

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Методические указания к лабораторной работе

САМАРА 2014

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

САМАРА 2014

Составитель К.Е.Воронов

УДК 615.47

Исследование датчиков напряжения и тока. Метод. указания к лабораторной работе/ Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. К.Е.Воронов, Самара, 2014. 20с.

В методических указаниях изложены основные теоретические сведения о методах и средствах используемых для измерения параметров тока и напряжений. Приведено описание лабораторного стенда и порядок выполнения работы.

Методические указания предназначены для магистров, обучающихся по направлению подготовки 201000.68 (Биотехнические системы и технологии) и выполняющих лабораторные работы по дисциплине «Биомедицинские датчики» на кафедре лазерных и биотехнических систем.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензенты: доцент Кудрявцев И.А.

Цель работы: изучение физических принципов и явлений, заложенных в основу функционирования измерителей тока и напряжений, особенностей их построения и применения, основных расчетных соотношений, устанавливающих связь между измеряемой величиной и выходными сигналами.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Практически все датчики, используемые для измерения биомедицинских величин, предполагают преобразование измеряемой величины в электрический сигнал – ток или напряжение.

Одной из основных и первой задачей системы ввода информации в измерительных системах является усиление сигнала до уровня, необходимого для нормальной работы последующих узлов, согласование полярностей сигналов.

Иными словами – задача согласования диапазонов выходного сигнала датчика с диапазоном работы последующих узлов. Такую задачу очень часто называют задачей нормализации входного сигнала.

При этом для измерения слабых сигналов требуется усиление сигнала, для больших по амплитуде – уменьшение. Усиление сигнала может производиться с использованием самых разнообразных схем усилителей. Однако надо учитывать, что в большинстве случаев с датчика снимается дифференциальный сигнал, что определяет использование соответствующих схемотехнических решений. Для оценки качества усиления при условиях воздействия помех хорошим критерием является определение отношения сигнал/шум.

При применении дифференциальных усилителей для получения высоких показателей этого критерия необходимо использовать схемы, обеспечивающие высокую степень подавления синфазной помехи. В большинстве случаев используются схемы, реализованные на основе операционных усилителей.

Делители напряжения.

Делители напряжения применяются для измерения напряжения, когда величина измеряемого сигнала выходит за пределы измерения используемого прибора или рабочего диапазона измерительной схемы.

Простейший делитель напряжения состоит из двух резисторов (Рис. 1).

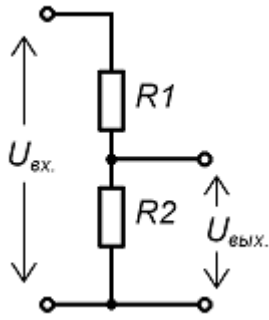


Рис.1. Резистивный делитель напряжения.

Выходное напряжение связано входным соотношением

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \frac{R2}{R1 + R2},$$

где $R2/(R1+R2)$ называется коэффициентом деления и может принимать значения от 0 до 1. Если относительные величины сопротивлений однозначно определяются требуемым коэффициентом деления, то выбор абсолютных значений номиналов резисторов иногда бывает непростой задачей. С одной стороны, чтобы не вносить влияния делителя на измеряемую цепь, сопротивления должны быть как можно больше. С другой стороны, высокоомный делитель может дать заметную погрешность при подключении к нему измерительного устройства, которое имеет конечное входное сопротивление. В этом случае нижнее «плечо» делителя $R2$ рассчитывается с учетом входного сопротивления «нагрузки» делителя. Но на этом проблемы не заканчиваются. При измерении широкополосных импульсных сигналов в задачу входят также и частотные свойства измерительной цепи. Примером может служить подключение к делителю осциллографа, имеющего, помимо входного сопротивления, входную емкость. Провода, соединяющие делитель с входным устройством, также могут вносить некоторую емкость (Рис. 2).

