В. К. Батоврин, А. С. Бессонов, В. В. Мошкин, В. Ф. Папуловский

LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий

Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оптотехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 200100 – Приборостроение

Москва, 2009

УДК 621.38
ББК 32.973.26-108.2
Б 28

Р е ц е н з е н т ы:

Заведующий кафедрой
«Информационные системы и измерительные технологии»
Московского государственного открытого университета,
д. т. н., проф. Раннев Г. Г.

Профессор кафедры «Информационно-измерительная техника»
Московского государственного энергетического института
(технический университет), д. т. н., проф., Малиновский В. Н.

Б 28 Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф.
LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий / под ред. В. К. Батоврина. 2-е изд, переработ. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 232 с.

ISBN 978-5-94074-498-6

Учебное пособие содержит практикум по основам измерительных технологий, в котором представлены работы по методам обработки и оценки погрешностей результатов измерений, поверке средств измерений и методам и средствам измерения электрических и неэлектрических величин. Все работы практикума выполняются с компьютерными моделями, реализованными в среде LabVIEW.

Учебное пособие предназначено для студентов технических вузов, обучающихся по направлениям: «Приборостроение», «Информационные системы», «Автоматика и управление», «Информатика и вычислительная техника», изучающих курсы «Метрология, стандартизация и сертификация», «Теоретические основы измерительных и информационных технологий», «Методы и средства измерений» и смежные дисциплины. Практикум может использоваться как при традиционной организации учебного процесса, так и при ориентации на компьютерные обучающие системы, включая систему дистанционного образования.

УДК 621.38
ББК 32.973.26-108.2

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

© Батоврин В. К., Бессонов А. С.,
Мошкин В. В., Папуловский В. Ф., 2009
© Оформление, ДМК Пресс, 2009

ISBN 978-5-94074-498-6

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 7
Введение 7

▼ 1

Обработка и представление результатов измерений 17
Работа 1.1. Прямые и косвенные однократные измерения 17
Работа 1.2. Обработка и представление результатов однократных измерений при наличии систематической погрешности 24
Работа 1.3. Стандартная обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями 33
Работа 1.4. Упрощенная процедура обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями 45
Работа 1.5. Обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями при наличии грубых погрешностей 51
Работа 1.6. Обработка и представление результатов прямых измерений при наличии группы однородных и равнорассеянных многократных наблюдений 60

▼ 2

Поверка средств измерений 69
2.1. Общие сведения об организации и проведении поверки средств измерений 69
Работа 2.1. Определение погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений 74
Работа 2.2. Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения 79

▼ 3

Измерение электрических величин 84
Работа 3.1. Измерение силы постоянного электрического тока 84

Работа 3.2. Измерение мощности постоянного электрического тока 91
Работа 3.3. Измерение постоянного напряжения методом компенсации ... 97
Работа 3.4. Измерение переменного электрического напряжения 106
Работа 3.5. Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа 114
Работа 3.6. Измерение частоты и периода электрических сигналов 125
Работа 3.7. Измерение угла фазового сдвига 134
Работа 3.8. Прямые измерения активного электрического сопротивления 142

▼ 4

Измерение неэлектрических величин 148
Работа 4.1. Терморезисторные измерительные преобразователи. Измерение температуры 148
Работа 4.2. Емкостные измерительные преобразователи. Измерение размера 154
Работа 4.3. Индуктивные измерительные преобразователи. Измерение перемещения 162
Работа 4.4. Термоэлектрические измерительные преобразователи. Измерение температуры 169
Работа 4.5. Пьезоэлектрические измерительные преобразователи. Измерение переменных ускорений 178

▼ Приложение 1

Сведения о моделях средств измерений и вспомогательных устройств 190
Магнитоэлектрический вольтамперметр 190
Электромагнитный вольтметр 191
Электродинамический вольтметр 192
Электромеханический омметр 192
Компенсатор (потенциометр) постоянного тока 193
Измерительный мост постоянного тока 194
Электронный аналоговый милливольтметр среднеквадратического значения 195
Электронный аналоговый милливольтметр средневыпрямленного значения 196
Электронный аналоговый вольтметр 197
Электронный аналоговый резонансный частотомер 198
Электронный цифровой мультиметр 199
Электронный цифровой частотомер 200
Электронный цифровой фазометр 201
Электронный осциллограф 202

