

Диодный колебательный контур

О.Л. Архипов, г. Чернигов

В статье рассматриваются новая схема колебательного контура с применением двух катушек индуктивности, включенных через диоды, и анализ физических процессов в этом устройстве.

В радиотехнике и электронике применяются несколько типов колебательных контуров: параллельный, последовательный, контур с нелинейной емкостью - параметрический, спиральный резонатор и т.д. Наиболее часто применяются параллельный и последовательный (рис.1) колебательные контуры. Характеристики таких колебательных контуров известны многим, поэтому приведем только основные соотношения, так как они понадобятся для пояснения сути процессов.

Важнейшими параметрами являются

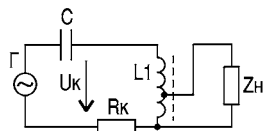


рис. 1

резонансная частота (f_0) и добротность контура (Q), которые рассчитываются по формулам:

$$f_0 = 1/2\pi(LC)^{1/2}, \quad (1)$$

$$Q = (LC)^{1/2}/r_k. \quad (2)$$

Для многих применений колебательно-контур важно получить большое значение Q и в ряде случаев "нагруженной добротности", когда с контура снимается сигнал на некоторую нагрузку. И если от контура отбирается заметная мощность, например, в антенну или технологическую установку, то получение большой Q становится проблематично, так как увеличение нагрузки ее снижает.

Казалось бы, процессы в колебательном контуре хорошо изучены, и здесь нет никаких неожиданностей, но это только на первый взгляд. А что физически заставляет расти напряжение на контуре? Подумав, приходим к ответу, что за рост напряжения на контуре "ответственна" индуктивность (L). Увеличение амплитуды колебаний объясняется свойством индуктивности развивать ЭДС самоиндукции (E_c), которая может быть намного больше, чем исходное напряжение, поданное на катушку. Это выражается формулой:

$$E_c = -L(di/dt), \quad (3)$$

где i - ток через катушку.

Рост напряжения пропорционален величине индуктивности и производной тока от времени. Поэтому в формуле (2) индуктивность находится в числителе выражения,

так как ее свойства определяют увеличение добротности и напряжения на контуре. Поясним физическую связь параметров контура, перейдем к описанию сути одного эффекта.

В 1996 г. при работе с электротехнологическими ВЧ-установками нужно было получить большую Q , но она не получалась, так как была слишком велика мощность нагрузки, поэтому автором была опробована схема контура, показанная на рис.2. Цель работы заключалась в увеличении емкости контура при той же частоте. Первоначально контур состоял из тех же элементов (L_1 и C), что и на рис.1. Питание контура осуществлялось высокочастотным прямоугольным напряжением от транзисторного генератора. Затем соединили параллельно две

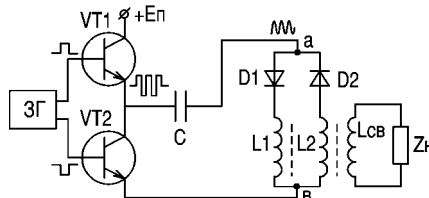


рис. 2

одинаковые катушки L_1 и L_2 с ферритовыми сердечниками через диоды D_1 и D_2 и увеличили емкость C для сохранения исходной частоты колебаний. Измеренное напряжение на контуре в точках а, б составило 340 В по сравнению с прежним (150 В) с тем же сопротивлением нагрузки Z . Напряжение генератора не изменялось. Это означало, что добротность возросла примерно вдвое, хотя уменьшилось характеристическое сопротивление контура. Индуктивность уменьшилась вдвое, а емкость увеличилась, т.е. по формуле (2) Q должна была уменьшиться, а она объективно увеличилась.

Анализируя полученные результаты, автор пришел к выводу, что физическая суть этого эффекта в импульсных процессах и в соотношениях постоянных времени. В схеме "диодного контура" (рис.2) мы как бы поочередно пропускаем через катушки схемы импульсы (рис.3), или полупериоды тока с выбросом (E_c) и скоростью нарастания напряжения, определяемой постоянной времени:

$$\tau_L = L/r_L,$$

хотя осциллограммы напряжения на контуре и катушках синусоидальные.

В случае обычного контура мы имеем чисто синусоидальное питание контура и постоянную времени контура:

$$\tau_k = 2L/r_k.$$

На рис.4 показаны напряжения на катушке с диодом и на контуре с теми

же элементами, и видна разница процессов в схемах.

