения их формы в зависимости от гибки листового проводника (рис. 2).

Установлено, что направление стрелки изменяется в процессе гибки листа проводника. При радиусе кривизны более R направления стрелки сверху и снизу проводника противоположны. При уменьшении радиуса гибки меньше R направление внутренней стрелки совпадает с направлением внешней стрелки. При радиусе гибки равном R внутренняя стрелка компаса находится в устойчивом положении совпадающим с направлением тока.

Свернутый в окружность медный лист представляет собой полый проводник. Установлено, что направления магнитной стрелки внутри и

снаружи полого проводника не изменяются от наличия электрического контакта между краями листа. Установлено, что внутри полого проводника вблизи поверхности существует магнитное поле. Измеренная величина магнитной индукции составила снаружи полого проводника 2037 мкТл, а внутри 916 мкТл. Приведенные данные получены с помощью неспециализированного устройства Asus ZB602KL, части которого намагничиваются в сильном магнитном поле и приводят к погрешностям измерения. Общий вывод, состоит в том, что внутри полого проводника имеется магнитное поле, которое слабее внешнего.

Для визуализации магнитных линий в гнущем листовом проводнике используются железные опилки (рис. 3).

Установлено, что с внешней стороны гнущей формы магнитных линий близка к окружности. Центр которых совпадает с центром гибки листа. Внутри листа проводника наблюдается сложная форма силовых линий, включающая в себя два магнитных полюса на боковых стенках из которых выходят силовые линии. С внутренней поверхности проводника берут начало линии магнитной индукции, соответственно они не являются замкнутыми вокруг проводника.

Выводы

С помощью длинной магнитной стрелки от буссоли обнаружено постоянное отклонение северного конца стрелки, и соответственно силовых линий магнитного поля плоского проводника с током. Отклонение от перпендикулярной линии составляет угол величиной 3° . В горизонтальной проекции магнитные линии представляют собой правостороннюю зигзагообразную линию с шагом, зависящим от ширины листа. Таким образом, обнаружен принцип действия, на котором основано правило буравчика, приводящее к тому, что при вращении винта с правой нарезкой, происходит продольное перемещение винта в направлении тока, т.е. в направлении наклонных силовых линий магнитного поля проводника. Найдено направление силовых линий внутри полого проводника, совпадающее с направлением магнитного поля снаружи.

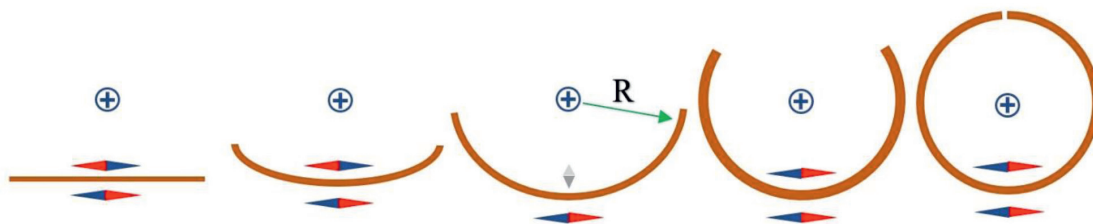


Рис. 2. Направления магнитной стрелки при постепенной радиусной гибке листового проводника в плоскости сечения проводника с током



Рис. 3 Фотографии железных опилок вокруг листового проводника с током. Внешняя сторонагиба листа (слева). Внутренняя сторонагиба листа (справа)

Обнаружена форма силовых линий внутри проводника, зависящая от радиусагиба листа. При уменьшении радиусагиба появляются дополнительные полюса меняющие направления и начала линий магнитной индукции во внутреннем объеме проводника с током. Эксперимент показал, что силовые линии магнитного поля вокруг сложного профиля проводника с током не являются замкнутыми, и не лежат в перпендикулярной плоскости оси проводника.

Список литературы

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. М.: Высшая школа. 1988. 263 с.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества. Учебное пособие для вузов. М.: ФИЗМАЛИТ. 2003. 613 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 3. Электричество. Учебное пособие. 2009. 656 с.
4. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2009. 319 с.
5. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики, Электричество и магнетизм. Том 2. М.: ФИЗМАЛИТ. 2019. 488 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ СТРЕЛКИ КОМПАСА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО С КРУГЛЫМ СЕЧЕНИЕМ ПРОВОДНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Карякин А.А., Карякин А.В.

Георгиевский региональный колледж «Интеграл»,
Георгиевск, e-mail: kavo545@mail.ru

Уточнен опыт Ханса Кристиана Эрстеда с прямолинейным проводником постоянного тока и отклонением стрелки компаса тем, что величина тока увеличена до 2100 А, а в качестве стрелки использована длинная магнитная стрелка от буссоли. Уменьшено влияние магнитного поля Земли на отклонение стрелки расположением горизонтального проводника перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли в направлении восток-запад, вместо

направления север-юг. Определены углы отклонения устойчивого положения концов стрелки компаса в магнитном поле проводника от плоскости перпендикулярной оси прямолинейного проводника в зависимости от направления тока. Экспериментально подтверждено, что силовые линии магнитного поля вокруг прямолинейного проводника не являются замкнутыми, не являются окружностями и не лежат в перпендикулярной плоскости оси проводника. Обнаружена пространственная форма силовых линий в виде конической винтовой линии, зависящая от направления тока в проводнике. Установлен шаг винтовой линии и направление развертывания силовых линий магнитного поля. Обнаружен принцип действия, на котором основано правило буравчика, приводящее к тому, что при вращении винта с правой нарезкой, происходит продольное перемещение винта в направлении тока, в направлении разворачивающихся силовых линий магнитного поля проводника.

В магнитном поле проводника с током магнитная стрелка компаса отклоняется. Впервые связь между электрическими и магнитными явлениями установил Ханс Кристиан Эрстед в 1820 году, проведя известный опыт [1]. Согласно наблюдению при включении тока в проводнике расположенная рядом магнитная стрелка устанавливалась перпендикулярно проводу. При изменении направления тока стрелка поворачивалась на 180° .

Стрелка компаса позволяет определить в пространстве направление вектора магнитной индукции в отличие от визуализации с помощью железных опилок или мнемонических правил: правила левой руки, правила буравчика. Погрешность от использования железных опилок для визуализации магнитного спектра вызвана появлением вторичной намагниченности железа и изменению формы силовых линий проводника, представлено на рис. 1.