

# ИЗМЕРИТЕЛЬ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЕМКОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ « ESR-micro v4.0s»

( Краткое описание и инструкция по эксплуатации )

Предлагаемый Вашему вниманию прибор предназначен для измерения эквивалентного последовательного сопротивления (Equivalent Series Resistance - ESR) и емкости электролитических конденсаторов без демонтажа их из печатной платы и является незаменимым помощником в работе каждого уважающего себя телемастера.

Как известно, причиной подавляющего большинства дефектов радиоэлектронной аппаратуры являются неисправные электролитические конденсаторы. Именно они служат причиной таких дефектов, как выход из строя транзисторов строчной развертки, завышение выходных напряжений импульсных блоков питания со всеми вытекающими последствиями и т.п. Именно в импульсных блоках питания конденсаторы подвергаются значительному нагреву и быстрее выходят из строя (как говорят многие, «высыхают»). Поиск неисправных конденсаторов с помощью тестера или измерителя емкости порой довольно затруднителен, т.к. емкость неисправного конденсатора может незначительно отличаться от номинальной, а значение ESR может быть довольно большим. И именно ESR является важнейшим параметром для измерения при поиске неисправного конденсатора. Остальные неисправности конденсаторов, такие, как короткое замыкание или низкое DCR (Direct Current Resistance - сопротивление постоянному току), встречаются крайне редко.

Само понятие ESR можно пояснить следующим образом. Как известно, конденсатор состоит из металлических обкладок, к которым крепятся его выводы, диэлектрика, разделяющего обкладки (часто им является оксидный слой на обкладках), и электролита. Все это помещается в алюминиевый корпус. В процессе работы в конденсаторе протекает множество электрохимических процессов, в том числе коррозия в местах соединения обкладок с выводами. Это, в свою очередь, вызывает ухудшение прохождения переменного тока через конденсатор, нагрев его и, как следствие, еще большее ускорение протекания описанных выше процессов. Все возникающие при этом потери учитываются в так называемом эквивалентном последовательном сопротивлении (ЭПС или ESR) – воображаемом резисторе, включенном последовательно с самим конденсатором.

Принцип измерения ESR аналогичен используемому в известном измерителе, разработанном Бобом Паркером (ESR meter K7214). На тестируемый конденсатор подаются короткие импульсы постоянного тока. У идеального конденсатора с нулевым ESR заряд будет начинаться с нулевого уровня напряжения. Чем выше ESR, тем больше начальный «скачок напряжения» в момент подачи тока. Микроконтроллер анализирует этот «скачок напряжения» и пересчитывает его в ESR. При использовании данного метода ESR конденсаторов малой емкости (1...10мкФ) будет немного выше их реального ESR за счет того, что за время, равное длительности тестового импульса, конденсатор успеет зарядиться до некоторого уровня напряжения, что и дает увеличенную погрешность измерения ESR при малой емкости.

К примеру, конденсатор емкостью 1мкФ при заряде током 30мА за 2 мкс успеет зарядиться до напряжения  $U=t \cdot I/C=60\text{мВ}$ . Что будет соответствовать измеренному  $ESR=U/I=60/30=2$  ома. При том же токе конденсатор емкостью 100 мкФ за 2 мкс зарядится до 0.6мВ. Погрешность измерения ESR в этом случае будет 0.02 ома.

Измерение емкости производится стандартным методом – измеряется время заряда конденсатора постоянным током до определенного уровня напряжения (в данном случае до 0.2 В) и по формуле  $C=t \cdot I/U$  рассчитывается емкость. *Следует учитывать, что измерение емкости конденсаторов с повышенным ESR данным способом дает немного заниженное значение (из-за упомянутого выше начального скачка напряжения).*

### Основные технические характеристики:

Диапазон измеряемых значений:	Емкость	0.02...65535 мкФ
	ESR	0...200 ом
Потребляемый ток:	Рабочий режим	0,9 мА
	«Спящий» режим	практически 0
Индикация:	Графический ЖКИ TIC283	
Напряжение питания:	6 вольт (2 элемента CR2032)	
Габариты:	120x70x20	

### Работа с прибором

«ESR-micro v4.0s» ( рис.1 ) имеет всего один элемент управления - кнопку «On/off» (включение/выключение).



