В предыдущем параграфе говорилось, что чем быстрее меняется со временем магнитная индукция, тем больше напряжённость возникающего электрического поля. И в свою очередь, чем быстрее меняется напряжённость электрического поля, тем больше магнитная индукция.

Следовательно, для образования интенсивных электромагнитных волн необходимо создать электромагнитные колебания достаточно высокой частоты.

Колебания высокой частоты, значительно превышающей частоту промышленного тока (50 Гц), можно получить с помощью колебательного контура. Циклическая частота колебаний со0 = будет тем больше, чем меньше

индуктивность L и ёмкость С контура.

Открытый колебательный контур. Однако большая частота электромагнитных колебаний ещё не гарантирует интенсивного излучения электромагнитных волн. В обычном контуре, какой изображён на рисунке 4.1 (его можно назвать закрытым), почти всё магнитное поле сосредоточено внутри катушки, а электрическое — внутри конденсатора.

Вдали от контура электромагнитного поля практически нет. Такой контур очень слабо излучает электромагнитные волны.

Для получения электромагнитных волн Г. Герц использовал простое устройство, которое в его честь было названо вибратором Герца. Это устройство представляет собой открытый колебательный контур.

К открытому контуру можно перейти от закрытого, если постепенно раздвигать пластины конденсатора (рис. 6.7), уменьшая их площадь и одновременно уменьшая число витков в катушке. В конце концов получится просто прямой провод. Это и есть открытый колебательный контур. Ёмкость и индуктивность вибратора Герца малы, поэтому соответствующая им частота колебаний весьма велика.

В открытом контуре заряды не сосредоточены на его концах, а распределены по всему проводнику. Ток в данный момент времени во всех сечениях проводника направлен в одну и ту же сторону, но сила тока неодинакова в различных сечениях проводника. На концах она равна нулю, а посредине достигает максимума. (Напомним, что в обычных цепях переменного тока сила тока во всех сечениях в данный момент времени одинакова.) Электромагнитное поле охватывает всё пространство вблизи контура.

Для возбуждения колебаний в таком контуре во времена Герца поступали так. Провод разрезали посредине с таким расчётом, чтобы оставался небольшой воздушный промежуток, называемый искровым (рис. 6.8). На разрезанные концы надевали небольшие шарики. Обе части проводника заряжали до высокой разности потенциалов. Когда разность потенциалов превышала некоторое предельное значение, между шариками проскакивала искра (рис. 6.9), цепь замыкалась, и в открытом контуре возникали колебания.

Колебания в открытом контуре затухают по двум причинам: во-первых, вследствие наличия у контура активного сопротивления; во-вторых, из- за того, что вибратор излучает электромагнитные волны и теряет при этом энергию. После того как колебания прекращаются, оба проводника вновь заряжают от источника до наступления пробоя искрового промежутка, и всё повторяется сначала.

Опыты Герца. Герц получал электромагнитные волны, возбуждая в вибраторе с помощью источника высокого напряжения серию импульсов быстропеременного тока. Колебания электрических зарядов в вибраторе создают электромагнитную волну. Только колебания в вибраторе совершает не одна заряженная частица, а огромное число электронов, движущихся согласованно. В электромагнитной волне векторы Е и В перпендикулярны друг другу. В данном случае вектор Е лежит в плоскости, проходящей через вибратор, а вектор В перпендикулярен этой плоскости. Излучение волн происходит с максимальной интенсивностью в направлении, перпендикулярном оси вибратора. Вдоль этой оси излучения не происходит.

Электромагнитные волны регистрировались Герцем с помощью приёмного вибратора (резонатора), представляющего собой такое же устройство, как и излучающий вибратор. Под действием переменного электрического поля электромагнитной волны в приёмном вибраторе возбуждаются колебания тока. Если собственная частота приёмного вибратора совпадает с частотой электромагнитной волны, наблюдается резонанс. Колебания в резонаторе происходят с большей амплитудой при расположении его параллельно излучающему вибратору. Герц обнаружил эти колебания, наблюдая искорки в очень маленьком промежутке между проводниками приёмного вибратора.

Учёный не только получил электромагнитные волны, но и открыл, что они ведут себя подобно другим видам волн. В частности, он наблюдал отражение электромагнитных волн от металлического листа и интерференцию волн.

