

Лекция 9 Правила и методы проведения технического обслуживания и ремонта электронных приборов и устройств

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Электроизмерительные приборы — класс устройств, применяемых для измерения различных электрических величин. В группу электроизмерительных приборов входят также кроме собственно самих приборов и другие средства измерений — меры, преобразователи, комплексные установки.



НАЗНАЧЕНИЕ

Электроизмерительные приборы служат для контроля режима работы электрических установок, их испытания и учета расходуемой электрической энергии. К измерительным приборам относятся разнообразные аппараты, позволяющие получить максимально точные показатели в обозначенных диапазонах.

КЛАССИФИКАЦИЯ

В зависимости от измеряемой или воспроизводимой физической величины электроизмерительные приборы подразделяют на:

- амперметры (измерители тока)
- вольтметры (измерители напряжения)
- ваттметры (измерители мощности)
- мультиметры (иначе тестеры, авометры) — комбинированные приборы
- частотомеры — для измерения частоты колебаний электрического тока
- омметры (измерители сопротивления)
- счетчики электрической энергии и др.

Различают две категории электроизмерительных приборов:

- рабочие — служат для практических измерений.
- образцовые — для градуировки и поверки рабочих приборов.



ПРИНЦИП РАБОТЫ

Несмотря на модификацию, во все электроизмерительные приборы вмонтированы преобразующие устройства. Первое выполняет задачу по конвертации измеряемых величин в сигнал, а второе - представляет их в доступной для восприятия форме. Последние устройства, как правило, имеют шкалу и стрелку или же цифровое табло (дисплей).

КАК ВЫБРАТЬ

При выборе электроизмерительных приборов нужно обязательно помнить о том, что для официальных исследований, контроля качества, гарантийного обслуживания, проверки устройств безопасности могут быть использованы только модели, который включены в Государственный реестр средств измерений.

Также имеет смысл выбирать “интеллектуальные” электроизмерительные приборы, преимущество которых является то, что с их помощью можно не только собирать, но и анализировать измерения. Такие устройства обладают наибольшей производительностью и функциональностью.



СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Электроизмерительные приборы нашли свое применение в различных областях - помимо научных исследований, их применяют как в промышленности и энергетике, так и на транспорте, в связи, а также в

медицине. Также электроизмерительные приборы используются и повсеместно в быту для учета электроэнергии.

На сегодняшний день большей популярностью пользуются цифровые устройства, так как помимо повышенной точности и чувствительности к измеряемой величине, они обладают компактностью и широким диапазоном измерений. Аналоговые приборы используются в основном в качестве учебных.



Классификация электроизмерительных приборов, условные обозначения на шкалах приборов

Для контроля за правильностью работы электротехнических установок, испытания их, определения параметров электрических цепей, учета расходуемой электрической энергии и т. д. производят различные электрические измерения. В технике связи, как и в технике сильных токов, электрические измерения имеют важное значение. Приборы, с помощью которых измеряются различные электрические величины: ток, напряжение, сопротивление, мощность и т. д., — называются электрическими измерительными приборами.

Щитовой амперметр:



Существуют большое количество различных электроизмерительных приборов. Наиболее часто при производстве электрических измерений используются: амперметры, вольтметры, гальванометры, ваттметры, электросчетчики, фазометры, фазоуказатели, синхроноскопы, частотомеры, омметры, мегомметры, измерители сопротивления заземления, измерители емкости и индуктивности, осциллографы, измерительные мосты, комбинированные приборы и измерительные комплекты.

Осциллограф:



Электроизмерительный комплект K540 (в его состав входит вольтметр, амперметр и ваттметр):



Классификация электроизмерительных приборов по принципу действия

По принципу действия электроизмерительные приборы подразделяются на следующие основные типы:

1. **Приборы магнитоэлектрической системы**, основанные на принципе взаимодействия катушки с током и внешнего магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом.
2. **Приборы электродинамической системы**, основанные на принципе электродинамического взаимодействия двух катушек с токами, из которых одна неподвижна, а другая подвижна.
3. **Приборы электромагнитной системы**, в которых используется принцип взаимодействия магнитного поля неподвижной катушки с током и подвижной железной пластинки, намагниченной этим полем.
4. **Тепловые измерительные приборы**, использующие тепловое действие электрического тока. Нагретая током проволока удлиняется, провисает, и вследствие этого подвижная часть прибора получает возможность повернуться под действием пружины, выбирающей образовавшуюся слабину проволоки.
5. **Приборы индукционной системы**, основанные на принципе взаимодействия вращающегося магнитного поля с токами, индуцированными этим полем в подвижном металлическом цилиндре.

6. Приборы электростатической системы, основанные на принципе взаимодействия подвижных и неподвижных металлических пластин, заряженных разноименными электрическими зарядами.

7. Приборы термоэлектрической системы, представляющие собой совокупность термопары с каким-либо чувствительным прибором, например магнитоэлектрической системы. Измеряемый ток, проходя через термопару, способствует возникновению термотока, действующего на магнитоэлектрический прибор.

8. Приборы вибрационной системы, основанные на принципе механического резонанса вибрирующих тел. При заданной частоте тока наиболее интенсивно вибрирует тот из якорьков электромагнита, период собственных колебаний которого совпадает с периодом навязанных колебаний.

9. Электронные измерительные приборы - приборы, измерительные цепи которых содержат электронные элементы. Они используются для измерений практически всех электрических величин, а также неэлектрических величин, предварительно преобразованных в электрические.

По типу отсчетного устройства различают аналоговые и цифровые приборы. В аналоговых приборах измеряемая или пропорциональная ей величина непосредственно воздействует на положение подвижной части, на которой расположено отсчетное устройство. В цифровых приборах подвижная часть отсутствует, а измеряемая или пропорциональная ей величина преобразуется в числовой эквивалент, регистрируемый цифровым индикатором.

