

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

538.12

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ КОНЦЕНТРАТОР МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В настоящее время наиболее эффективным методом получения сверхсильного импульсного магнитного поля является кумулятивное сжатие магнитного поля замкнутой проводящей оболочкой¹. Этим методом достигнута напряженность импульсного магнитного поля 25 млн. э².

Для лекционной демонстрации кумулятивного метода используется то обстоятельство, что импульсное увеличение напряженности магнитного поля может быть получено сжатием поля и между проводниками, не образующими замкнутого контура.

Для проведения опытов необходимы электромагнит и флюксметр, позволяющий наглядно регистрировать импульсное изменение магнитного поля. Флюксметр состоит из измерительной катушки, интегрирующей цепи и осциллографа с длительным послесвечением экрана. Прежде всего показывается, как такой флюксметр регистрирует импульс поля. Для этого мимо измерительной катушки быстро проносят постоянный стержневой магнит и на экране осциллографа наблюдают импульс, соответствующий импульсному изменению магнитного потока через катушку.

В первом опыте (рис. 1) показывается, что при быстром движении проводящей пластины поперек силовых линий неоднородного поля возникающие в ней вихревые токи изменяют окружающее пластину магнитное поле. В зазор включенного электромагнита быстрым движением вводится медная пластинка — на экране осциллографа наблюдается импульс, соответствующий приращению поля в центре зазора электромагнита, где расположена измерительная катушка. По правилу Ленца вихревые токи в пластине, движущейся в область сильного поля, направлены так, чтобы задержать увеличение магнитного потока через пластину. Магнитное поле вихревых токов внутри пластины ослабляет, а за ее краями усиливает поле магнита. После прекращения движения пластины вихревые токи затухают и восстанавливается стационарное распределение поля в зазоре магнита. Длительность этого переходного процесса определяется временем релаксации проводника, которое зависит от его формы, проводимости и ориентации во внешнем поле¹.

При выдергивании пластины из зазора магнита на экране осциллографа наблюдается импульс противоположной полярности, соответствующий импульсному уменьшению поля в зазоре магнита. Нужно показать и контрольный опыт с медной пластиной, разрезанной в виде гребенки. При движении этой пластины в зазор магнита флюксметр не обнаруживает изменения поля.

Описанные опыты могут быть истолкованы и на основании так называемого закона сохранения магнитного потока через проводник³. Этот закон может применяться для процессов, длительность которых меньше времени релаксации проводника. Так, при быстром движении пластины в зазор включенного электромагнита сохраняется то небольшое значение магнитного потока через пластину, которое было

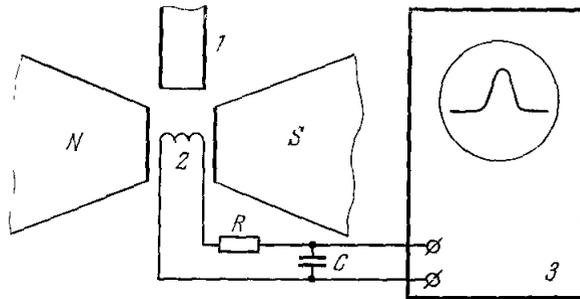


Рис. 1.

1 — медная пластинка, 2 — измерительная катушка (4000 витков ПЭВ-0,06), 3 — осциллограф С1-13. Интегрирующая цепь: $R = 40$ ком, $C = 10$ мкф.

до начала ее движения. При этом внешний магнитный поток не успевает проникнуть в пластину, «отталкивается» ее передним краем и уплотняется.

Демонстрируемый эффект может быть значительно усилен, если сжимать поле между тремя пластинами, одновременнодвигающимися к центру зазора магнита. Этот способ используется в предлагаемом концентраторе магнитного поля. Конструкция его подобна центратору на съемном полюсном наконечнике магнита 4. Механизм концентратора позволяет вручную небольшим перемещением рычага 2 обеспечить достаточную для демонстрации скорость смыкания пластин 1 вокруг измерительной катушки 3, укрепленной вместе с концентратором на съемном полюсном наконечнике магнита 4.

Демонстрация сжатия магнитного поля концентратором проводится в следующем порядке: включают магнит и разводят пластины, затем резким движением рычага

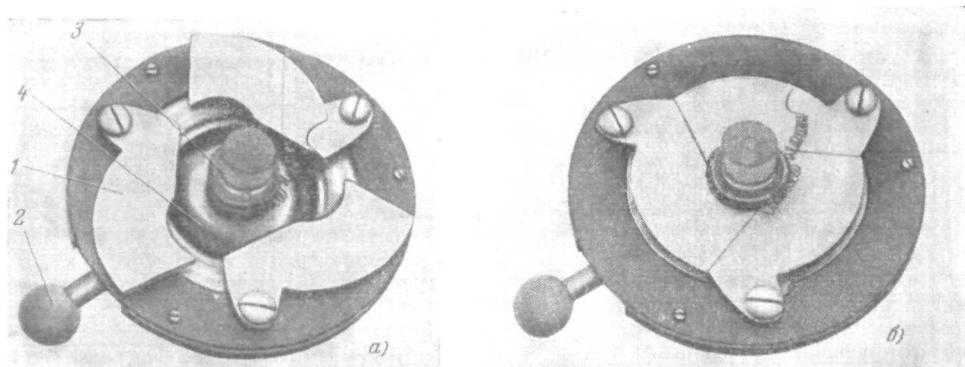


Рис. 2. Концентратор.

а) Пластины разведены; б) пластины сведены. 1 — пластины; 2 — рычаг; 3 — измерительная катушка; 4 — полюсный наконечник.

смыкают пластины. Флюксметр регистрирует импульсное приращение поля значительно большее, чем в первом опыте с одной пластиной. Так, при постоянном поле 3000 э импульсное приращение поля составляет 200—300 э.

Можно показать пондеромоторное действие на пластины концентратора внешнего магнитного поля, изменяющегося во времени. Если движение пластин вызывает изменение окружающего их стационарного поля, то должен иметь место и обратный эффект: изменение внешнего поля должно вызывать движение пластин. Демонстрация этого явления проводится с концентратором в следующей последовательности: при выключенном магните пластины смыкают, затем показывают, как при включении электромагнита пластины под действием поля раздвигаются. При выключении поля пластины вновь смыкаются.

Это пондеромоторное действие также может быть объяснено с помощью закона сохранения магнитного потока через пластины концентратора при быстрых изменениях внешнего поля. Если в опыте по сжатию поля концентратор является «генератором поля», то в последнем опыте он служит «полевым мотором». Эта демонстрация иллюстрирует физические основания современного метода формовки проводящих оболочек в импульсных магнитных полях 4.

Авторы выражают благодарность М. С. Тихомирову, который принял участие в постановке описанных опытов.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

К. Н. Баранский, Г. А. Север

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Я. П. Терлецкий, ЖТФ 32, 387 (1957).
2. А. Д. Сахаров, УФН 88 (4), 725 (1966).
3. Дж. Шерклиф, Курс магнитной гидродинамики, М., «Мир», 1967.
4. Ф. Х. Байбулатов, УФН 92 (2), 347 (1967).