

Радиовещание (т. е. передача звуковой информации на большие расстояния) осуществляется посредством электромагнитных волн, излучаемых антенной радиопередающего устройства. Напомним, что источником электромагнитных волн являются ускоренно движущиеся заряженные частицы. Значит, для того чтобы антенна излучала электромагнитные волны, в ней нужно возбуждать колебания свободных электронов. Такие колебания называются *электромагнитными* (поскольку они порождают электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве в виде электромагнитных волн).

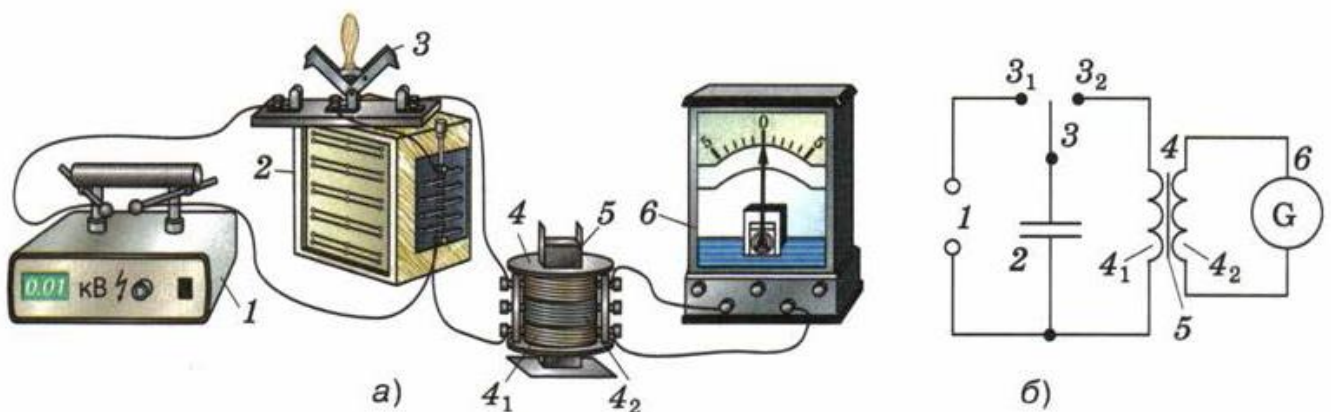
Для создания мощной электромагнитной волны, которую можно было бы зарегистрировать приборами на больших расстояниях от излучающей её антенны, необходимо, чтобы частота волны была не меньше $0,1 \text{ МГц}$ (10^5 Гц)¹. Колебания таких больших частот невозможно получить от генератора переменного электрического тока. Поэтому они подаются на антенну от *генератора высокочастотных электромагнитных колебаний*, имеющегося в каждом радиопередающем устройстве.

Одной из основных частей генератора является **колебательный контур** — колебательная система, в которой могут существовать свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур состоит из конденсатора (или батареи конденсаторов) и проволоочной катушки.

Получить свободные электромагнитные колебания и удостовериться в их существовании можно с помощью установки, изображённой на рисунке 137.

Рис. 137. Установка для получения свободных электромагнитных колебаний

Катушка 4 с сердечником 5 (рис. 137, а) состоит из двух обмоток: первичной 4_1 (из 3600 витков) и вторичной 4_2 (расположенной поверх



¹ Дальность распространения волны зависит от её мощности P , а мощность — от частоты ν : $P \sim \nu^4$. Из этой зависимости следует, что уменьшение частоты волны, например, всего лишь в 2 раза приведёт к уменьшению её мощности в 16 раз и соответствующему уменьшению дальности распространения.

первичной в средней её части и имеющей 40 витков).

Первичная обмотка катушки и батарея конденсаторов 2, соединённые друг с другом через переключатель 3, составляют *колебательный контур*. Вторичная обмотка замкнута на гальванометр 6, который будет регистрировать возникновение колебаний в контуре.

Поставим переключатель в положение $З_1$ (рис. 137, б), соединив батарею конденсаторов с источником постоянного тока 1. Батарея зарядится от источника. Перекинем переключатель в положение $З_2$, соединив батарею с катушкой. При этом стрелка гальванометра совершит несколько затухающих колебаний, отклоняясь от нулевого деления то в одну, то в другую сторону, и остановится на нуле.

