

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Аппаратура для контроля параметров пьезоэлементов «Цензурка-МА2»

#### Назначение средства измерений

Аппаратура «Цензурка-МА2» предназначена для оперативного измерения в процессе производства параметров пьезоэлементов и пьезопреобразователей: частоты резонанса и антирезонанса, сопротивления на частоте резонанса, емкости на низкой частоте, тангенса угла диэлектрических потерь.

Контроль параметров пьезоэлементов осуществляется в двух режимах:  
- динамическом режиме (контроль параметров в резонансной области частот);  
- квазистатическом режиме (контроль параметров на частоте 1000 Гц).

#### Описание средства измерений

Принцип измерений, реализованный в аппаратуре «Цензурка-МА2», показан на рисунке 1.

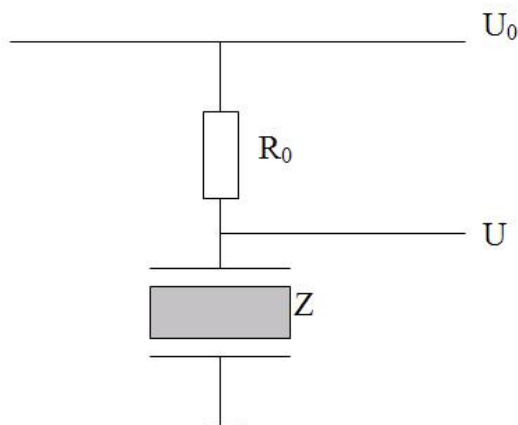


Рисунок 1.  $U_0$  – опорное напряжение,  $U$  – падение напряжения на пьезоэлементе,  $R_0$  – резистор,  $Z$  – комплексный импеданс пьезоэлемента или преобразователя.

В аппаратуре реализован цифровой способ измерений, позволяющий возбуждать пьезоэлемент или преобразователь широкополосным сигналом, спектр которого охватывает заданную область частот. В качестве такого сигнала в аппаратуре «Цензурка-МА2» используется сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

ЛЧМ сигнал формируется в ЭВМ программно в виде массива длиной  $N$ . Напряжения  $U_0(t)$  и  $U(t)$  подаются на вход двухканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а полученные таким образом отсчеты – через буферное запоминающее устройство в управляющую ЭВМ, где подвергаются дискретному преобразованию Фурье с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье. В результате получают два комплексных массива длиной  $N/2$  каждый, соответствующие значениям  $U_0(\omega)$  и  $U(\omega)$  на частотах  $f[k] = kF_d/N$ ,  $k = 0, \mathbf{K}, N/2$ . Значения комплексной проводимости в полосе частот от 0 до  $Fd/2$  рассчитываются с использованием измеренных величин.

Принцип работы при квазистатических измерениях на низкой частоте 1000 Гц аналогичен, только в качестве АЦП используется 16-ти разрядный АЦП (относительно медленно действующий), который подключается к измерительному резистору  $R_0$  с помощью коммутатора входов (на рисунке не показан).

Для расчета требуемых параметров преобразователя используется многоконтурная эквивалентная схема, динамическая часть которой состоит из нескольких соединенных параллельно RLC-цепочек. Количество контуров эквивалентной схемы определяется по числу максимумов активной составляющей проводимости в заданной полосе частот.

Аппаратура «Цензурка-МА2»(рисунок 2) является аппаратурой настольного типа и состоит из блока измерительного, управляющей ЭВМ (персональный компьютер IBM PC Pentium IV в настольном виде или ноутбук) и печатающего устройства. Управляющая ЭВМ с операционной системой Windows имеет специальное программное обеспечение, реализующие функции управления работой аппаратуры, обработки результатов измерений, отображения измеренной и обработанной информации, ведения баз данных для контролируемых пьезоэлементов.



Рисунок 2 - Аппаратура «Цензурка-МА2»

Блок измерительный представляет собой закрытый металлический корпус с органами управления и индикации на лицевой панели, где так же расположен разъем для подключения пьезоэлементов. В состав аппаратуры входит набор эквивалентов и RC цепей, четырехполюсник для измерения АЧХ.

На задней панели измерительного блока расположены разъемы для питания аппаратуры «Цензурка-МА2» и для подключения ее к персональному компьютеру. На задней панели расположены винты крепления задней крышки для пломбирования аппаратуры «Цензурка-МА2» (рисунок 3).

