

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

ТЕОРИЯ: ПОНЕМНОГУ — ОБО ВСЕМ

В. ПОЛЯКОВ, г. Москва

1.8. Резонансные явления. Колебательный контур.

Цепь, состоящую из последовательно включенных резистора, катушки индуктивности и конденсатора (рис. 8, а), подключим к генератору переменного напряжения, позволяющему регулировать частоту колебаний (предполагается, что генератор напряжения обладает бесконечно малым внутренним сопротивлением и поэтому напряжение на его зажимах практически не зависит от нагрузки). На постоянном токе (нулевая частота) и очень низких частотах ток в цепи практически отсутствует, так как емкостное сопротивление конденсатора велико. Ток будет стремиться к нулю и на очень высоких частотах из-за возрастания индуктивного сопротивления катушки (см. графики на рис. 6, а).

Но есть одна характерная частота, на которой ток в цепи максимален и равен U/R . На этой частоте индуктивное сопротивление равно емкостному, а поскольку у них разные знаки, они компенсируют друг друга и полное сопротивление цепи оказывается активным и равным R . Эта частота называется резонансной, а график зависимости тока в цепи от частоты — резонансной кривой (рис. 8, б). Значение резонансной частоты можно найти, приравняв индуктивное и емкостное сопротивления: $\omega_p L = 1/\omega_p C$, следовательно, $\omega_p^2 = 1/LC$ (**резонансная частота**). Не забывайте, что угловая, или круговая частота ω в 2π или в 6,28 раза больше обычной, циклической частоты f , измеряемой в герцах, т.е. $\omega = 2\pi f$.

Теперь мы вплотную подошли к понятию добротности, имеющему в радиотехнике очень важное значение. Чем меньше активное сопротивление R цепи, показанной на рис. 8, а, тем острее и выше резонансная кривая и тем больше ток

в цепи при резонансе. На самом деле важно не само по себе активное сопротивление R , а отношение реактивного сопротивления r катушки или конденсатора на резонансной частоте ω_p (напомним, что они равны) к активному R . Это отношение называется добротностью колебательного контура: $Q = r/R = \omega_p L/R = 1/\omega_p CR$ (**добротность контура**). Аналогично тому, как мы это сделали для резонансной частоты, можно подсчитать, что $r^2 = L/C$.

Если нужно получить особенно высокую добротность, резистор R в контур, как правило, не устанавливают, а его роль выполняет активное сопротивление провода катушки. Даже у небольших радиочастотных катушек оно составляет единицы, а иногда и десятки ом, поскольку сопротивление провода на высокой частоте больше, чем на постоянном токе. Объясняется это так называемым скин-эффектом, явлением вытеснения тока к поверхности провода. Так, например, в медном проводе на частоте 3 МГц (3 миллиона колебаний в секунду) ток течет в поверхностном слое толщиной не более 0,1 мм.

Для уменьшения активного сопротивления катушек на радиочастотах часто используют многожильный обмоточный провод (литцендрат), скрученный из нескольких (7—21 и более) тонких изолированных проводников. При той же общей площади сечения или общем диаметре провода поверхность у литцендрата (по которой и текут высокочастотные токи) получается значительно больше, а сопротивление меньше, чем у одножильного провода.

Толщина скин-слоя обратно пропорциональна корню квадратному из частоты, и на частоте 300 МГц она уменьшается до 10 мкм. Здесь и литцендрат уже не помогает, и приходится опять использовать одножильные провода значительно диаметра, благо на таких частотах катушки имеют не более нескольких витков. Окисленные и “шершавые”, т.е. плохо обработанные металлические поверхности будут на этих частотах уже плохими проводниками. Для улучшения проводимости поверхностного слоя его часто серебрят, а вместо сплошных круглых проводов используют тонкостенные трубки — и легче, и материал экономится. А сопротивление остается тем же.

Если выводы цепи рис. 8, а замкнуть накоротко, получится парал-

лельный колебательный контур (рис. 8, в). Он гораздо чаще используется в радиотехнике. Чтобы наблюдать в контуре резонансные явления, к его выводам надо подключить уже не генератор переменного напряжения, а генератор тока, обладающий большим внутренним сопротивлением и поэтому создающий в любой нагрузке ток I , не зависящий от ее сопротивления.

Генератором тока является, например, короткая (по сравнению с длиной волны) антенна или транзисторный усилительный каскад. В этом случае напряжение на выводах параллельного контура будет изменяться, при изменении частоты, в соответствии с резонансной кривой, показанной на рис. 8, б штриховой линией. Как видим, она мало отличается от резонансной кривой для последовательного контура, причем отличия заметны лишь на боковых ветвях, вдали от резонансной частоты.

Напряжение на выводах контура при резонансной частоте равно IR_{0e} , где $R_{0e} = r^2/R$ — эквивалентное сопротивление контура на резонансной частоте. Оно тем больше, чем меньше активное сопротивление, включенное последовательно с катушкой, или сопротивление самой катушки. Остается в силе все то, что мы рассказали о контурах с высокой добротностью и о мерах уменьшения сопротивления проводов на высокой частоте.

Для чего же нужен колебательный контур? Главным образом, для выделения колебаний с нужной нам частотой из множества колебаний с различными частотами. Это чуть ли не основная задача радиотехники. Даже простейший детекторный радиоприемник будет принимать сигналы сразу нескольких наиболее мощных радиостанций, работающих на разных частотах, если его не оснастить колебательным контуром.

Когда контур настроен на частоту нужной радиостанции, сигналы всех остальных значительно ослабляются, и мы прослушиваем только одну радиопередачу. Чтобы перестраивать контур по частоте, необходимо изменять индуктивность катушки L или емкость конденсатора C (или и то и другое одновременно). С увеличением индуктивности и емкости резонансная частота или частота настройки понижается. Чаще всего используют конденсатор переменной емкости промышленного изготовления и катушку с отводами: переключая отводы, выбирают диапазон частот, а внутри диапазона частоту устанавливают конденсатором.

Итак, незаметно от рассказа об электротехнике мы перешли к радиотехнике. Но о ней — в следующий раз. ■

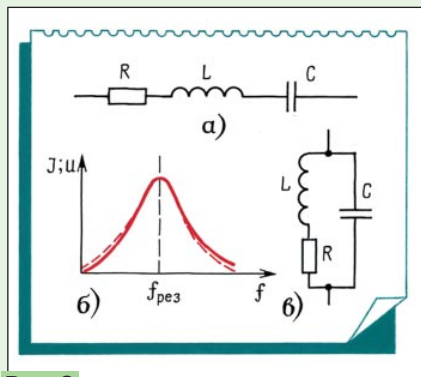


Рис. 8