Рис.1

Включение производится кратковременным нажатием на кнопку. После включения на ЖКИ появится значение напряжение питания в Вольтах. Это значение используется для оценки состояния элементов питания. Затем прибор переходит в рабочий режим. На дисплее появляются 2 значения – в левой части ЖКИ - ESR (или сопротивление при измерении резисторов) в Омах и в правой части – емкость в микрофарадах.

Измерения без демонтажа конденсатора из платы производятся с помощью щупов, концы которых подключаются к проверяемому конденсатору.

При проверке демонтированных или новых конденсаторов используется правая часть цанговой панели, расположенной справа от дисплея. Один вывод конденсатора подключается к одному из четырех нижних контактов панели, второй – к одному из четырех верхних контактов (в зависимости от расстояния между выводами). Вывод о работоспособности конденсатора делается по показаниям на дисплее (см. таблицу в разделе «Примечания»).

Следует отметить, что если при проверке без демонтажа несколько конденсаторов соединены параллельно (обычно фильтрующие по питанию), то прибор покажет их **СУММАРНУЮ** емкость. Значение ESR каждого конденсатора в этом случае измерить НЕВОЗМОЖНО. Такие конденсаторы необходимо проверять после их демонтажа. Если конденсатор «пробит» (сопротивление постоянному току равно 0), то в правой части ЖКИ индицируются прочерки («-----»), а в левой части сопротивление этого конденсатора (обычно близкое к нулю). Также прочерки в правой части ЖКИ появляются и при измерении сопротивления резисторов.

**Следует обратить внимание**, что при проверке конденсатора с емкостью, превышающей максимальный предел измерения, прибор также покажет «-----», т.к. заряд такого конденсатора происходит дольше установленного времени и принимается решение, что «конденсатор не заряжается», то есть это «резистор».

## Контроль напряжения питания

Номинальное напряжение питания устройства – 6В, однако работоспособность сохраняется при снижении напряжения до 4,5В. Значение напряжения питания можно увидеть сразу после включения. U-5.6, к примеру, значит, что напряжение питания устройства равно 5.6 Вольт. При снижении напряжения питания ниже 4,5 вольт рекомендуется заменить элементы питания.

## Автоотключение

С целью продления срока службы элементов питания автоматическое выключение питания происходит через 1,5 минуты после окончания последнего измерения. Потребляемый устройством ток в выключенном режиме практически равен нулю (доли микроампер). Выключить устройство можно также удерживая кнопку нажатой более двух секунд.

## Компенсация сопротивления щупов

Чтобы избежать влияния сопротивления щупов на измерение ESR, в приборе присутствует функция калибровки. Для калибровки необходимо перед включением прибора замкнуть щупы (подключить один щуп к 4 снизу контакту левой части панели, и второй – к 5му контакту). Затем кратковременным нажатием кнопки производится включение. На дисплее появится «CAL---» и через некоторое время «CAL done» («Калибровка закончена»). Рекомендуется во время калибровки обеспечивать очень хороший контакт щупов с панелью (сильно прижать и не двигать щупы в процессе калибровки). После завершения калибровки в левой части дисплея должно быть значение E не больше 0.01 ома.

**При использовании для проверки конденсатора панели (для демонтированных или новых конденсаторов) калибровку следует проводить непосредственно на панели!** Для этого перед включением в правую часть панели вместо конденсатора подключается любая перемычка (ей может служить согнутый отрезок вывода резистора). Эта перемычка вставляется в 2 отверстия правой части панели ( напр. 4-5 или 3-6...) и производится калибровка как описано выше. Затем перемычка удаляется и можно приступать к измерениям.