Индукционный счетчик электроэнергии:



Отклонение подвижной части у большинства электроизмерительных механизмов зависит от значений токов в их катушках. Но в тех случаях, когда механизм должен служить для измерения величины, не являющейся прямой функцией тока (сопротивления, индуктивности, емкости, сдвига фаз, частоты и т. д.), необходимо сделать результирующий вращающий момент зависящим от измеряемой величины и не зависящим от напряжения источника питания.

Для таких измерений применяют механизм, отклонение подвижной части которого определяется только отношением токов в двух его катушках и не зависит от их значений. Приборы, построенные по этому общему принципу, называются логометрами. Возможно построение логометрического механизма любой электроизмерительной системы с характерной особенностью -

отсутствием механического противодействующего момента, создаваемого закручиванием пружин или растяжек.

Условные обозначения на вольтметре:








На рисунках ниже приведены условные обозначения электроизмерительных приборов по принципу их действия.










Обозначение принципа действия прибора

Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
Магнитоэлектрический логометр с подвижными рамками	
Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом	
Магнитоэлектрический логометр с подвижным магнитом	
Электромагнитный прибор	
Электромагнитный логометр	
Электромагнитный поляризованный прибор	
Электродинамический прибор	
Электродинамический логометр	
Ферродинамический прибор	
Ферродинамический логометр	
Индукционный прибор	
Индукционный логометр	
Магнитоиндукционный прибор	
Электростатический прибор	
Вибрационный прибор (язычковый)	
Тепловой прибор с нагреваемой проволокой	
Биметаллический прибор	

Обозначения рода тока

Постоянный ток	
Переменный однофазный ток	
Постоянный и переменный ток	
Трехфазный ток (общее обозначение)	
Трехфазный ток при неравномерной нагрузке фаз	

Обозначения класса точности, положения прибора, прочности изоляции, влияющих величин

Класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения, например 1,5	1,5
То же, при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы, например 1,5	
Горизонтальное положение шкалы	
Вертикальное положение шкалы	
Наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту	
Направление ориентировки прибора в земном магнитном поле	
Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана на напряжение, например 2 кВ	
Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
Осторожно! Прочность изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу не соответствует нормам (знак красного цвета)	
Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации	

Классификация электроизмерительных приборов по роду измеряемой величины

Электроизмерительные приборы классифицируются и по роду измеряемой ими величины, так как приборы одного и того же принципа действия, но предназначенные для измерения разных величин могут значительно отличаться друг от друга по своей конструкции, не говоря уже о шкале прибора.

В таблице 1 приведен перечень условных обозначений наиболее употребительных электроизмерительных приборов.

Таблица 1. Примеры обозначения единиц измерения, их кратных и дольных значений

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Килоампер	kA	Коэффициент мощности	cos φ

Ампер	A	Коэффициент реактивной мощности	$\sin \varphi$
Миллиампер	mA	Тераом	TΩ
Микроампер	μA	Мегаом	MΩ
Киловольт	kV	Килоом	kΩ
Вольт	V	Ом	Ω
Милливольт	mV	Миллиом	mΩ
Мегаватт	MW	Микром	μΩ
Киловатт	kW	Милливебер	mWb
Ватт	W	Микрофарада	mF
Мегавар	MVAR	Пикофарада	pF
Киловар	kVAR	Генри	H
Вар	VAR	Миллигенри	mH
Мегагерц	MHz	Микрогенри	μH
Килогерц	kHz	Градус стоградусной температурной шкалы	°C
Герц	Hz		
Градусы угла сдвига фаз	φ°		

Классификация электроизмерительных приборов по степени точности
Абсолютной погрешностью прибора называют разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины.

Например, абсолютная погрешность амперметра равна

$$\delta = I - I_{\text{э}},$$

где δ (читать "дельта") - абсолютная погрешность в амперах, I - показание прибора в амперах, $I_{\text{э}}$ - истинное значение измеряемого тока в амперах.

Если $I > I_{\text{э}}$, то абсолютная погрешность прибора положительна, а при $I < I_{\text{э}}$, она отрицательна.

Поправкой прибора называют величину, которую надо прибавить к показаниям прибора, чтобы получить истинное значение измеряемой величины.

$$I_{\text{э}} = I - \delta = I + (-\delta)$$

Следовательно, поправка прибора - величина равная абсолютной погрешности прибора, но противоположная ей по знаку. Например, если амперметр показал $I = 5$ А, а абсолютная погрешность прибора равна $\delta = 0,1$ а, то истинное значение измеряемой величины равно $I = 5 + (-0,1) = 4,9$ а.

Приведенной погрешностью прибора называется отношение абсолютной погрешности к наибольшему возможному отклонению показателя прибора (номинальному показанию прибора).

Например, для амперметра

$$\beta = (\delta / I_n) \cdot 100\% = ((I - I_{\text{э}}) / I_n) \cdot 100\%$$

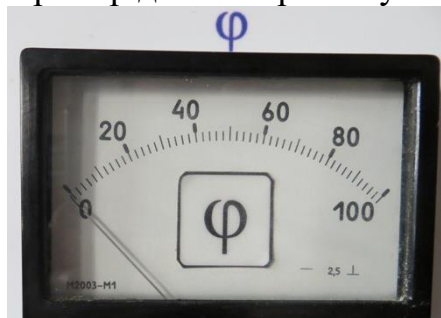
где β - приведенная погрешность в процентах, I_n - номинальное показание прибора.

Точность прибора характеризуется величиной его максимальной приведенной погрешности. Согласно ГОСТ 8.401-80 приборы по степени их точности разделяются на 9 классов: 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 и 4,0.

Если, например, данный прибор имеет класс точности 1,5, то это значит, что его максимальная приведенная погрешность равна 1,5%.

Электроизмерительные приборы, имеющие классы точности 0,02, 0,05, 0,1 и 0,2, как наиболее точные, применяются там, где требуется весьма большая точность измерения. Если прибор имеет приведенную погрешность выше 4%, то он считается внеклассным.

