

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ И ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШЕК

*В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с основными понятиями о измерениях емкости конденсаторов и индуктивности катушек. Принцип основан на измерении частоты LC генератора и ее изменения при подключении к контуру генератора с помощью реле и образцовой емкости. Главный элемент измерительного прибора - это микроконтроллер PIC 16F628A, где микроконтроллер осуществляет основные измерительные операции с помощью программного кода, написанного, на языке машинного кода ассемблер. Этот измерительный прибор прост в использовании и достаточно точный, при сборке все элементы легкодоступны на местном рынке.*

*This article discusses issues related to the basic concepts of capacitance measurement capacitors and inductors. The principle is based on measuring the LC oscillator frequency and its variation when the generator is connected to the circuit via relays and exemplary container. The main element of the measuring device - a microcontroller PIC 16F628A, which microcontroller provides basic measuring operations using program code written in the language of the machine code assembler. This measuring instrument is easy to use and precise enough, all the elements of the assembly are readily available on the local market.*

*Ushbu maqolada kondensatorlar sig'imini o'lchash va g'altaklarning induktivligi bilan bog'liq asosiy tushunchalar va masalalar ko'rib chiqiladi. LC generator chastotasining o'lchanilishi va uning generator konturiga relye va na'munaviy sig'imlilik yordamida ulanishiga asoslangan . O'lchov qurilmasining asosiy elementi- bu PIC 16F628A mikrokontrolleri, bu yerda mikrokontroller assembler mashina kodi tilida yozilgan programmali kod yordamida asosiy o'lchov operatsiyalari amalga oshiriladi. Bu o'lchov qurilmasi ishlatishda qulay va yetarlicha aniq hisoblanadi, yig'ilishda barcha elementlar bozorlarda oson topiladi.*

LC-метр – это измерительный прибор для измерения емкости конденсаторов и индуктивности катушек. Главный элемент измерительного прибора – это микроконтроллер PIC 16F628A. МК осуществляет основные измерительные операции с помощью программного кода, написанного, на языке машинного кода ассемблер.

Микроконтроллеры семейств PIC (Peripheral Interface Controller) компании Microchip объединяют все передовые технологии микроконтроллеров: электрически программируемые пользователем ППЗУ, минимальное электропотребление, высокую производительность, хорошо развитую RISC-архитектуру, функциональную законченность и минимальные размеры. Широкая номенклатура изделий обеспечивает использование микроконтроллеров в устройствах, предназначенных для разнообразных сфер применения.

Высокая скорость выполнения команд в PIC-контроллерах достигается за счет использования двухшинной гарвардской архитектуры вместо традиционной одношинной фон-неймановской. Гарвардская архитектура основывается на наборе регистров с разделенными шинами и адресными пространствами для команд и данных. Все ресурсы

микроконтроллера, такие как порты ввода/вывода, ячейки памяти и таймер, представляют собой физически реализованные аппаратные регистры.

Из программных средств отладки наиболее известны и доступны различные версии ассемблеров, а также интегрированная программная среда MPLAB. Выпускаются как специализированные программаторы, такие как PICkit, программирующие почти весь спектр PIC-микроконтроллеров, так и универсальные: UNIPRO и STEPX, поддерживающие наиболее известные версии PIC-контроллеров. [1]

Для разработки прибора по измерению емкости и индуктивности, нужно знать метод измерения емкости и индуктивности.

Основными параметрами, характеризующими электрическая ёмкость и угол потерь.

В электронных устройствах применяются конденсаторы многих типов и различных назначений. Возможные значения их ёмкостей лежат примерно в пределах от 1 пФ до 1 000 мкФ. В области высоких и сверхвысоких частот объектами измерений могут также явиться весьма малые межэлектродные ёмкости электронных приборов и паразитные ёмкости между различными элементами схемы (ёмкости монтажа).

Допустимая погрешность измерения ёмкостей конденсаторов зависит от области применения последних. Ёмкость конденсаторов, входящих в состав колебательных систем, должна определяться особенно тщательно, с погрешностью, по крайней мере, 1%. При выборе конденсатор блокировочных, разделительных связи и т. п. обычно допускается значительный (до 20-50%) разброс ёмкостей.

Простейшие проверки конденсаторов можно производить и без специальных измерительных приборов. С помощью омметра или пробника легко обнаружить короткое замыкание или пробой между обкладками конденсатора (следует лишь учитывать, что пробой иногда проявляется только при значительном напряжении на конденсаторе, близком к его рабочему напряжению). Проверка на обрыв неэлектролитических конденсаторов ёмкостью от 0,01 мкФ и выше проще всего производится включением конденсатора в цепь переменного тока, например осветительную или трансляционную, последовательно с какой-либо нагрузкой - лампой накаливания, громкоговорителем и т. п. Нормальное или несколько ослабленное свечение лампы или звучание радиопередачи будет свидетельствовать об отсутствии обрыва.