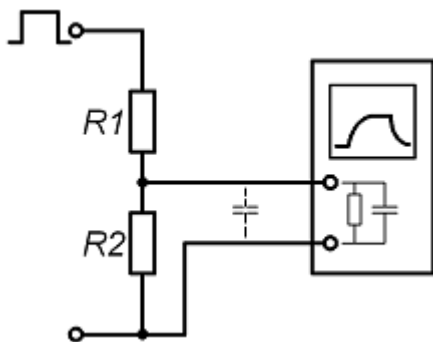


Рис.2. Искажения вызванные входной емкостью измерительной схемы

Если на входное сопротивление прибора можно сделать поправку в расчете делителя, то входная емкость и емкость линии будут вносить частотную зависимость в коэффициент деления и приводить к искажениям формы сигнала.

Высокочастотные гармоники сигнала будут «завалены», как при воздействии интегрирующего звена. Уменьшить влияние паразитных

емкостей можно путем уменьшения величины R_2 , тем самым уменьшая выходное сопротивление делителя, но это приведет к уменьшению уровня полезного сигнала, а пропорциональное уменьшение верхнего плеча, как уже говорилось, будет нагружать источник сигнала.

Схема компенсированного резистивно-емкостного делителя приведена на рисунке 3.

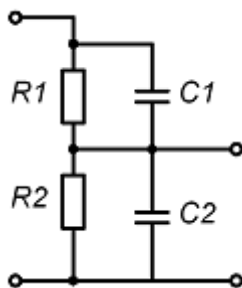


Рис.3. Частотно компенсированный делитель напряжения.

$$X_c = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\frac{1}{j\omega C_2}}{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

Величины емкостей рассчитываются в обратной пропорции, поскольку величина емкостного сопротивления обратно пропорциональна емкости. Резистивная часть делителя отвечает за коэффициент деления по постоянному току и в низкочастотной области до граничной частот $\omega_{gr}=1/\tau$, где τ – постоянная времени плеча делителя. Из формулы следует, что постоянная времени одинакова для верхнего и нижнего плеч. На частотах $\omega > \omega_{gr}$ работает емкостная часть делителя. Для высоковольтного делителя на рисунке 3 емкость включается параллельно каждому резистору верхнего плеча. Величин компенсирующих емкостей выбираются так, чтобы они были намного больше «паразитных» емкостей, искажающих измерения.

Датчики тока.

Датчики тока служат для измерения тока, протекающего в электрической цепи. Как правило, датчик тока преобразовывает измеряемый ток в сигнал напряжения, линейно пропорциональный току.

Сам датчик при этом должен вносить минимальное влияние в измеряемую цепь. Датчики тока бывают двух типов: контактные и бесконтактные.

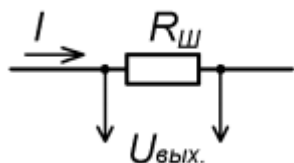


Рис.4. Схема включения шунта.

Контактные датчики, или шунты, представляют собой низкоомные сопротивления, включаемые в разрыв цепи (Рис.10.2.1), падение напряжения на которых при протекании измеряемого тока мало по сравнению с характерными напряжениями, действующими в цепи.

Напряжение, снимаемое с шунта вычисляется по закону Ома:

$$U_{\text{вых.}} = I \cdot R_{\text{ш}}$$

Выбор величины сопротивления шунта является компромиссом и производится по нескольким критериям:

- 1) С точки зрения влияния на измеряемую цепь и мощности, рассеиваемой на самом шунте (особенно при измерении больших токов) величина сопротивления должна быть как можно меньше.
- 2) С точки зрения уровня сигнала и соотношения сигнал/шум сопротивление шунта нужно увеличивать.

При совместном использовании шунта и делителя напряжения, одну точку стараются сделать общей для сигнала тока и сигнала напряжения. Для удобства измерений и обработки сигналов эту точку обычно совмещают с «землей» схемы, как показано на рисунке 5

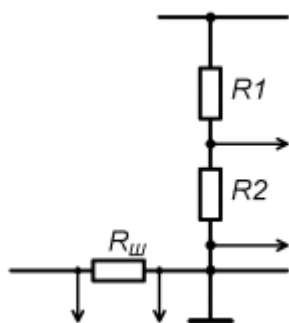


Рис.5. Комбинированное включение делителя напряжения и токового шунта.