Прибор для измерения угла сдвига фаз с классом точности 2,5:



Чувствительность и постоянная измерительного прибора

Чувствительностью прибора называют отношение углового или линейного перемещения указателя прибора, приходящееся на единицу измеряемой величины. Если шкала прибора равномерна, то чувствительность его по всей шкале одинакова.

Например, чувствительность амперметра, имеющего равномерную шкалу, определяется формулой

$$S = \Delta\alpha / \Delta I,$$

где S - чувствительность амперметра в делениях на ампер, ΔI - приращение тока в амперах или миллиамперах, $\Delta\alpha$ - приращение углового перемещения показателя прибора в градусах или миллиметрах.

Если шкала прибора неравномерна, то чувствительность прибора в различных областях шкалы различна, так как одному и тому же приращению (например, тока) будут соответствовать разные приращения углового или линейного перемещения показателя прибора.

Величина, обратная чувствительности прибора, называется постоянной прибора. Следовательно, постоянная прибора — это цена деления прибора,

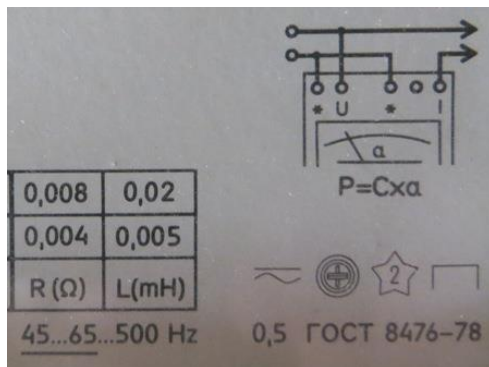
или, иначе, величина, на которую должен быть помножен отсчет по шкале в делениях, чтобы получить измеряемую величину.

Например, если постоянная прибора равна 10 мА/дел (десять миллиампер на деление), то при отклонении его указателя на $\alpha = 10$ делений измеряемая величина тока равна $I = 10 \cdot 10 = 100$ мА.

Ваттметр:



Схема подключения ваттметра и обозначения на приборе (ферродинамический прибор для измерения мощности постоянного и переменного тока с горизонтальным положением шкалы, измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжения 2 кВ, класс точности - 0,5):



Калибровка измерительных приборов — определение погрешностей или поправок для совокупности значений шкалы прибора путем сравнения в различных сочетаниях отдельных значений шкалы друг с другом. За основу сравнения берется одно из значений шкалы. Калибровка широко применяется в практике точной метрологической работы.

Простейший способ калибровкой — сравнение каждого размера с номинально равным ему (принимаемым за достаточно верный) размером. Это понятие не следует смешивать (как это часто делают) с градуированием (градуировкой) измерительных приборов, представляющим собой метрологическую операцию, при помощи которой делениям шкалы измерительного прибора придаются значения, выраженные в установленных единицах измерения.

Мощность потерь энергии в приборах

Электроизмерительные приборы потребляют при работе энергию, которая в них преобразуется обычно в тепловую энергию. Мощность потерь зависит от режима в цепи, а также от системы и конструкции прибора.

Если измеряемая мощность относительно мала, а следовательно, относительно малы ток или напряжение в цепи, то мощность потерь энергии в самих приборах может заметно влиять на режим исследуемой цепи и показания приборов могут иметь довольно большую погрешность. При точных измерениях в цепях, где развиваемые мощности сравнительно малы, необходимо знать мощность потерь энергии в приборах.

В табл. 2 приведены средние величины мощности потерь энергии в различных системах электроизмерительных приборов.

Система прибора	Вольтметры на 100 В, Вт	Амперметры на 5А, Вт
Магнитоэлектрическая	0,1 - 1,0	0,2 - 0,4
Электромагнитная	2,0 - 5,0	2,0 - 8,0
Индукционная	2,0 - 5,0	1,0 - 4,0
Электродинамическая	3,0 - 6,0	3,5 - 10
Тепловая	8,0 - 20,0	2,0 - 3,0

Классификация сервисного оборудования

Для поиска неисправностей и ремонта РС необходимо иметь специальные инструментальные средства, которые позволяют выявить проблемы и устранить их просто и быстро.

К их числу относятся:

- набор инструментов для разборки и сборки;
- химические препараты (раствор для протирания контактов),
- пульверизатор с охлаждающей жидкостью и баллончик со сжатым газом (воздухом) для чистки деталей компьютера;
- набор тампонов для протирания контактов;
- специализированные подручные инструменты (например, инструменты, необходимые для замены микросхем (чипов));
- **сервисная аппаратура** .

Сервисная аппаратура представляет собой набор устройств разработанных специально для диагностирования, тестирования и ремонта СВТ. Сервисная аппаратура включает следующие элементы:

- Измерительные приборы
- тестовые разъемы для проверки последовательных и параллельных портов;
- приборы тестирования памяти, позволяющие оценить функционирование модулей SIMM, чипов DIP и других модулей памяти;
- оборудование для тестирования блока питания компьютера;
- диагностические устройства и программы для тестирования компонентов компьютера (программно - аппаратные комплексы).

•

Измерительные приборы и тестовые разъемы для проверки портов ПК

Для проверки и ремонта ПК применяются следующие измерительные приборы:

- цифровой мультиметр;
- логические пробники;
- генераторы одиночных импульсов для проверки цифровых схем.

Основные типы измерительных приборов представлены на Рисунок 1.