Возьмем отношение постоянных времени, считая, что $L=L_1$, а $r_k=r_L/2$, и после элементарных сокращений получим:

$$\tau_k/\tau_L = 4. \quad (4)$$

Полученное соотношение показывает, что для импульсного питания катушки напряжение ЭДС самоиндукции на ней нарастает в 4 раза быстрее, чем на контуре с этой же катушкой, также, в соответствии с формулой (3), уровень напряжения будет больше за счет изменения времени. Колебательный контур "медленно раскачивается" по сравнению с катушкой и имеет меньшее напряжение по сравнению с E_c катушки.

Поэтому теоретически в диодном кон-

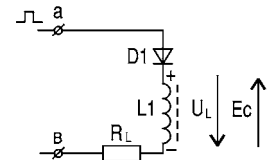


рис. 3

туре можно получить добротность почти в 4 раза выше, чем в обычном контуре. Реально получается меньше, так как есть сглаживающее влияние конденсатора, дополнительные потери в диодах (их прямое сопротивление входит в потери контура) и др.

Для практических расчетов можно считать, что добротность такого контура выражается формулой:

$$Q_D = 2(L/C)^{1/2}/r_k, \quad (5)$$

где L - индуктивность одной катушки контура, а резонансная частота ориентировочно рассчитывается по формуле (1), но индуктивность берется равной половине индуктивности одной катушки:

$$f_0 D = 1/2\pi((L/2)C)^{1/2}. \quad (6)$$

Такой выигрыш в добротности по срав-

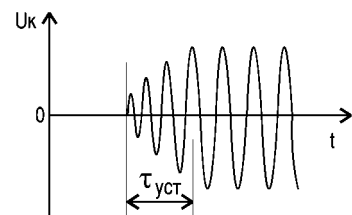
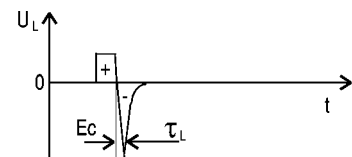


рис. 4

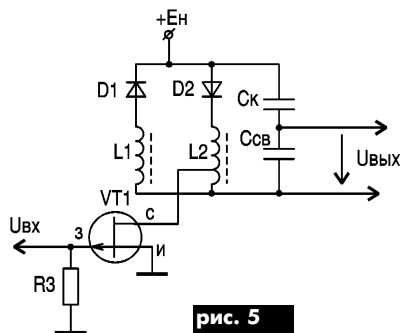


рис. 5

нению с обычными контурами технологически получить трудно, поэтому данная схема может пригодиться для мощных высоковольтных выходных каскадов, где напряжение на контуре намного больше, чем напряжение прямого падения на диодах, т.е. 0,7...1,5 В.

В качестве примера исполнения контура можно привести схему диодного параллельного колебательного контура (рис.5).

Литература

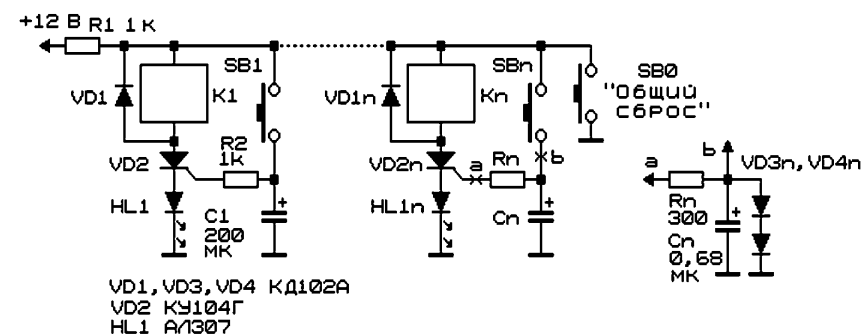
1. Изюмов Н.М., Линде Д.Л. Основы радиотехники. - Ленинград: Энергия, 1965.
2. Куликовский и др. Справочник по радиоэлектронике. - М.: Энергия, 1967. - Т.1
3. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики: Справ. - К.: Наукова думка, 1989.

Многопозиционный тиристорный переключатель

М.А. Шустов, г. Томск, Россия

Тиристорное устройство, позволяющее создать аналог многокнопочного переключателя с зависимой фиксацией положения и использующее для управления кнопочные элементы, работающие без фиксации, показано на рисунке. В отличие от своего механического прототипа кнопки электронного коммутатора могут быть пространственно разнесены на значительное расстояние, причем количество кнопок (каналов коммутации) не ограничено.