Калибратор фазовых сдвигов 204
Генератор сигналов синусоидальной формы 205
Генератор сигналов специальной формы 206
Универсальный источник питания 206
Магазин сопротивлений 207
Цифровое устройство обработки измерительной информации 208
Цифровое устройство управления и обработки измерительной информации 209
Прибор для поверки вольтметров 209
Водяной термостат 211
Цифровой термометр 211
Простой цифровой мультиметр 212
Гетеродинный LC-измеритель 213
Электронный милливольтметр 214
Электрическая печь 214
Пирометрический милливольтметр 215
Вибростенд 216
Акселерометр 217

▼ Приложение 2

Выписка из ГОСТ 8.395–80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования» 218

▼ Приложение 3

Установка программного обеспечения Практикума на компьютер 219

▼ Приложение 4

Примеры представления результатов однократных измерений ... 221

▼ Приложение 5

Статистические таблицы 224

▼ Приложение 6

Градуировочная функция E = E(θ, 0 °C) термопары J-типа (железо-константан) 228

Литература 230

Предисловие

Предлагаемое учебное пособие представляет собой второе, переработанное и дополненное издание LabVIEW практикума по основам измерительных технологий. Основное отличие от первого издания заключается в расширении перечня работ за счет введения главы по измерениям неэлектрических величин, а также в представлении программного обеспечения в формате исполняемых приложений операционной системы Windows (***.EXE). Последняя особенность позволяет установить практикум практически на любом ПК.

Практикум создан на основе компьютерных моделей, благодаря чему лабораторные работы могут выполняться как в учебной лаборатории в рамках традиционно организованного учебного процесса, так и на собственном компьютере во время самостоятельной работы в библиотеке или дома. Основой практикума является комплекс прикладных программ, созданный в инструментальной среде разработки приложений LabVIEW.

Для выполнения работ практикума необходимо иметь ПК класса не ниже Celeron IV с ОЗУ не менее 256 Мб и жестким диском емкостью не менее 10 Гб. Разрешение экрана монитора – 1280 × 1024. На ПК должны быть установлены одна из версий операционной системы Windows 2000/XP и MS Office 2000/XP/2003. Процедура установки программного обеспечения лабораторного практикума на компьютер описана в приложении 2 и на прилагаемом к книге компакт-диске.

Лабораторный практикум создан коллективом преподавателей кафедры информационных систем Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) – МИРЭА на основе опыта преподавания дисциплин, связанных с изучением измерений, и практики применения LabVIEW программного обеспечения в учебном процессе.

Работа над книгой осуществлялась в рамках межвузовской комплексной работы «Инновационные технологии образования», руководителю которой д.т.н., профессору М.М. Благовещенской авторы выражают искреннюю благодарность за постоянную поддержку и полезные советы.

Благодарность авторы также выражают заместителю руководителя National Instruments в России, СНГ и Балтии П.Р.Сепояну за содействие в подготовке второго издания этой книги.

Все критические замечания и пожелания с благодарностью принимаются авторами по адресу: batovrin@mirea.ru.

Введение



История измерений началась в древние времена. Поначалу потребность в измерениях связывалась с необходимостью получения сведений о времени, массе и геометрических размерах. По мере развития наук, искусств и ремесел область практического применения измерений постоянно расширялась. Начиная с XIX в., развитие науки и техники стало неразрывно связано с прогрессом в области измерений. В свою очередь, научно-технические достижения обеспечили создание новых методов и средств измерений и их совершенствование. Современные измерительная техника и приборостроение являются важной отраслью экономики, в которой во всем мире заняты сотни тысяч ученых, инженеров и производственников.

Основной целью любых измерений является получение информации о свойствах объекта исследования. Свойства бывают двух видов, а именно: качественные и количественные. Качественные свойства (например, «механический», «электрический», «исторический») таковы, что их невозможно охарактеризовать интенсивностью или скоростью ее изменения. В свою очередь, количественные свойства обладают в предмете определенной интенсивностью, которая может быть большей или меньшей (например, температура, сила тока, масса). Для описания количественных свойств используется понятие величины, под которой понимается свойство, присущее в качественном отношении многим сущностям, например, физическим объектам или физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам, но в количественном отношении – индивидуальное для каждого из них.