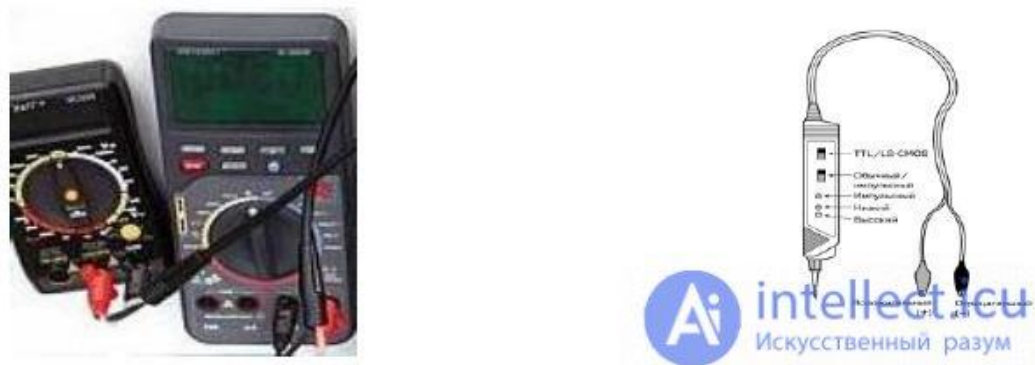


Рисунок 1 - Измерительные приборы и логический тестер

Тестовые разъемы обеспечивают проверку на программном и аппаратном уровне портов ввода- вывода ПК (параллельных и последовательных).



Рисунок 2 - Основные виды тестовых разъемов

Оборудование для тестирования блока питания компьютера обеспечивает тестирование блоков питания ПК и определение их основных характеристик. Представляет собой набор эквивалентных нагрузок, элементов коммутации и измерительных приборов. Внешний вид оборудования представлен на Рисунок 3.



Рисунок 3 - Общий вид оборудования для тестирования блока питания компьютера Программно-аппаратные комплексы (ПАК)

ПАК можно подразделяются на:

- Платы мониторинга системы
- ПАК проверки материнской платы
- Специализированные ПАК
- ПАК проверки отдельных элементов системы
- ПАК проверки НЖМД
-

Платы мониторинга системы (POST- платы).

Плата-тестер PC-POST предназначена для мониторинга POST-кодов (POST - Power On Self Test / самотестирование по включению питания), посылаемых в порт ввода-вывода 80h программой BIOS на этапе самотестирования.

Плата POST состоит из четырех основных блоков:

Предложить исправление

• **RG** - восьмиразрядный параллельный регистр; предназначен для записи и хранения очередного поступившего значения POST-кода;

• **DC1** - дешифратор разрешения записи в регистр; сигнал на выходе дешифратора становится активным в случае появления на адресной шине адреса диагностического регистра, а на шине управления - сигнала записи в устройства ввода-вывода;

• **DC2** - дешифратор-преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора;

• **HG** - двухразрядный семисегментный индикатор; отображает значение кода ошибки в виде шестнадцатеричных символов - 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, b, C, d, E, F.

•

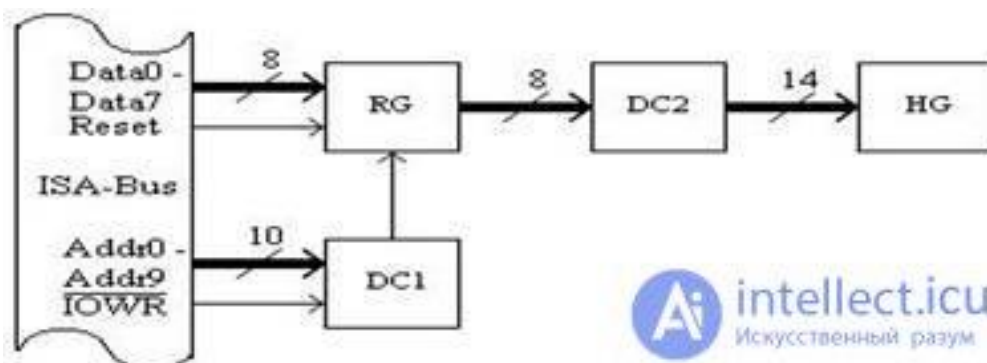


Рисунок 4 - Устройство POST платы



Рисунок 5 - POST – платы



Рисунок 6 - Индикатор Super POST Code

Описание: Индикатор Super POST Code служит для быстрой диагностики и выявления неисправностей CHIPSETов шины PCI и устройств, работающих с этой шиной.

Характеристики: Индицирует состояние шины: Адрес транзакции, Данные транзакции, Текущую команду на шине (в правом разряде индикатора команды), Участвующие в транзакции байты (bite enable) - в левом разряде индикатора команды

ПАК проверки материнской платы PC POWER PCI-2.2

ПАК POWER PCI-2.2 - полнофункциональный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для всестороннего тестирования и ремонта компьютеров на базе процессоров Intel: 386, 486, Pentium III/IV и др.; AMD: Athlon, Duron и их аналогов.

Тестер представляет собой плату расширения компьютера, устанавливаемую в 33МГц, 32-х разрядный PCI слот.

Комплекс позволяет выполнять ряд диагностических тестов, запускаемых из установленного на плате ПЗУ, ориентированных на выявление системных ошибок и конфликтов оборудования, при этом в состав входит широкий набор инструментов для аппаратной диагностики материнской платы.



Рисунок 7 - Внешний вид ПАК проверки материнской платы PC POWER PCI-2.2

В комплект поставки PC POWER PCI-2.2 входит:

- Плата контроллер PC POWER PCI-2.2
- Набор специализированных тестовых заглушек на периферийные порты материнской платы
- USB кабель
- Программное обеспечение PC POWER PCI-2.2
- Инструкция по эксплуатации

Особенности комплекса:

Аппаратно - реализованный режим пошаговой POST диагностики с декодированием в реальном времени всех POST кодов. Об этом говорит сайт <https://intellect.icu> . (Время удержания каждого POST кода задается пользователем).

Расположенная на плате тестера ОЗУ размером 128 Кб позволяет в режиме форсированного старта выполнять тестирование без оперативной памяти компьютера.

Автомониторинг, позволяющий в фоновом режиме контролировать питающие напряжения и пульсации в заданных заранее пределах, и выдавать сигнал при их превышении или понижении.

Возможность визуального мониторинга состояний шины PCI: адрес-данные (32 бита), для выявления замыкания или обрыва линий.

Поддерживаемая во всех 3-х режимах работа с микросхемой BIOS, включающая возможности чтения, стирания, программирования, верификации (при условии поддержки чипсета и самой микросхемы программным обеспечением комплекса).