## Проверка работоспособности устройства

Для упрощенной проверки работоспособности прибора к левой части панели подключены тестовые резисторы 1, 10 и 100 ом. При подключении щупов к соответствующим контактам панели (подключение резисторов указано на корпусе) легко проверить точность измерения сопротивления. Особое внимание следует уделить точности измерения тестового резистора 1 ом. Если измеренное значение отличается больше чем на 2-3%, необходимо заново откалибровать прибор. Погрешность в измерениях 10 и 100 - омных тестовых резисторов около 5-7% можно считать допустимой, т.к. устройство не является прецизионным омметром. Допускается повышенная погрешность на границах измерительных диапазонов (особенно заметна в районе 3-4 Ом).

## Примечания

Предупреждение: Во избежание выхода прибора из строя перед проверкой **РАЗРЯДИТЕ КОНДЕНСАТОР!** Особенно это касается конденсаторов импульсных блоков питания и цепей питания строчной развертки. Защита устройства по входу стандартная – 2 диода встречно-параллельно. При большом остаточном напряжении на конденсаторе она может оказаться неэффективной.

Питание устройства осуществляется от двух литиевых элементов CR2032. Элементы устанавливаются положительным (+) контактом вверх.

Ориентировочные значения допустимых ESR для конденсаторов различных емкостей и допустимых напряжений можно взять из приведенной ниже таблицы.

	10V	16V	25V	35V	63V	160V	250V
1				14	16	18	20
2.2			6	8	10	10	10
4.7			15	7,5	4,2	2,3	5
10		6	4	3,5	2,4	3	5
22	5,4	3,6	2,1	1,5	1,5	1,5	3
47	2,2	1,6	1,2	0,5	0,5	0,7	0,8
100	1,2	0,7	0,32	0,32	0,3	0,15	0,8
220	0,6	0,33	0,23	0,17	0,16	0,09	0,5
470	0,24	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,3
1000	0,12	0,1	0,08	0,07	0,05	0,06	
4700	0,23	0,2	0,12	0,06	0,06		

Эти значения именно «ориентировочные». Таблица использована Бобом Паркером в его K7214. Принцип измерения аналогичен, **НО** в «ESR-micro 4.0s» длительность тестового импульса уменьшена, поэтому погрешность измерения ESR конденсаторов малой емкости уменьшена по сравнению с K7214. Максимально допустимым ESR конденсаторов с емкостью до 10 мкФ можно считать приблизительно 4-5 ом.

При измерении емкости конденсаторов близких к минимальному пределу измерения точность измерения +/- 0.01мкФ. То есть, если на дисплее значение 0.03, то емкость конденсатора находится в пределах от 0.02 до 0.04 мкф.

На сайте <http://my.execpc.com/~endlr/esr.html> приведены следующие значения допустимых ESR для конденсаторов различных типов:

Table 4 "Typical" ESR Values of Some Capacitors, in Ohms

Capacitor Type:	22 uF part	100 uF part	Freq. measured: Hz	Comments
Std. aluminum	7-30	2-7	120	
Low-ESR aluminum	1-5	0.3-1.6	100k	
Solid aluminum	0.2-0.3		500	MnO <sub>2</sub> electrolyte
Sanyo OS-CON	0.04-0.07	0.03-0.06	100k	TCNQ electrolyte
Std. solid tantalum	1.1-2.5	0.9-1.5	100k	SMD
Low-ESR tantalum	0.2-1	0.08-0.4	100k	SMD, for P.S. filtering
Wet-foil tantalum	2.5-3.5	1.8-3.9	not stated	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> electrolyte
Stacked-foil film	<.015		100k	
Ceramic	<.015		100k	X5R, Y5V

Кроме измерения ESR, прибор удобно использовать для точного измерения сопротивления **НИЗКООМНЫХ** резисторов. В пределе до 1 ома абсолютная погрешность измерений не превышает 0.02 ома. В остальных диапазонах измерений (особенно 20-100 Ом) погрешность может быть выше. Однако это несущественно, так как у **ЛЮБОГО** исправного конденсатора ESR меньше 20 ом.

**Заказ приборов:** [www.radiodvor.ru](http://www.radiodvor.ru)

Все замечания и предложения – на E-mail [www@radiodevices.ru](mailto:www@radiodevices.ru)

**Гарантия:** 1 год с момента приобретения.

Любые возникшие в течении гарантийного срока вопросы (ремонт, обмен) решаются по месту приобретения.