Таким образом, первоочередной целью измерений является получение информации о значениях величин. Важно отметить, что любые измерения проводятся некоторым наблюдателем, определенным методом и с помощью специальных инструментов. С учетом сказанного понятно содержание термина «измерение», определенного в ГОСТ Р 8.000–2000 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения».

Измерение – нахождение значения величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Информация, которая получается в результате измерений, называется измерительной информацией.

Характерная особенность измерительной информации в том, что она представляется в числовой форме и в узаконенных единицах и характеризуется объективностью и избирательностью в сочетании с наглядностью описания. Другими словами, измерения стремятся организовать так, чтобы их исход не зависел от наблюдателя, а наблюдатель, в свою очередь, узнавал именно о тех количественных свойствах объекта измерений, которые его (наблюдателя) в данный момент интересуют.

В принципе, объектами измерений могут являться сущности, относящиеся как к техническим, так и к нетехническим областям. Однако объективность и избирательность измерений достигаются только в технике при измерении физических величин. Коротко остановимся на причинах такого положения дел.

Важнейшей особенностью физических величин, значения которых подлежат определению в процессе измерений, является то, что для этих величин можно по определенным правилам установить и законодательно закрепить систему единиц измерения.

Единица измерения физической величины – это физическая величина фиксированного размера, условно принятая для сравнения с ней однородных величин, которой присвоено числовое значение, равное единице.

Из определения измерения следует, что для получения результата измерений требуется сравнить измеряемую величину с физически однородной ей величиной заданного размера. Если единица измерения выбрана, то результат сравнения можно записать в виде:

$$\frac{Q}{[Q]} = q, \qquad \text{(В. 1)}$$

где Q – значение измеряемой величины, $[Q]$ – единица измерения, q – числовое значение измеряемой величины в принятых единицах измерения. Выражение (В. 1), записанное в форме:

$$Q = q[Q], \qquad \text{(В. 2)}$$

известно как основное уравнение измерения.

Физические величины связаны между собой зависимостями, поэтому только часть из них может быть определена независимо от других. Такие физические величины называются основными. Остальные физические величины называются производными и определяются в соответствии со специально определенными принципами через основные величины на основании известных физических законов и зависимостей. Единицы измерений устанавливаются для всех без исключения физических величин, при этом совокупность основных и производных физических величин образует так называемую систему единиц физических величин. С 1961 г. общепринятой является Международная система единиц СИ (SI – The International System of Units). Для воспроизведения и хранения единицы физической величины и с целью передачи ее размера средствам измерений создаются эталоны физических величин.

При измерении нефизических величин, встречающихся в нетехнических областях, обеспечить объективность и избирательность измерений не удается. Среди основных причин, приводящих к такому положению, следует назвать:

- зависимость результата измерений нефизических величин от множества различных причин и обстоятельств, природа и характеристики которых плохо изучены или неизвестны;
- практическую невозможность изоляции объекта измерений от воздействия влияющих факторов (например, полной изоляции какой-то части населения страны от остальных граждан);
- практическую невозможность повторения измерения при тех же условиях для подтверждения воспроизводимости результата (одной из причин этого служит возможное наличие памяти у объектов измерений и их потенциальная способность к обучению);
- практическую невозможность варьирования условиями эксперимента (например, по этическим, политическим, экономическим причинам);
- возможность осознания со стороны объекта нефизических измерений факта наблюдения за ним.

Таким образом, для инженерной практики интерес представляют измерения физических величин. Измерительные технологии, лежащие в основе таких измерений, являются предметом рассмотрения в настоящем учебном пособии.

Более подробно ознакомиться с понятием измерения, единицами физических величин и их системами можно по литературе [3, 7, 12, 13, 16].

Выполнение измерений представляет собой достаточно сложную научно-техническую задачу, что иллюстрирует схема, приведенная на рис. В.1.

С помощью средств измерений, используя различные методы и приемы, наблюдатель получает измерительную информацию, которая позволяет судить о свойствах объектов окружающего мира. Основываясь на этой информации, строятся модели изучаемых объектов (или их частей), формулируем законы и создаем теории. С помощью средств, позволяющих воздействовать на исследуемые объекты, состояния, процессы, явления и т. п., мы можем проверить сформулированные предположения и гипотезы. В процессе проверки измерения также играют ключевую роль, обеспечивая возможность сравнения полученных и ожидаемых результатов, внесения, при необходимости, поправок в управляющие воздействия и контроля работы средств, воздействующих на состояние объектов исследования. Таким образом, измерения образуют очень важное звено между реальным, наблюдаемым нами миром, с одной стороны, и нашим умозрительным, отвлеченным представлением о нем – с другой. Без измерений мы были бы не в состоянии проверить, какое из представлений об окружающем мире справедливо.