Конденсатор, сопротивление утечки которого велико, способен удерживать длительное время без заметного уменьшения полученный им заряд; это позволяет простыми средствами оценить качество конденсаторов ёмкостью более 0,01 мкФ. При подключении к такому конденсатору омметра стрелка измерителя последнего за счет тока заряда несколько отклонится, а затем (при большом сопротивлении утечки) возвратится в исходное или близкое к нему положение. Последующие кратковременные подключения к конденсатору омметра, повторяемые с интервалом в несколько секунд, не должны вызывать отклонения стрелки измерителя. При малом сопротивлении утечки заметное отклонение стрелки будет наблюдаться при каждом подключении омметра. Для проверки на утечку конденсаторов ёмкостью более 100 пФ можно применить головные телефоны, соединённые последовательно с низковольтной батареей. При малом сопротивлении утечки каждое подключение индикатора к конденсатору вызывает щелчок в телефонах, тогда как при хорошем конденсаторе щелчок прослушивается лишь при первом подключении. Измерение значения сопротивления утечки (на постоянном токе) может производиться индукторными или электронными мегомметрами.

Электролитические конденсаторы следует подсоединять к испытательному прибору с учетом полярности включения источника питания. При измерении сопротивления утечки таких конденсаторов рекомендуется отсчёт производить через 10 мин после их включения под напряжение, когда процесс заряда можно считать завершившимся.

Основным параметром, характеризующим контурные катушки, дроссели, обмотки трансформаторов является индуктивность  $L$ . В высокочастотных цепях применяются катушки с индуктивностью от сотых долей микрогенри до десятков миллигенри; катушки,

используемые в низкочастотных цепях, имеют индуктивность до сотен и тысяч генри. Измерение индуктивности высокочастотных катушек, входящих в состав колебательных систем, желательно производить с погрешностью не более 5%; в большинстве других случаев допустима погрешность измерения до 10-20%.

Проверка на отсутствие короткого замыкания чаще всего производится помещением измеряемой катушки вблизи другой катушки, входящей в состав колебательного контура автогенератора, наличие колебаний в котором и их уровень контролируются с помощью телефонов, стрелочного, электронно-светового или иного индикатора. Катушка с короткозамкнутыми витками будет вносить в связанную с нею цепь активные потери и реактивное сопротивление, уменьшающие добротность и действующую индуктивность цепи; в результате произойдет ослабление колебаний автогенератора или даже их срыв.

Испытательная цепь может представлять собой настроенный на частоту источника питания последовательный контур, напряжение на элементах этого контура, контролируемое каким-либо индикатором, под влиянием короткозамкнутых витков проверяемой катушки будет уменьшаться вследствие расстройки и возрастания потерь. Возможно также использование уравновешенного моста переменного тока, одним из плеч которого в этом случае должна являться катушка связи, короткозамкнутые витки испытуемых катушек будут вызывать нарушение равновесия моста.

Чувствительность испытательного прибора зависит от степени связи между катушкой измерительной цепи и проверяемой катушкой, с целью её повышения желательно обе катушки насаживать на общий сердечник, который в этом случае выполняется разомкнутым.

При отсутствии специальных приборов для проверки высокочастотных катушек можно использовать радиоприёмник. Последний настраивают на какую-либо хорошо слышимую станцию, после чего вблизи одной из его действующих контурных катушек, например, магнитной антенны (желательно на одной оси с нею), помещают проверяемую катушку. При наличии короткозамкнутых витков громкость заметно уменьшится. Уменьшение громкости может иметь место и в том случае, если частота настройки приёмника окажется близкой к собственной частоте испытуемой катушки. Поэтому во избежание ошибки испытание следует повторить при настройке приёмника на другую станцию, достаточно удалённую от первой по частоте. [2]

Принцип основан на измерении частоты LC генератора и ее изменения, при подключении к контуру генератора с помощью реле и образцовой емкости. Зная величину этой емкости, можно вычислить параметры LC контура генератора. При этом емкость контура складывается из емкости собственного конденсатора, паразитной емкости катушки индуктивности и емкости монтажа. Аналогично с индуктивностью – учитываются индуктивность монтажа и паразитная индуктивность конденсатора.

