

довольно большим, но под воздействием электромагнитной волны между опилками происходили микроскопические разряды, образовывались проводящие “мостики” и сопротивление когерера резко уменьшалось. Для восстановления сопротивления трубочку надо было встряхивать.

Само название “когерер” принадлежит Лоджу, построившему на его основе приемник с батареей и гальванометром, включенным в цепь когерера. Для встряхивания опилок в когерере служил часовой механизм с молоточком. Приемник Лоджа к 1894 г. обнаруживал электромагнитное излучение искрового вибратора Герца на расстоянии около 40 м.

А. С. Попову удалось создать оригинальный и значительно более чувствительный приемник электромагнитных колебаний на основе когерера, который был продемонстрирован на заседании Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. Схема приемника Попова легла в основу аппаратуры радиосвязи первого поколения, а сам приемник стал первым практическим радиотехническим устройством. День обнаружения своего изобретения А. С. Поповым в нашей стране отмечается как День радио.

Аналогичный приемник был изготовлен молодым итальянцем Гульельмо Маркони (1874—1937), который и запатентовал это устройство в Англии 2 июля 1897 г. Вся дальнейшая деятельность Маркони была связана с усовершенствованием приборов для телеграфирования без проводов.

До конца века в радиотехнике

были достигнуты следующие основные успехи: применение проводочных антенн на передающей и приемной станциях (А. С. Попов, 1895 г.), высокочастотного трансформатора или “джиггера” в приемнике (Г. Маркони, 1898 г.), открытие П. Н. Рыбкиным и Д. С. Троицким (1899 г.) возможности приема с помощью телефонной трубки радиосигналов на слух, настроенных в резонанс антенных цепей (О. Лодж, 1897 г.), новых типов “самовосстанавливающихся” когереров (ртутных, магнитных, электролитических), по своим свойствам уже приближавшихся к полупроводниковым детекторам.

Первая в истории трансатлантическая передача радиосигнала на расстоянии в 1800 миль между станциями в Полдю (Англия) и на полуострове Ньюфаундленд (Канада) была осуществлена Маркони и Флеммингом уже в 1901 г. Были построены большие антенны, мощная и чувствительная (по тем временам) аппаратура, но передать и принять удалось всего лишь телеграфные послышки из трех точек — букву S. Так, существование и практическая польза электромагнитных волн уже ни у кого не вызывали сомнений.

2.2. Уравнения Максвелла и их физический смысл.

Уравнения Максвелла у многих вызывают какой-то полумистический трепет, основанный на убеждении, что понять их очень трудно, что для этого нужна солидная математическая подготовка. В то же время они достаточно просты и смысл их при внимательном чтении приведенного ниже материала вполне понятен для учеников старших классов средней школы. Вспомним, как возникает магнитное поле вокруг проводников с током: силовые линии имеют вид колец, “надетых” на вектор, показывающий направление тока. Первое уравнение Максвелла об этом и говорит:

$$\text{rot}H = j_{\text{пр}} + dD/dt.$$

Математическая операция $\text{rot}H$ (rot — ротор, или вихрь) означает: на направление (вектор) тока “надевается” маленькое воображаемое колечко (рис. 9,а). Значение касательной к колечку, т. е. составляющей напряженности магнитного поля H , умножается на длину окружности (колечка) и делится на площадь этого колечка. Ротор H отличен от нуля только для вихревого поля с кольцеобразными замкнутыми силовыми линиями. Показанный на рисунке вектор $j_{\text{пр}}$ обозначает плотность протекающих сквозь ко-

лечко реальных токов проводимости, т. е. токов, которые протекают в токопроводящей среде (например в металле):

$$j_{\text{пр}} = \sigma E,$$

где σ — проводимость среды, E — напряженность электрического поля.

Но магнитное поле H создается не только токами проводимости, но и изменениями вектора электрической индукции D . Это изменение D отражено в формуле $\text{rot}H = dD/dt$, что означает: очень малая часть вектора D (обозначено dD) изменяется в очень малое время dt . Вектор в любой среде связан с напряженностью электрического поля:

$$D = \epsilon\epsilon_0 E.$$

Производную по времени D (которая может быть обозначена как dD/dt) Максвелл назвал током смещения $j_{\text{см}}$. Он при этом имел в виду, что под действием колебаний электрического поля заряды, находящиеся в среде, смещаются от своего положения равновесия. Таким образом, вектор тока, как и показано на рис. 9,а, состоит из двух составляющих: $j_{\text{пр}} + j_{\text{см}}$.

Здесь уместно сказать, что первое уравнение дает прекрасный критерий для различения диэлектриков и проводников. Если в среде токи проводимости больше токов смещения, то среда — проводник, если меньше, то диэлектрик. Идеальный диэлектрик — вакуум, в котором токи проводимости вообще отсутствуют. Колебания тока проводимости синфазны с колебаниями электрического поля, поэтому токи проводимости вызывают выделение энергии в среде с проводимостью, что приводит к тепловым потерям и уменьшению энергии электромагнитного поля.

Реальные среды всегда имеют некоторые потери. Они характеризуются углом потерь δ , определяемым по графику рис. 9,б, где по горизонтальной оси откладывается значение токов смещения, а по вертикальной — проводимости. Если предположить, что электрическое поле меняется по синусоидальному закону с угловой частотой ω , то амплитуда токов смещения будет пропорциональна $\epsilon\epsilon_0\omega$.

Из этого выражения может быть сделан важный вывод: свойства сред зависят от частоты, и вещество, по своим свойствам близкое к проводнику на низких частотах, может проявлять свойства диэлектрика на высоких.

Итак, первое уравнение Максвелла утверждает, что изменения электрического поля порождают вихревое магнитное поле.

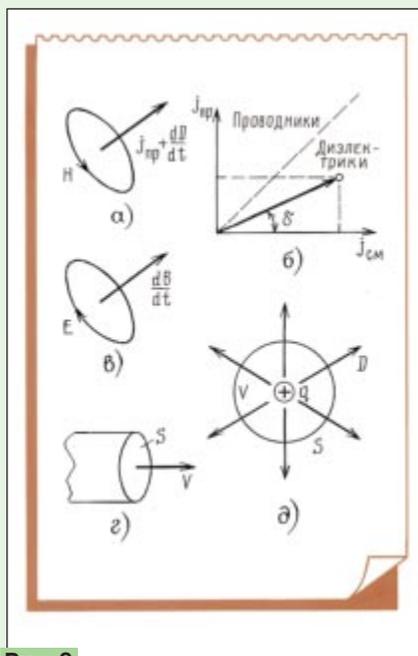


Рис. 9