Чтобы объяснить наблюдаемое явление, обратимся к рисунку 138. Пусть при зарядке от источника тока (переключатель в положении $З_1$) конденсатор получил некоторый максимальный заряд q_m . Допустим, при этом верх-

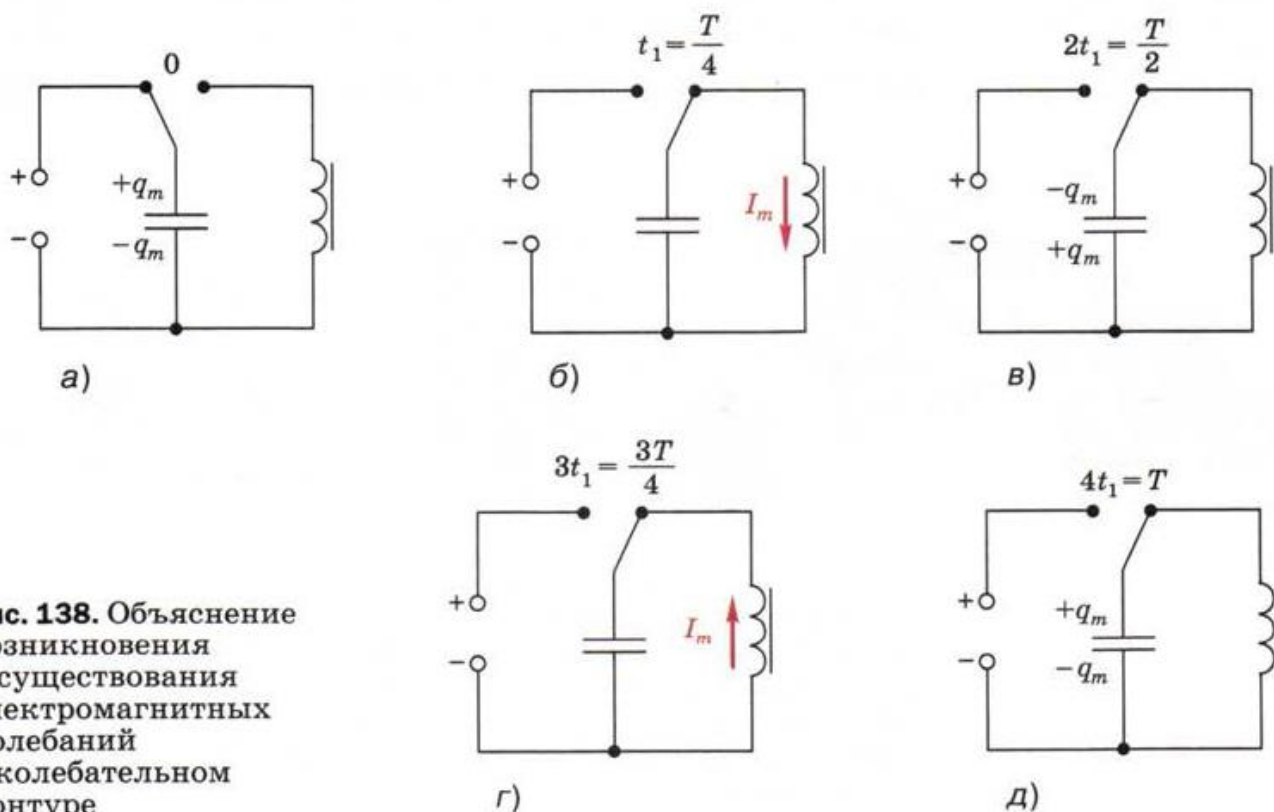


Рис. 138. Объяснение возникновения и существования электромагнитных колебаний в колебательном контуре

няя его обкладка зарядилась положительно, а нижняя — отрицательно (рис. 138, а). Между обкладками возникло напряжение U_m и электрическое поле, обладающее энергией $E_{эл\ m}$.