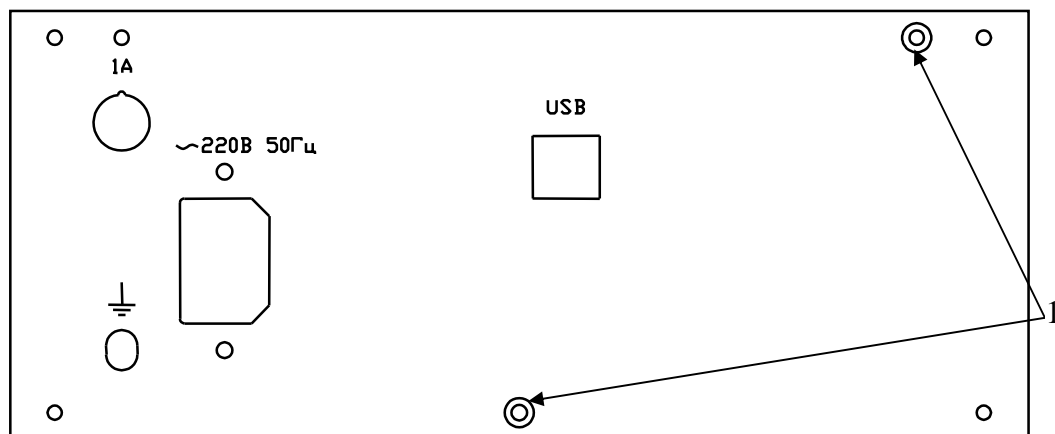


Рисунок 3 - Панель задняя блока измерительного. Схема пломбировки.  
1 - Технические требования по ГОСТ 18680-73. Пломбировать замазкой уплотнительной У-20 ТУ 38-105357-85.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) аппаратуры «Цензурка-МА2» состоит из кода программы. ПО является устанавливаемым дистрибутивом ПО (файл Setup\_Full\_CMA\_2.exe), который предустанавливается при поставке аппаратуры. ПО аппаратуры исполняется на процессоре управляющей ПЭВМ. ПО аппаратуры рассматривается как метрологически значимое.

ПО аппаратуры «Цензурка-МА2», предназначено для решения следующих основных задач:

- расчет комплексной проводимости пьезоэлемента;
- расчет эквивалентных и электрофизических параметров;
- взаимодействие с оператором, отображение и сохранение результатов измерений, в том числе в графическом виде, отбраковка пьезоэлементов по установленным критериям;
- накопление в базе данных результатов измерений, формирование, отображение и сохранение отчетов о результатах измерений, в том числе гистограммных, получение их твердой копии.

Коды программы не могут быть модифицированы простыми программными средствами (защита на уровне структуры двоичного файла при его компиляции в среде разработки).

Таблица 1

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления контрольной суммы
Программное обеспечение аппаратуры «Цензурка-МА2»	Censurka MA2	ver.2.2.1	f506218b	CRC32

Уровень защиты ПО аппаратуры соответствует уровню «С».

В кодах ПО присутствует процедура контроля за контрольной суммой исполняемого файла. При запуске ПО аппаратуры происходит проверка текущей контрольной суммы кода программы с записанной контрольной суммой. В случае отличия этих контрольных сумм программа аппаратуры останавливается и на экран выводится сообщение об ошибке проверки контрольной суммы. Метрологически значимая часть ПО аппаратуры и измеренные данные достаточно защищены с помощью специальных средств защиты от преднамеренных и не преднамеренных изменений.

### Метрологические и технические характеристики

7	Диапазон рабочих частот, кГц	1 – 500
	Диапазон измерения электрической емкости, Ф	$2 \cdot 10^{-11} - \cdot 10^{-1}$
	Диапазон измерения тангенса угла диэлектрических потерь	$2 \cdot 10^{-3} - \cdot 10^{-1}$
	Диапазон измерения сопротивления на частоте резонанса, Ом	$10 - 5 \cdot 10^3$
	Пределы допускаемой основной относительной погрешности установки частоты, %	$\pm 0,1$

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения частоты резонанса, %	±0,2
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения частоты антирезонанса, %	±0,5
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения электрической емкости на частоте 1000 Гц, пФ:	$\pm(1 \text{ пФ} + 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{изм}})$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь на частоте 1000 Гц, пФ:	$\pm(2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{tg} \delta_{\text{изм}})$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения сопротивления на частоте резонанса, %	±10
Рассчитываемые параметры:	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения относительной диэлектрической проницаемости, %:	
- для диапазона измерения емкости от $2 \cdot 10^{-11}$ до $10^{-10}$ Ф	±6
- для диапазона измерения емкости от $10^{-10}$ до $10^{-7}$ Ф	±2
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения относительного резонансного промежутка в диапазоне от 0,04 до 0,4, %	±6
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения коэффициента электромеханической связи в диапазоне от 0,25 до 0,8, %	±3
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения пьезомодуля в динамическом режиме в диапазоне от 30 до 600 пКл/Н, %	±6
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения механической добротности в диапазоне от 50 до 800, %	±15
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения скорости звука в диапазоне от $2,5 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^3$ м/с, %	±1
Производительность измерений при определении всех параметров (для однотипных элементов), штук в мин, не менее	4
Электрическая изоляция выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение синусоидальной формы частотой 50 Гц между сетевыми цепями и корпусом изделия, при нормальных условиях, В, не менее:	1500
Электрическое сопротивление изоляции между цепями питания изделия и его корпусом, в нормальных условиях применения, МОм не менее:	20
Электрическое сопротивление между заземляющим контактом сетевой вилки и корпусом изделия, не более, Ом	0,5
Время установления рабочего режима, мин, не более	5
Время непрерывной работы в рабочих условиях, ч, не менее	8
при питании от сети переменного тока:	
- напряжением, В	220±22
- частотой, Гц	50±1
Потребляемая мощность при номинальном напряжении блока измерительного, Вт, не более	40
управляющей ЭВМ и печатающего устройства - приводится в документации на эти изделия	
Масса блока измерительного, кг, не более	4
Масса изделия в потребительской таре, кг, не более	15
Габаритные размеры аппаратуры «Цензурка-МА2»:	
- блок измерительный (д×ш×в), мм, не более	350×235×110
- габаритные размеры управляющей ЭВМ и печатающего устройства приводятся в документации на эти изделия.	