Специализированные ПАК - ПАК «RAM Stress Test Professional 2» (RST Pro2).

RAM Stress Test Professional 2, предназначен для тщательного тестирования оперативной памяти компьютера.

Тестирование памяти с помощью RST Pro2 позволяет устранить влияние операционной системы, драйверов и пользовательских программ, поскольку устройство загружает собственное ПО при запуске системы. ПО совместимо с процессорами Intel Pentium 4, Intel Xeon, AMD Operton, AMD Athlon 64/FX, AMD Athlon XP/MP и им подобными.

Для проверки модулей памяти в устройстве реализовано свыше 30 различных алгоритмов, поддерживающих память типа SIMM, DIMM (SDRAM, DDR, DDR2), RIMM (RDRAM/RAMBus), в том числе как с контролем четности (Parity) и коррекцией ошибок (ECC), так и без таковых; имеется также возможность тестирования кэш-памяти процессора (SRAM). Тестирование осуществляется в защищенном режиме с расширенной физической адресацией (PAE), позволяющей оперировать с объемами памяти до 64 Гб.



Рисунок 8-Внешний вид ПАК RST Pro2 и вид рабочих экранов

ПАК проверки отдельных элементов системы - ПАК для ремонта HDD ATA, SATA PC-3000 for Windows (UDMA)

Программно-аппаратный комплекс PC-3000 for Windows (UDMA) предназначен для диагностики и ремонта HDD (восстановления работоспособности) с интерфейсом ATA (IDE) и SATA (Serial ATA 1.0, 2.0),

емкостью от 1 Гб до 750 Гб, производства: Seagate, Western Digital, Fujitsu, Samsung, Maxtor, Quantum, IBM (HGST), HITACHI, TOSHIBA с форм-фактором 3.5" - настольные ПК; 2.5" и 1.8" - накопители для ноутбуков; 1.0" - накопители для портативной техники



Рисунок 9 - Внешний вид ПАК PC 3000

Диагностика HDD осуществляется в режимах:

- обычном (пользовательском) режиме
- в специальном технологическом (заводском) режиме.

Для этого в комплекс PC-3000 for Windows (UDMA) входит набор технологических переходников и адаптеров, которые используются для ремонта HDD и восстановления данных.

Для первоначальной диагностики HDD запускается универсальная утилита PC-3000, которая диагностирует HDD и указывает все его неисправности.

Предложить исправление

Далее запускается специализированная (предназначенная только для этого семейства) технологическая утилита, которая и осуществляет ремонт HDD.

Специализированные утилиты позволяют выполнить следующие действия: тестировать HDD в технологическом режиме;

- тестировать и восстанавливать служебную информацию HDD;
- читать и записывать содержимое Flash ПЗУ HDD;
- загружать программу доступа к служебной информации;
- просматривать таблицы скрытых дефектов Р-лист, G-лист, Т-лист;
- скрывать найденные дефекты на поверхностях магнитных дисков;
- изменять конфигурационные параметры.

Микропроцессорные средства измерений

Микропроцессорная система может выполнять сервисные и вычислительные функции, а также самодиагностику прибора в целом.

К сервисным функциям относят выбор диапазона измерений, *определение* полярности входного напряжения, коммутацию входных цепей. В осциллографах автоматически выбирается длительность развертки, осуществляется ее синхронизация, выбор масштаба *по* оси ординат. К сервисным функциям можно отнести и некоторые *операции по* коррекции погрешностей: калибровку прибора, коррекцию смещения нулевого уровня в

УПТ. Автоматическое выполнение сервисных функций делает прибор более удобным и избавляет оператора от некоторых рутинных операций *по* настройке прибора.

Вычислительные функции заключаются в статистической обработке результатов измерений: определении среднего значения и СКО. Существует возможность получения математических функций измеряемой величины: ее *умножение* и *деление* на константу, *вычитание* констант, что удобно при введении поправок, представлении измеряемой величины в логарифмическом масштабе. Заметим, что часть сервисных функций можно реализовать и без микропроцессора на жесткой логике, вычислительные же функции могут быть выполнены только с помощью микропроцессоров.

В некоторых микропроцессорных приборах осуществляется самодиагностика, что повышает их метрологическую *надежность*.

Микропроцессорные приборы позволяют решать программным методом часть задач, решаемых в обычных приборах аппаратными средствами. Например, для измерений амплитудного, средневывпрямленного и среднего квадратического значений напряжения аппаратными методами необходимы соответствующие преобразователи. Эту же задачу можно решить микропроцессорным прибором, преобразовав сначала аналоговый *входной* сигнал в цифровой с помощью *АЦП*, а затем *по* соответствующим программам вычислив требуемые параметры измеряемого сигнала. Возможности прибора можно расширить, нарастив *программное обеспечение*, например, введя программы для статистической обработки и спектрального анализа. При этом аппаратная часть, содержащая *АЦП*, не усложняется, а меняется только *программное обеспечение*.

Поэтому микропроцессорные приборы легче сделать многофункциональными, что позволит сократить парк средств измерений, необходимых для научных и производственных целей.

Однако использование микропроцессоров имеет и негативные стороны, в первую *очередь* сложность аппаратуры и довольно высокая *стоимость* ее. В перспективе, учитывая быстрое снижение цен на элементы микропроцессорных систем, можно ожидать значительного удешевления микропроцессорных приборов.

В некоторых случаях быстродействия *АЦП* и микропроцессора оказываются недостаточными для проведения измерений или расчетов в реальном масштабе времени. При этом иногда оказывается целесообразным применить масштабно-временное преобразование исследуемого сигнала, сделав его более медленным. Повышение быстродействия и разрядности выпускаемых промышленностью микропроцессоров расширяет возможности микропроцессорных приборов.

При разработке микропроцессорных приборов наиболее трудоемким оказывается *программное обеспечение*, *стоимость* которого может значительно превышать *стоимость* аппаратных средств.