При замыкании на катушку (переключатель в положении $З_2$) в момент, который примем за начало отсчёта времени, конденсатор начинает разряжаться, и в контуре появляется электрический ток. Сила тока увеличивается постепенно, так как возникший в катушке ток самоиндукции направлен против тока, созданного разряжающимся конденсатором.

Через некоторый промежуток времени t_1 от начала разрядки конденсатор полностью разрядится — его заряд, напряжение между обкладками и энергия электрического поля будут равны нулю (рис. 138, б). Но, согласно закону сохранения энергии, энергия электрического поля не исчезла — она перешла в энергию магнитного поля тока катушки, которая в этот момент достигает максимального значения $E_{маг\ m}$. Наибольшему значению энергии соответствует и наибольшая сила тока I_m .

Поскольку конденсатор разряжен, сила тока в контуре начинает уменьшаться. Но теперь ток самоиндукции направлен в ту же сторону, что и ток разряжавшегося конденсатора, и препятствует его уменьшению. Благодаря току самоиндукции к моменту времени $2t_1$ от начала разрядки конденсатор перезарядится: его заряд вновь будет равен q_m , но теперь верхняя обкладка будет заряжена отрицательно, а нижняя — положительно (рис. 138, в).

Понятно, что через промежуток времени, равный $3t_1$, конденсатор вновь будет разряжен (рис. 138, г), а через $4t_1$ будет заряжен так же, как в момент начала разрядки (рис. 138, д).

За промежуток времени, равный $4t_1$, произошло одно полное колебание. Значит, $T = 4t_1$, где T — период колебаний (а $t_1, 2t_1, 3t_1$ — соот-

ветственно четверть, половина и три четверти периода).

При периодическом изменении в катушке 4_1 силы тока и его направления соответственно меняется и создаваемый этим током магнитный поток, пронизывающий катушку 4_2 . При этом в ней возникает переменный индукционный ток, регистрируемый гальванометром. Исходя из того что стрелка гальванометра совершила несколько затухающих колебаний и остановилась на нуле, можно сделать вывод, что электромагнитные колебания тоже были затухающими. Энергия, полученная контуром от источника тока, постепенно расходовалась на нагревание проводящих частей контура. Когда запас энергии иссяк, колебания прекратились.

Напомним, что колебания, происходящие только благодаря начальному запасу энергии, называются свободными. Период свободных колебаний равен собственному периоду колебательной системы, в данном случае периоду колебательного контура. Формула для определения периода свободных электромагнитных колебаний была получена английским физиком *Уильямом Томсоном* в 1853 г. Она называется *формулой Томсона* и выглядит так:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Из данной формулы следует, что период колебательного контура определяется параметрами составляющих его элементов: индуктивностью катушки и ёмкостью конденсатора. Например, при уменьшении ёмкости или индуктивности период колебаний должен уменьшиться, а их частота — увеличиться. Проверим это на опыте. Уменьшим ёмкость батареи, отключив от неё несколько конденсаторов. Мы увидим, что колебания стрелки гальванометра участились.

В начале параграфа отмечалось, что подаваемые в антенну высокочастотные колебания необходимы для создания электромагнитных волн. Но для того чтобы волна излучалась в течение длительного времени, нужны незатухающие колебания. Для создания в контуре незатухающих колебаний необходимо восполнять потери энергии, периодически подключая конденсатор к источнику тока. В генераторе это осуществляется автоматически.

Вопросы

1. Для чего электромагнитные волны подаются в антенну?
2. Почему в радиовещании используются электромагнитные волны высокой частоты?
3. Что представляет собой колебательный контур?
4. Расскажите о цели, ходе и наблюдаемом результате опыта, изображённого на рисунке 137. Каким образом гальванометр мог регистрировать происходящие в этом контуре колебания?
5. Какие преобразования энергии происходят в результате электромагнитных колебаний?
6. Почему ток в катушке не прекращается в тот момент, когда конденсатор разряжен?
7. От чего зависит собственный период колебательного контура? Как его можно изменить?



УПРАЖНЕНИЕ 42

Колебательный контур состоит из конденсатора переменной ёмкости и катушки. Как получить в этом контуре электромагнитные колебания, периоды которых отличались бы в 2 раза?