Однако, это не всегда бывает возможно. Часто требуется измерять ток в цепях, находящихся под потенциалом относительно общей точки схемы, и передавать сигнал в «заземленную» часть. В этом случае используются бесконтактные датчики тока.

Для измерения переменной составляющей импульсного сигнала для этой цели используются трансформаторы тока. Схема включения трансформатора тока приведена на рисунке 6.

Первичной обмоткой трансформатора служит сам провод с измеряемым током, поэтому можно сказать, что датчик включается в схему без разрыва цепи.

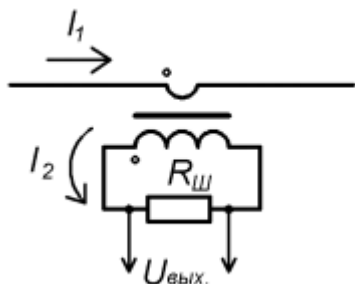


Рис.6. Трансформаторный датчик тока.

Измеряемый ток I_1 преобразуется в ток I_2 через коэффициент трансформации, который в данном случае равен количеству витков вторичной обмотки. С помощью шунта $R_{ш}$ ток преобразуется в напряжение $U_{вых.}$. Общий коэффициент передачи вычисляется по формуле:

$$K = \frac{U_{вых.}}{I_1} = w_2 \cdot R_{ш} \left[\frac{A}{B} \right]$$

Главное преимущество такого метода измерения тока заключается в гальванической развязке между измеряемой и сигнальной цепью. Недостаток – в невозможности измерять постоянную составляющую тока. Что касается полосы пропускания переменного сигнала, то она определяется постоянной времени $\tau = L/R_{ш}$, где L – индуктивность катушки трансформатора. Таким образом, нижняя граничная частота:

$$\omega_n = \frac{1}{\tau} = \frac{R_{ш}}{L}$$

Бесконтактные датчики тока и напряжения.

Для решения проблемы бесконтактного измерения постоянного тока используются бесконтактные датчики тока компенсационного типа на основе элемента Холла. Датчик измеряет как постоянный, так и переменный ток с полосой пропускания до 200 кГц.

Эффект Холла заключается в появлении напряжения на концах полоски проводника или полупроводника, помещённого перпендикулярно силовым линиям магнитного поля (рис. 7). Для меди напряжение Холла составляет ± 24 мкВ/кГс, для полупроводника – свыше ± 110 мВ/кГс (с учётом направлений магнитного поля и тока), что вполне достаточно для построения промышленных датчиков тока, главными преимуществами которых является отсутствие вносимых потерь и «естественная» гальваническая развязка. В линейных датчиках Холла выходное напряжение пропорционально приложенному магнитному полю, за исключением режимов симметричного насыщения. По сравнению с резистивными датчиками тока, приборы на основе ячейки Холла имеют более узкий частотный диапазон, паразитное напряжение смещения (в некоторых конструкциях), низкую точность, высокую стоимость и требуют для работы внешний источник питания.

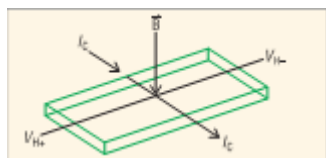


Рис.7. Датчик Холла.

На рис. 8 и 9 схематически представлены две основные разновидности датчиков тока на основе эффекта Холла – разомкнутого и замкнутого типов соответственно, где $I_{primary}$ – ток в первичной цепи, $I_{secondary}$ – ток во вторичной цепи, V_{out} – выходное напряжение усилителя, пропорциональное току в первичной цепи. Датчики замкнутого типа (с компенсирующей обмоткой) обеспечивают высокую точность, в несколько раз более широкую полосу пропускания и, как правило, не имеют выходного смещения при нулевом токе. Их чувствительность прямо пропорциональная числу витков компенсирующей обмотки.