Пример структурной схемы микропроцессорного прибора.

Функциональная часть – это цифровой вольтметр, состоящий из входного устройства, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), цифрового дисплея (отсчетного устройства), блока образцовых мер и клавиатуры, с помощью которой оператор управляет работой вольтметра. Элементы функциональной части соединены между собой и с микропроцессором с помощью устройства ввода-вывода.

The diagram illustrates the architecture of a control system. It consists of the following components and their interconnections:

- Входное устройство** (Input device) is connected to the **АЦП** (ADC) and the **Блок образцовых мер** (Reference block).
- АЦП** (ADC) is connected to the **Устройство ввода-вывода** (I/O device).
- Блок образцовых мер** (Reference block) is connected to the **Устройство ввода-вывода** (I/O device).
- Клавиатура** (Keyboard) is connected to the **Устройство ввода-вывода** (I/O device).
- Дисплей** (Display) is connected to the **Устройство ввода-вывода** (I/O device).
- The **Устройство ввода-вывода** (I/O device) is connected to the **Магистраль микропроцессорной системы** (Microprocessor system bus).
- The **Магистраль микропроцессорной системы** (Microprocessor system bus) is connected to the **Микропроцессор** (Microprocessor), **ОЗУ** (RAM), **ПЗУ** (ROM), and **ИМ** (IM).

Компьютерно-измерительные системы

Новый тип средств измерений – КИС – представляет собой микроЭВМ со встроенной в нее измерительной платой. В отличие от микропроцессорных приборов в КИС *пользователь* получает *доступ* к обширным фондам прикладных программ, может использовать внешнюю *память* большой емкости и различные устройства документирования результатов измерений. Взаимодействие между отдельными элементами КИС осуществляется с помощью внутренней шины микроЭВМ (рис. 10) к которой подключены как внешние устройства ЭВМ (*дисплей, внешняя память, печатающее устройство*), так и измерительная схема, состоящая из коммутатора, *АЦП* и блока образцовых мер напряжения и частоты. С помощью *ЦАП* можно

вырабатывать *управляющие* аналоговые сигналы, интерфейсный *модуль* подключает прибор к магистрали приборного интерфейса.

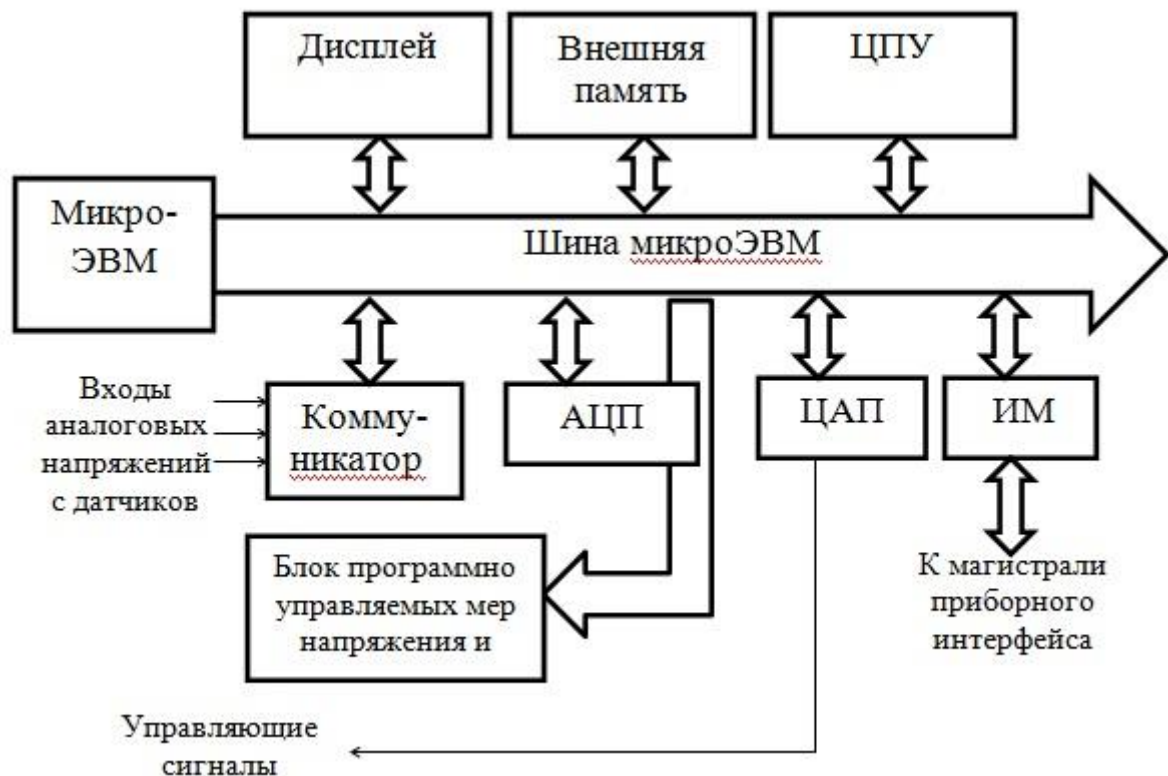


Рис. 10 Взаимодействие между отдельными элементами КИС

Измерительные схемы могут быть размещены на одной плате, встраиваемой в микроЭВМ. Существуют и более сложные структуры КИС, в которых в соответствии с решаемой задачей *по* программе коммутируются необходимые измерительные элементы, т. е. меняется *архитектура*.

Программы работы КИС заранее составляются и отлаживаются, но могут быть использованы программы, составленные оператором для решения конкретных задач.

Широкие вычислительные возможности КИС позволяют реализовать программными методами многие способы повышения точности измерений и повышения их эффективности. В качестве встроенных мер напряжения в КИС, как и в большинстве других измерительных приборов, используют стабилитроны, температурный коэффициент напряжения которых составляет около $5 \cdot 10^{-5}$. Обычный способ стабилизации опорного напряжения заключается в термостатировании блока стабилитронов. В термостате поддерживают температуру около 310 К со стабильностью 0,1

К. Недостатком такой схемы являются длительный прогрев термостата (до 1 ч), а также большие скачки температуры при включении термостата. Под влиянием температурных перепадов усиливается процесс старения стабилитронов, а, следовательно, снижается их долговременная *стабильность*.