При сложении волны, идущей от вибратора, с волной, отражённой от металлического листа, образуются максимумы и минимумы амплитуды колебаний — интерференционная картина. Если перемещать резонатор, можно найти положения максимумов и определить длину волны.

Скорость электромагнитных волн. В опытах Герца длина волны составляла несколько десятков сантиметров. Вычислив собственную частоту электромагнитных колебаний вибратора, Герц смог определить скорость электромагнитной волны по формуле v = A,v. Она оказалась приближённо равной скорости света: с ~ 300 ООО км/с.

Опытами Герца были блестяще подтверждены предсказания Максвелла.

Плотность потока излучения. Рассмотрим плоскую электромагнитную волну, скорость которой перпендикулярна поверхности площадью S. На рисунке 6.10 изображена такая поверхность.

Прямые линии — лучи — указывают направления распространения электромагнитных волн.

Лучи — линии, перпендикулярные поверхностям, во всех точках которых колебания происходят в одинаковых фазах, — волновым поверхностям (см. § 30).

Волна переносит энергию.

Плотностью потока электромагнитного излучения I называют отношение электромагнитной энергии AW, переносимой волной за время At через перпендикулярную лучам поверхность площадью S, к произведению площади S на время At:

Фактически это мощность электромагнитного излучения (энергия в единицу времени), проходящего через единицу площади поверхности. Плотность потока излучения в СИ выражают в ваттах на квадратный метр (Вт/м2). Иногда эту величину называют интенсивностью волны.

Выразим интенсивность I через плотность электромагнитной энергии и скорость с её распространения. Выберем поверхность площадью S, перпендикулярную лучам, и построим на ней как на основании цилиндр с образующей с At (рис. 6.11). Объём цилиндра AV = ScAt. Энергия электромагнитного поля внутри цилиндра равна произведению плотности энергии на объём: AW = wcAtS. Вся эта энергия за время At пройдёт через правое основание цилиндра. Поэтому из формулы (6.1) получаем.

Плотность потока излучения равна произведению плотности электромагнитной энергии на скорость её распространения.

Точечный источник излучения. Источники излучения электромагнитных золн могут быть весьма разнообразными. Простейшим является точечный источник.

Источник излучения считается точечным, если его размеры много меньше расстояния, на котором оценивается его действие, и он посылает электромагнитные волны по всем направлениям с одинаковой интенсивностью.

Точечный источник — такая же идеализация реальных источников, как и другие модели, принятые в физике: материальная точка, идеальный газ и т. д.

Звёзды излучают свет, т. е. электромагнитные волны. Так как расстояния до звёзд в огромное число раз превышают их размеры, то именно звёзды представляют собой лучшее реальное воплощение точечных источников.

Зависимость плотности потока излучения от расстояния до точечного источника. Окружив точечный источник сферической поверхностью, мы видим, что при удалении от источника волна переносит ту же энергию через поверхность всё большей площади. Поэтому энергия, передаваемая через поверхность единичной площадки за единицу времени, т. е. плотность потока излучения, уменьшается по мере удаления от источника.

Поместим точечный источник в центр сферы радиусом R. Площадь поверхности сферы S = 4jlR2. Если считать, что источник по всем направлениям за время t излучает суммарную энергию AW, то.

Плотность потока излучения от точечного источника убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до источника.

Зависимость плотности потока излучения от частоты. Излучение электромагнитных волн происходит при ускоренном движении заряженных частиц. Напряжённость Е электрического поля и магнитная индукция В электромагнитной волны пропорциональны ускорению а\* излучающих частиц. Ускорение при гармонических колебаниях пропорционально квадрату частоты. Поэтому напряжённость электрического поля и магнитная индукция также пропорциональны квадрату частоты колебаний:

Плотность энергии электрического поля пропорциональна квадрату напряжённости поля. Энергия магнитного поля, как это можно показать, пропорциональна квадрату магнитной индукции. Полная плотность энергии электромагнитного поля равна сумме плотностей энергий электрического и магнитного полей. С учётом формулы (6.2) плотность потока излучения.

Плотность потока излучения пропорциональна четвёртой степени частоты.

При увеличении частоты колебаний заряженных частиц в 2 раза излучаемая энергия возрастает в 16 раз! В антеннах радиостанций поэтому возбуждают колебания больших частот: от десятков тысяч до десятков миллионов герц.