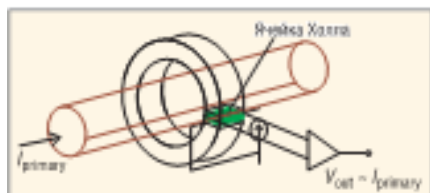


Рис.8. Датчик Холла разомкнутого типа

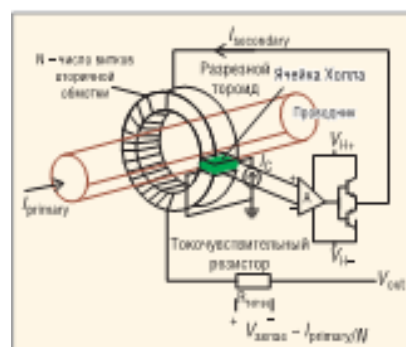


Рис.9. Датчик Холла замкнутого типа

То есть для измерения тока наиболее широко применяются три метода: резистивный, на основе эффекта Холла и трансформатора тока.

Датчики тока, реализованные на базе указанных методов, имеют свои достоинства и недостатки, определяющие области их применения.

В таблице 1 представлены основные характеристики перечисленных методов измерения.

Таблица 1. Сравнительные характеристики распространённых методов измерения тока

Датчик	Ток	Диапазон измерения, А	Гальваническая развязка	Вносимые потери	Внешний источник питания	Частотный диапазон, кГц	Погрешность измерения тока, %	Относительная стоимость
Резистор	Постоянный	<20	Нет*	Есть	Нет	~100	<1	Очень низкая
	Переменный	Нет*				>500		
Ячейка Холла	Постоянный и переменный	<1000	Есть	Нет	Есть	~200	<10	Средняя/высокая
Трансформатор тока	Переменный	<1000	Есть	Есть	Нет	Сеть переменного тока	<5	Высокая

*Является с внешним источником питания

Резистивные датчики – самые дешёвые, линейные и точные. Однако им присущи потери, вносимые в цепь измерения, отсутствие гальванической развязки, ограничение полосы пропускания, обусловленное паразитной индуктивностью большинства мощных резисторов, а также саморазогрев и термоЭДС при больших токах, снижающие точность измерения. Низкоиндуктивные измерительные резисторы существенно дороже, но могут быть использованы для измерения токов в диапазоне частот до нескольких мегагерц. Для усиления или обработки напряжения, выделяющегося на токочувствительном резисторе, необходим дифференциальный усилитель

или компаратор, обладающий достаточным КОСС, особенно вблизи питающих напряжений.

Датчики на базе трансформаторов тока (ТТ) обычно работают на сетевой частоте (50, 60 или 400 Гц) и, естественно, не могут использоваться в цепях постоянного тока. Их стоимость превышает стоимость приборов на основе эффекта Холла. К преимуществам трансформаторных датчиков тока следует отнести отсутствие вносимых потерь и напряжения смещения при нулевом токе, а также гальваническую развязку с высоким пробивным напряжением. Кроме того, они не нуждаются в дополнительном источнике питания.

Недостатком ТТ является насыщение сердечника при наличии в первичном токе постоянной составляющей, что приводит к необратимой деградации точности преобразования. Для решения этой проблемы при изготовлении сердечника используют материалы с высокой магнитной проницаемостью, что, однако, увеличивает фазовый сдвиг в цепи измерения, уменьшает динамический диапазон и термостабильность.

Серьезную конкуренцию резистивным датчикам по точности могут составить магнитооптические датчики, в которых измеряемый ток пропорционален поляризации света либо разности фаз когерентного излучения, а также оптические датчики на основе эффекта Фарадея.

Всё большую популярность приобретают магниторезистивные (МР) датчики тока (на базе анизотропного МР-эффекта), которые обеспечивают точность и линейность до $0,1 \dots 0,2\%$ при измерении постоянных и переменных (до 500 кГц) токов до 200 А и не вносят потерь. Однако для работы им требуется внешний источник питания и отсутствие внешних магнитных полей. Последняя проблема в значительной мере снимается применением пар магниторезисторов, расположенных последовательно для магнитного поля проводника и встречно – для магнитного поля внешней помехи. Для получения приемлемой температурной стабильности и высокой помехоустойчивости магниторезисторы ИС датчика, как правило, соединяются по мостовой схеме, а МРдатчики замкнутого типа снабжаются компенсаторами (см рис. 10). Дополнительными преимуществами магниторезистивных датчиков тока являются: значительно меньшие размеры и вес, а также существенно более высокая чувствительность по сравнению с холловскими датчиками и трансформаторами тока, отсутствие остаточной намагниченности после перегрузки, широкий частотный диапазон благодаря низкой индуктивности магниторезисторов.