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом металлографии на лицевую панель аппаратуры «Цензурка-МА2» и типографским методом на титульные листы эксплуатационной документации.

### Комплектность

В комплект поставки входят:

- блок измерительный;
- эквиваленты пьезоэлементов ЭПЭ-1201, ЭПЭ-1202, ЭПЭ-1203;
- наборы РС цепей НРЕЦ-1741, НРЕЦ-1742;
- четырехполосник для измерения АЧХ ЦИХ-3216;
- микро-ЭВМ типа IBM PC класса «Pentium» IV с монитором 17"-19" или ноутбук;
- лазерный принтер;
- специальное программное обеспечение, установленное в ЭВМ и реализующее заданные функции;
- паспорт (68.94.00.00.000 ПС);
- руководство по эксплуатации (68.94.00.00.000 РЭ);
- методика поверки (68.94.00.00.000 МП);

### Поверка

Осуществляется по документу 68.94.00.00.000 МП, утвержденному ГЦИ СИ ФБУ «Ростовский ЦСМ» 20.05.2013 г.

Перечень основного оборудования необходимого для поверки аппаратуры «Цензурка-МА2».

Таблица 2

Наименование установки или прибора	Тип, обозначение, Изготовитель	Номер Госреестра	Основные технические характеристики
Осциллограф цифровой Tektronix	TDS 3032b	24021-02	(0-300) МГц; ПГ ±0,002 % 1 мВ-10 В; ПГ ±2 %
2 Измеритель LCR цифровой	E7-8	4353-74	(1000±10) Гц; 0,01 пкФ - 100 мкФ; ПГ ±0,1 % 0,1 Ом – 10 МОм; ПГ ±0,1 % Тангенс угла потерь 10 <sup>-4</sup> - 1 ПГ ±0,1 %
3 Генератор сигналов низкочастотный прецизионный	ГЗ-110	5460-76	0,001 Гц – 2 МГц; ПГ ±3·10 <sup>-7</sup> Гц (0-2) В; ПГ ±1 %
4 Милливольтметр	B3-38B	3243-90	10 мВ – 300 В 10 Гц – 5 МГц; ПГ ±1,5 %
5 Мультиметр	B7-80	28335-04	(0,001-400) В;

			ПГ± (0,2-1,0) % 10 Гц- 100 кГц
--	--	--	-----------------------------------

#### **Сведения о методиках (методах) измерений**

Сведения о методах измерений изложены в руководстве по эксплуатации «Аппаратуры для контроля параметров пьезоэлементов «Цензурка-МА2» 68.94.00.00.000 РЭ.

#### **Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к аппаратуре «Цензурка-МА2»**

ОСТ 11 044-87. Материалы пьезокерамические. Технические условия.

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

#### **Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

Применяются вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений.

#### **Изготовитель**

Научное конструкторско-технологическое бюро пьезоэлектрического приборостроения федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» (НКТБ «ПЬЕЗОПРИБОР» ЮФУ)

Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 10, тел. (863)222-34-01, факс (863)243-48-44, e-mail: [piezo@sfedu.ru](mailto:piezo@sfedu.ru); <http://www.piezo.rsu.ru>

#### **Испытательный центр**

Государственный центр испытаний средств измерений Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Ростовской области» (ГЦИ СИ ФБУ «Ростовский ЦСМ»). Аттестат аккредитации действителен до 01.01.2014 г. (в Госреестре № 30042-08).

Адрес: 344010, г. Ростов-на-Дону, пр. Соколова, 58

Тел.: (863)264-19-74, 290-44-88, факс: (863)291-08-02, 290-44-88

e-mail: [rost\\_csm@aanet.ru](mailto:rost_csm@aanet.ru), [metrcsm@aanet.ru](mailto:metrcsm@aanet.ru)

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п. «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013г.