Технические спецификации:	Область измерения индуктивности:	Область измерения емкости:
Напряжение питания: 5V	10nH – 1000nH	0.1pF – 1000pF
Погрешность: 5%	1uH – 1000uH	1nF – 300nF
Система сброса	1mH – 100mH	

Так как принцип измерения L и C одинаков, рассмотрим процесс измерения емкости.

Перед измерением нажимаем клавишу калибровки «zero», контроллер вычисляет значение L1 и C1 контура генератора и заносит их в память. Затем подключаем параллельно контуру генератора измеряемый конденсатор. Контроллер вычисляет новые значения параметров контура и выводит на индикатор величину емкости измеряемого конденсатора. При этом и процесс измерения, и процесс калибровки происходят аналогично, с использованием калибровочного конденсатора. Это позволяет исключить влияние паразитной индуктивности измеряемого конденсатора на точность измерения. [2]

Чтобы определить значение неизвестной катушки или конденсатора, мы можем использовать формулу частоты, данную ниже. Есть три переменные, с которыми мы можем работать: f, L и C (f – частота, L – индуктивность и C – емкость). Если нам известны значения двух переменных, мы можем посчитать значение третьей. [3]

Допустим, что мы хотим определить значение катушки, с индуктивностью X. Мы подставляем индуктивность X в формулу, и используем известное значение емкости конденсатора. Используя, эти данные мы можем рассчитать частоту. Если нам известна частота, мы можем использовать силу алгебры и переписать формулу чтобы найти L (индуктивность). В этом случае мы используем рассчитанную частоту, и известное значение конденсатора, чтобы рассчитать индуктивность. Также можно использовать ту же технику для расчета неизвестного конденсатора. [4]

Для конденсатора:

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(C + C_{cal})}}$$

$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(C + C_x)}}$$

$$C_x = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} * C_{cal}$$

Для индуктивности:

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(C + C_{cal})}}$$

$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(l + l_x)C}}$$

$$L_x = \left\{ \left( \frac{F_1}{F_3} \right)^2 - 1 \right\} * \left\{ \left( \frac{F_1}{F_2} \right)^2 - 1 \right\} * \frac{1}{C_{cal}} * \left\{ \frac{1}{2\pi F_1} \right\}^2 [5]$$

### Как проводить измерения:

Режим измерения емкости:

1. Включаем прибор, ждем пока загрузится
2. Переводим переключатель выбора режима измерения в положение “С”
3. Нажимаем кнопку “Zero”
4. Появляется надпись “Setting” ждем пока появится “С = 0.00pF”
5. Начинаем измерение

Режим измерения индуктивности:

1. Включаем прибор, ждем пока загрузится
2. Переводим переключатель выбора режима измерения в положение “L”
3. Замыкаем измерительные провода
4. Нажимаем кнопку “Zero”
5. Появляется надпись “Setting” ждем пока не появится “L = 0.00uH”
6. Начинаем измерение

Полезный прибор, в измерении емкости и индуктивности, обладает очень хорошей точностью измерения при этом схема довольно простая, компоненты легкодоступны. В настоящее время измерительные приборы являются необходимой и неотъемлемой частью практически любого производства. С их помощью осуществляют контроль всевозможных технологических процессов, оценивают параметры, качества и свойства продукции. Нет такой области техники, в которой не использовались бы измерительные устройства. В современном мире происходит постоянное развитие и совершенствование методов и средств измерений.

### Литература:

1. Заец Н. И. Радиолобительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Книга 3 – М.: Самиздат, 2006. – 121 с.: ил.
2. Заец Н. И. Радиолобительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Книга 4 – М.: Самиздат, 2011. – 136 с.: ил.
3. Анна и Манфред Кениг. Полное руководство по PIC-микроконтроллерам. – М.: Артпресс, 2007. – 483 с.
4. Вознесенский А.С. Электроника и измерительная техника. Второе издание.: Ученое пособие: М.: Техлит, 2014. – 480 с.
5. Алиев Т.М., Гер-Хачатуров А.А. Измерительная техника: Учеб. пособие для техн. вузов. – М.: Высш. шк., 2011. – 384 с.: ил.

student of magistracy A.A. Aliev assistant professor B.T. Eltazarov  
**Tashkent State Technical University, Electronics and automation faculty, Instrumentation,  
Tashkent, Uzbekistan**

**MEASURING DEVICE FOR MEASURING THE CAPACITANCE OF CAPACITORS  
AND INDUCTORS**

A.A. Aliev dots. B.T. Eltazarov  
**TDTU, EAF, Asbobsozlik, Toshkent, Uzbekistan**

**KAPASITÖRLER VA INDÜKLEYICILERI OF KAPASITANSI O'LCHASH UCHUN  
QURILMA O'LCHASH**