

“В ПОМОЩЬ РАДИОКРУЖКУ” — ВЕДЕТ Б. С. ИВАНОВ

ТЕОРИЯ: ПОНЕМНОГУ — ОБО ВСЕМ

В. ПОЛЯКОВ, г. Москва

1.4. Электромагнетизм.

Точно так же, как заряды создают электрическое поле, ток, протекающий по проводнику, создает магнитное поле. Однако характер этих полей разный. Если электрическое поле действует на заряды (закон Кулона), то магнитное — на токи, текущие по другим проводникам (закон Ампера), или на предметы, изготовленные из ферромагнитного вещества (железа, хрома, никеля или искусственно созданного материала — феррита).

На рис. 1, в уже были показаны силовые линии электрического поля в конденсаторе. Кстати, они введены в обиход М. Фарадеем и показывают направление силы, действующей на маленький (точечный) положительный пробный заряд. Электрические силовые линии начинаются и кончаются только на зарядах. В металлическую проводящую поверхность они входят строго перпендикулярно. Магнитных зарядов в природе не бывает. Постоянный ток можно создать только в замкнутом контуре.

Сделаем маленький пробный контур (колечко), по которому протекает ток, и поместим его в магнитное поле, например магнитное поле Земли. Колечко повернется, и его ось покажет направление магнитной силовой линии! Точно так же поведет себя и магнитная стрелка компаса. Правда, компасом нельзя воспользоваться в вагоне электрички или вблизи высоковольтной линии передачи постоянного тока — стрелка повернется перпенди-

кулярно проводу вдоль силовой линии, а вовсе не на Север. Магнитные силовые линии нигде не кончаются и не начинаются, они замкнуты (рис. 4, а).

Напряженность магнитного поля H , измеряемая в амперах на метр, на расстоянии R от прямого провода с током I составит: $H = I/2\pi R$ (**напряженность магнитного поля прямого тока**).

Поле можно усилить, если провод согнуть в кольцо (рис. 4, б). Тогда в центре кольца, или витка с током радиуса R , магнитные поля отдельных участков кольца сложатся: $H = I/2R$ (**напряженность магнитного поля витка с током**).

Намотаем N витков на каркас с площадью поперечного сечения S и длиной l (рис. 4, в). Магнитные поля отдельных витков сложатся, и общее магнитное поле получившейся катушки индуктивности (или соленоида — так иногда называют подобное устройство) станет сильнее: $H = IN/l$ (**напряженность магнитного поля катушки индуктивности — соленоида**).

Итак, электрический ток создает магнитное поле. Вы спросите: а как же постоянные магниты — железные бруски или подковы, притягивающие даже гвозди? Какие там токи? Они есть, только микроскопические, внутриатомные. Каждый электрон, вращающийся вокруг ядра, — это кольцевой ток, создающий магнитное поле. Есть еще вращение электрона вокруг оси — спин электрона, также создающий магнитное поле. Если все магнитные поля электронов в атомах вещества направлены в разные стороны и компенсируют друг друга, вещество не проявляет магнитных свойств. А если нет? Тогда — это ферромагнетик, и его можно намагнитить, “развернув” все магнитные поля атомов в одну сторону.

Как это сделать? Очень просто — поместить ферромагнетик в достаточно сильное внешнее поле, созданное, например, катушкой индуктивности с пропущенным через нее током. Остаточная намагниченность вещества сохранится, даже если выключить ток или вынуть ферромагнетик из катушки.

Именно так и делают постоянные магниты для динамических головок громкоговорителей, например, выбирая вещества с большой остаточной намагниченностью (магнитожесткие). Если же остаточная намагниченность невелика (магнитомягкое вещество), то перемагничивать его можно практически без потерь, и из такого материала целесообразно изготавливать магнитопроводы катушек индуктивности и трансформаторов.

Роль магнитопроводов в электротехнике исключительно велика, поэтому давайте разберемся в их назначении. Намагничиваясь полем катушки, ферромагнитное вещество магнитопровода создает собственное поле, усиливающее поле катушки в 400...1000 раз для трансформаторной стали и в 10 000...120 000 раз для специальных сплавов с высокой магнитной проницаемостью (пермаллой и другие). Теперь говорят уже не о напряженности магнитного поля, а о магнитной индукции, характеризующей силовое действие магнитного поля: $B = \mu_0 H$ (**магнитная индукция**), где μ — относительная магнитная проницаемость магнитопровода, μ_0 — магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м). Индукция измеряется в Тесла, в честь знаменитого электротехника Николы Тесла (1856–1943).

Эффективность катушки с магнитопроводом (в качестве электромагнита, например) пропорциональна не только индукции, но еще и поперечному сечению, а так как магнитные потоки отдельных витков складываются, — еще и числу витков: $\Phi = BSN$ (**магнитный поток**).

Коэффициент пропорциональности между током в катушке и ее магнитным потоком называется индуктивностью ($\Phi = LI$ — **магнитный поток соленоида**) и измеряется в генри в честь американского ученого и электротехника Джозефа Генри (1797–1878): $L = \mu_0 N^2 S/l$ (**индуктивность**).

А теперь представьте, что мы поместили в соленоид (рис. 4, в) ферромагнетик и свернули все в кольцо так, чтобы магнитный поток, выходящий из одного конца соленоида, сразу же входил в другой. Получилась катушка на тороидальном (кольцевом) магнитопроводе (рис. 4, г). Это очень удачная конструкция катушки, все магнитное поле которой заключено внутри тора и нигде не выходит наружу. Соответственно и внешние поля практически не воздействуют на такую катушку.

К сожалению, тороидальные катушки сложны в изготовлении (надо продевать провод в отверстие сердечника), поэтому практически чаще используют тонкие Ш-образные пластины, из которых набирают магнитопроводы, составленные из двух частей (рис. 4, д). Почему такой магнитопровод не делают из цельного куска стали? Чтобы не образовывалось короткозамкнутых объемных витков внутри магнитопровода, по которым будет циркулировать никому не нужные токи, вызывающие только нагрев и потери.

Самым же лучшим материалом для магнитопроводов является феррит, изготовляемый из ферромагнитного порошка, спекаемого в монолит. Феррит не проводит электрический ток, но обладает высокой магнитной проницаемостью — это ферродизэлектрик. ■

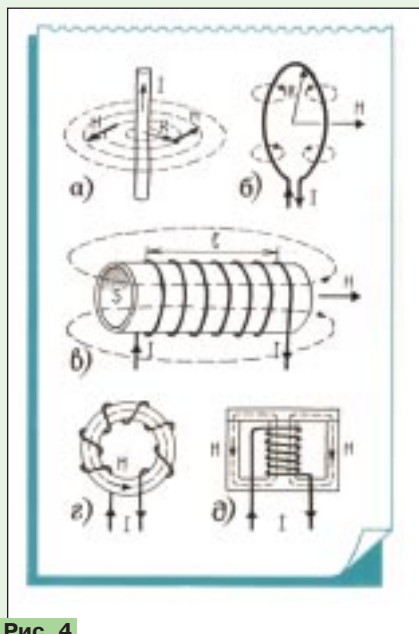


Рис. 4