Полезно также перечислить основные функции, присущие средствам измерений и наблюдателю.

Средства измерений:

- собирают (получают) информацию о состоянии объекта измерений (эту информацию иногда называют первичной) и (при необходимости) о работе средств управления состоянием объекта измерений (рис. В.1);
- преобразуют полученную измерительную информацию в форму, удобную для дальнейшей передачи и обработки;

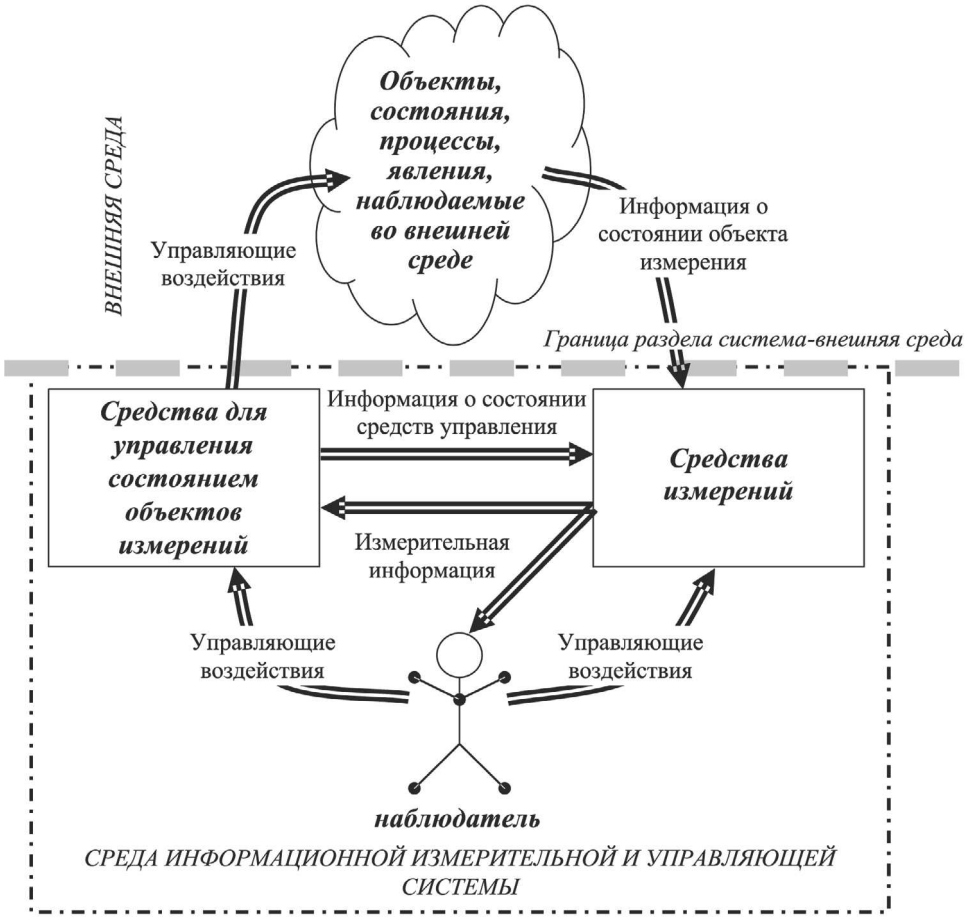


Рис. В.1. Измерения и познание человеком окружающего мира

- передают измерительную информацию от объекта измерений к устройству ее обработки, входящему в состав средства измерений;
- обрабатывают измерительную информацию по известному алгоритму;
- представляют результаты обработки в форме, удобной для наблюдателя (рис. В.1);
- хранят (при необходимости) результаты обработки измерительной информации;
- передают (при необходимости) измерительную информацию в подходящей форме средствам управления состоянием объекта измерений (рис. В.1).

Наблюдатель:

- получает измерительную информацию от средства измерений (считывает показания средств измерений);