Тиристоры, как современные полупроводниковые коммутационные элементы, широко используют для включения и отключения нагрузки - узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры, электродвигателей, обмоток реле, ламп накаливания и т.п. Их особенность и основное отличие от транзисторов заключается в том, что тиристоры обладают двумя устойчивыми состояниями, исключая какие-либо промежуточные: "включено", когда сопротивление полупроводникового прибора минимально и "выключено", когда сопротивление тиристора максимально. В идеале эти сопротивления должны приближаться к нулю или бесконечности.



VD1, VD3, VD4 КД102А
VD2 КУ104Г
HL1 АЛ1307

Известно, что для включения тиристора на его вход достаточно хотя бы кратковременно подать управляющее напряжение. Отключить тиристор можно только кратковременным отключением его питания либо сменой полярности питающего напряжения. Обычно включают и отключают тиристорные коммутаторы двумя кнопками. Менее известны однокнопочные схемы управления тиристорами.

Принцип работы многопозиционного тиристорного коммутатора основан на динамических зарядно-разрядных процессах в цепях управления тиристорами. В схеме может быть использовано несколько тиристоров, однако для упрощения схемы на рисунке показано лишь два идентичных канала. Остальные каналы коммутации могут быть подключены аналогично предыдущим.

В исходном состоянии (см. рисунок) тиристоры в схеме отключены. При нажатии на кнопку управления, например, SB1, конденсатор C1 с относительно большой емкостью оказывается подключенным к источнику питания через общий токоограничивающий резистор R1. В результате заряда конденсатора возникает бросок тока, по последствиям равноценный кратковременному замыканию анодов всех тиристоров на

общую шину. Любой из тиристоров, если он был ранее включен, отключается. В то же время задействованный конденсатор накапливает энергию. После отпускания кнопки конденсатор разряжается на управляющий электрод тиристора, включая его. Для включения любого другого канала нажимают соответствующую данному каналу кнопку. Происходит сброс (отключение) ранее задействованной нагрузки и включение новой нагрузки. Кнопка SB0 предназначена для общего отключения нагрузок.

В схеме предусмотрена светодиодная индикация задействованного канала, поэтому максимальный ток нагрузки каждого из каналов ограничен значением 20 мА.

Детали. Вместо накопительных конденсаторов большой емкости могут быть использованы диодно-конденсаторные цепочки (см. рисунок). Это позволяет заметно снизить рабочее напряжение до 1,5...3 В и емкость конденсаторов C1-Cn.

В качестве нагрузки использованы низковольтные реле типа РМК-11105 на рабочее напряжение 5 В с сопротивлением обмотки 350 Ом. Резистор R1 ограничивает ток короткого замыкания и ток максимального потребления коммутатора на уровне 10...12 мА при напряжении питания 12 В.

Эта рубрика, которую мы только начинаем формировать, предназначена как для тех, кто делает первые шаги в радиоэлектронике, так и для их наставников. В редакцию поступило большое количество писем, в которых читатели просят публиковать такие материалы, как это раньше было в рубрике "Радиошкола".

Опыт работы "Радиошколы" показал, что журнал не может заменить школу или кружок, в которых есть возможность под руководством опытных руководителей получить систематические знания и практическую подготовку. Поэтому публиковать учебные материалы мы не будем, но постараемся организовать дело так, чтобы оказывать практическую помощь простыми схемами из доступных деталей с хорошим объяснением принципа работы, сборки и наладки.

Для ускорения решения этой задачи обращаемся в первую очередь к наставникам юных радиолюбителей: давайте делиться опытом друг с другом, ведь каждый из Вас нуждается в новых идеях, ре-

шениях и схемах, в то же время каждый из Вас несет в себе ценный опыт, накопленный за годы работы с детьми. Предложите в наш общий котел те схемы с подробным описанием, которые Вы уже используете в работе. Если из сотни наставников каждый пришлет только одну схему, то все будут иметь по 99 новых схем для дальнейшей работы. Те схемы, которые еще будут ждать своей очереди к опубликованию, мы сможем высылать по запросам руководителей кружков или выставить их на сайте издательства в Интернет для общего пользования.

Приглашаем также наших постоянных авторов к сотрудничеству по созданию добротных материалов для начинающих. Требования к материалам одно: все должно быть четко и ясно, а главное - просто для повторения. Со своей стороны редакция гарантирует особый подход к авторам, которые включатся в благородное дело воспитания новых радиолюбителей.