В КИС появилась возможность учесть температурную нестабильность программными методами. Для этого в блок стабилизаторов вводят датчик температуры, например терморезистор, и экспериментально определяют зависимость опорного напряжения от температуры. Эту зависимость записывают в ПЗУ или во внешней памяти. В процессе эксплуатации прибора периодически измеряют температуру стабилизаторов и по этой зависимости вводят поправку в значение образцового напряжения. При работе стабилизаторов без дополнительного подогрева значительно возрастает их долговременная стабильность.

Подобным же образом измеряют и учитывают нестабильность частоты кварцевого генератора – меры частоты: сигнала с датчика температуры воздействует на варикап, подстраивающий генератор на номинальную частоту. Погрешность установки частоты может составлять до 10^{-8}

В КИС имеется возможность определять индивидуальные функции влияния температуры на различные параметры прибора: сопротивление переключателей, уход нуля, коэффициенты передачи различных структурных элементов. Непрерывный контроль температуры блоков позволяет корректировать возникающие погрешности.

Большие вычислительные возможности позволяют реализовать в КИС анализ полученной информации в ходе эксперимента и менять алгоритм обработки в зависимости от предварительных данных. Например, если полученная при эксперименте гистограмма, наблюдаемая оператором на дисплее, имеет выпавшие результаты и сглаженную форму, то можно предположить существование выбросов и наличие дрейфа измеряемой величины или погрешности. Для устранения выбросов можно использовать одну из статистических программ. Методом тренда можно сделать вывод о наличии дрейфа, а методом наименьших квадратов получить формулу, описывающую дрейф.

В ряде случаев, если вид математической модели исследуемого процесса задан, вычислительные методы позволяют сократить время измерений. Пусть, например, температура нагреваемого от источника постоянной мощности тела

с начальной температурой изменяется по закону
$$T = T_1 - (T_1 - T_0) * e^{-\frac{t}{\tau}}$$
, где T_1 установившаяся температура, τ – тепловая постоянная времени. В этом случае можно, не дожидаясь окончания процесса, определить две постоянные: T_1 и τ . Для этого в принципе достаточно двух измерений, а увеличив их число, можно применить метод наименьших квадратов и получить более точный результат.

Возможности КИС можно использовать для прогнозирования отказов некоторых элементов аппаратуры. Как известно, отказам некоторых элементов, например стабилизаторов, предшествует увеличение шума. Шум возрастает при ухудшении качества контактов и нарушении нормального режима работы кварцевых генераторов. Контроль спектра шума, выполняемого КИС, позволяет обнаружить перечисленные

дефекты. По спектральным составляющим на частотах 50 и 100 Гц можно судить о качестве работы блоков питания.

Таким образом, компьютерно-измерительные системы имеют следующие преимущества:

- практически неограниченные возможности в решении прикладных задач измерений, таких как сбор информации с датчиков в любой последовательности и с желаемой скоростью опроса, управление технологическими процессами и промышленными агрегатами, а также возможность разработки программного обеспечения для конкретных задач измерений;
- подключение различных устройств и возможность организации документирования результатов измерений в различных табличных формах и графическом оформлении;
- передачу результатов измерений по локальным и глобальным компьютерным сетям, как это имеет место в сети **Internet**, и др.

Автоматизация измерений достигается сочетанием средств вычислительной техники и измерительных приборов. Задачу автоматизации решают как построением средств измерений со встроенными микропроцессорами, так и созданием автоматизированных систем научных исследований, включающих средства измерений, сопряженные с ЭВМ.

Измерительно-вычислительные комплексы допускают гибкое *программирование* эксперимента и обработки опытных данных, микропроцессорные средства измерений работают *по* жестким программам, составленным при разработке устройства.

Средства измерений и другие элементы в пределах ИВК сопрягаются стандартными интерфейсами.

Интерфейс МЭК 625-1 предназначен для создания небольших локальных ИВК на основе выпускаемых промышленностью средств измерений, снабженных интерфейсными картами. Достоинство интерфейса - невысокая цена создаваемых на его основе ИВК. На обращение к одному прибору расходуется до единиц миллисекунд, общее же *быстродействие* интерфейса определяется главным образом инерционными свойствами измерительных приборов. *Передача данных* происходит побайтно в асинхронном режиме.

Интерфейс КАМАК служит для построения мощных ИВК разной сложности, число крейтов в одной системе может достигать 62. Прием и *передача* данных осуществляются в параллельном двоичном коде в синхронном режиме, что обеспечивает высокое *быстродействие* интерфейса. *Интерфейс* КАМАК допускает подсоединение к крейту цифровых и аналоговых средств измерений и работу совместно с интерфейсом МЭК.

Карточка-задание

1. Установите соответствие между названием перечисленных электроизмерительных приборов и измеряемыми параметрами

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Вольтметр. | А. Мощность |
| 2. Амперметр. | Б. Сопротивление. |
| 3. Электрический счетчик. | В. Напряжение |
| 4. Омметр. | Г. Электрическая энергия. |
| 5. Ваттметр | Д. Сила тока |

2. Дополните предложения недостающими словами

2. Частоту колебаний измеряют...1.....
3. Вольтметр измеряет....1....и подключается ...2.....
4. Сопротивление проводника измеряется...1.....
5. Амперметр в электрической цепи измеряет...1.... 2.... и подключается.....3....
6. Сопротивление изоляции проводника измеряется...1.....
7. Электроизмерительные приборы при измерениях могут располагаться в положениях: ..1..., ..2..., 3... .
8. Для измерения мощности в электрической цепи применяют ...1....
9. Счетчиком электрической энергии измеряют....1.... ..2.... ..3....
10. Нарисуйте условные обозначения электроизмерительных приборов
1. Амперметр 2. Вольтметр 3. Омметр 4. Частотомер 5. Ваттметр

3. Найдите в сети интернет и выпишите в тетрадь определение понятий:

- Измерение
- Мера
- Измерительный прибор
- Класс точности
- Погрешность
- Погрешность измерительного прибора равна

4 выполнить Задание 1:

Теоретическая часть:

Изучите основные принципы работы электронных приборов:

Источники питания (напряжение, ток).

Резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы.

Принципы измерения электрических параметров (напряжение, ток, сопротивление, частота, мощность).

Ознакомьтесь с программами для виртуального моделирования и измерений, такими как:

- **Multisim.**
- **Proteus.**

- **Tinkercad.**
- **Falstad Circuit.**

2. Практическая часть:

Шаг 1: Создание схемы

Запустите выбранную программу для симуляции (Multisim, Proteus или другую).

Создайте виртуальную схему, которая содержит следующие компоненты:

Источник питания (DC или AC).

Резистор.

Диод.

Конденсатор.

Подключите измерительные приборы (виртуальный мультиметр, осциллограф) к вашей схеме.

Шаг 2: Измерение параметров

○ **Измерение напряжения и тока:**

Измерьте напряжение на источнике питания и на каждом компоненте схемы.

Измерьте ток через резистор и другие элементы схемы.

○ **Измерение сопротивления:**

Подключите мультиметр в режиме омметра и измерьте сопротивление резистора.

○ **Анализ работы диода:**

Используйте осциллограф для исследования работы диода при подаче переменного напряжения.

Постройте график зависимости тока от напряжения для диода.

○ **Проверка работы конденсатора:**

Проведите измерение времени заряда и разряда конденсатора с помощью осциллографа.

Определите временные параметры заряда и разряда (постоянная времени).

Шаг 3: Использование осциллографа

Проверьте сигнал на разных узлах схемы с помощью осциллографа:

Проанализируйте форму сигнала до и после диода.

Измерьте частоту и амплитуду сигнала при подключении переменного источника питания.

Шаг 4: Моделирование неисправностей

Внесите в схему виртуальные неисправности (например, замените исправный резистор на неисправный или закороченный).

Проведите диагностику и измерения, чтобы выявить неисправность.

3. Заключительная часть:

Сделайте выводы по результатам виртуальных измерений:

Сравните полученные виртуальные результаты с теоретическими расчетами.

Опишите выявленные параметры и их значения.

Составьте отчет, включив в него:

Скриншоты схемы и показания виртуальных приборов.

Таблицу с измеренными значениями (напряжение, ток, сопротивление).
Выводы о работе схемы и компонентов.

Оборудование и ПО:

Программы для моделирования Electronics Workbench (Multisim, Proteus, Tinkercad, Falstad Circuit).

Виртуальные измерительные приборы (мультиметр, осциллограф).

5 выполнить Задание 2:

Шаг 1: Создание схемы в Electronics Workbench

- Запустите программу **Electronics Workbench**.
- Создайте простую электрическую схему, включающую следующие компоненты:
 - Источник питания (DC).
 - Резистор.
 - Диод.
 - Конденсатор.
 - Переключатель.
- Правильно подключите компоненты между собой, используя виртуальные провода.

Шаг 2: Подключение измерительных приборов

- Подключите виртуальный мультиметр для измерения:
 1. **Напряжения** на источнике питания и на каждом из компонентов.
 2. **Тока** через резистор, диод и конденсатор.
- Подключите осциллограф для анализа сигнала на выходе:
 1. Используйте генератор сигналов для подачи переменного тока (AC).
 2. Проанализируйте форму сигнала до и после диода.
 3. Проверьте форму напряжения при заряде и разряде конденсатора.

Шаг 3: Измерение параметров

- Измерьте следующие параметры с помощью мультиметра:
 1. **Напряжение** на каждом из компонентов схемы.
 2. **Ток** через резистор, конденсатор и диод.
 3. **Сопротивление** резистора (в режиме омметра).
- С помощью осциллографа:
 1. Постройте график зависимости напряжения от времени для заряда/разряда конденсатора.
 2. Измерьте амплитуду и частоту сигнала, подаваемого на диод.

3. Проанализируйте форму сигнала до и после диода (выпрямление сигнала).

Шаг 4: Моделирование неисправностей

- Внесите изменения в схему:
 - Замените исправный резистор на сгоревший (бесконечное сопротивление).
 - Подключите конденсатор с замкнутыми обкладками (короткое замыкание).
 - Проведите измерения с мультиметром и осциллографом для диагностики и выявления неисправностей.
- 2. Заключительная часть:**
- Сделайте выводы по результатам измерений:
 - Сравните виртуальные измерения с теоретическими расчетами (используйте законы Ома и Кирхгофа).
 - Опишите влияние внесенных неисправностей на работу схемы.
 - Составьте отчет:
 - Включите в отчет схему, скриншоты результатов измерений и таблицу с полученными данными.
 - Проанализируйте работу каждого компонента схемы.
 - Приведите выводы о работе схемы при нормальных условиях и при возникновении неисправностей.

Оборудование и ПО:

- **Electronics Workbench** (Multisim).
- Виртуальные измерительные приборы: мультиметр, осциллограф, генератор сигналов.

6 Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. В чем состоят единство и различие амперметров и вольтметров? Какими параметрами они отличаются?
2. Какими приборами можно измерять действующие значения переменных токов и напряжений?
3. Для чего предназначены и как работают электронные аналоговые вольтметры?
4. Изложите принцип работы, преимущества и недостатки цифровых измерительных приборов.
5. Каковы принципиальные особенности использования цифровых амперметров и вольтметров?

6. В каких случаях используют омметры с последовательным включением измеряемого сопротивления, а в каких – с параллельным включением?

7. В чем состоят особенности проведения осциллографических измерений?

8. Что понимают под классом точности прибора?