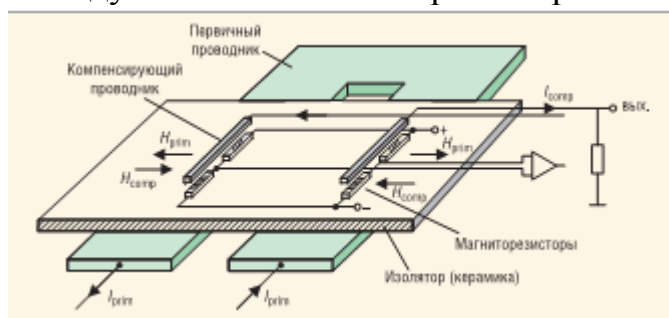


Рис.10. Магниторезистивный (МР) датчик тока.

В качестве датчиков переменного тока используются и катушки Роговского, которые обрели «второе дыхание» в сочетании с современными недорогими цифровыми процессорами обработки сигналов (ЦПОС DSP), оборудованными встроенными АЦП и используемыми в данном случае для точного цифрового интегрирования. В результате были разработаны промышленные датчики, в которых погрешность измерения тока диапазоне от 70 мА до 70 А не превышает 0,1% при 25°C. Принцип работы этих датчиков основан на измерении напряжения на выводах прямоугольной проводящей рамки, размещённой рядом с проводником. Ток, протекающий по проводнику, создаёт вокруг него пропорциональное магнитное поле, изменения которого наводят ЭДС в измерительной рамке (см. рис. 11). Плоскость каждой из соединённых последовательно рамок перпендикулярна силовым линиям поля. Для вычисления тока необходимо проинтегрировать напряжение по времени. Основной проблемой датчиков на базе катушки Роговского является обеспечение надёжной защиты от внешних магнитных полей, особенно низкочастотных (экранирование здесь неэффективно), которые могут существенно увеличить погрешность измерения. По сравнению с ТТ эти датчики компактнее, легче, дешевле, обеспечивают весьма широкую полосу частот и, поскольку сердечник отсутствует, не насыщаются при больших токах.

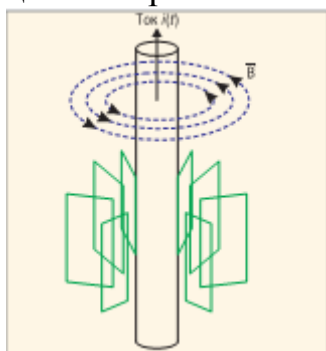


Рис.11. Датчик тока на базе пояса Роговского.

Высококачественные низкоомные токоизмерительные резисторы выпускают компании Vishay (Vishay Intertechnology), IRC (TT Electronics), Panasonic (Electronic Components Division of Panasonic Industrial Company) и KOA (KOA Speer Electronics). Широко используются безвыводные резисторы для поверхностного монтажа с номиналами от 0,01 до 1 Ом, паспортной мощностью до 5 Вт и допуском $\pm 0,5\%$ и $\pm 1\%$. Номинал, рассеиваемая мощность и ТКС, как правило, выбираются таким образом, чтобы в реальных условиях эксплуатации уход сопротивления резистивного датчика из-за саморазогрева не превышал ния, с учетом шумовых параметров большинства специализированны ИС для измерителей тока предпочтительным является номинал 0,02 Ом вносящий минимальное возмущении в измеряемую цепь с током 5 А. В цепях с большими токами использую резисторы 0,00025. . . 0,01 Ом. Для особо точных измерений применяю резисторы с четырьмя выводами, два из которых являются токовыми, а два других – потенциальными (т.н. схема Кельвина), либо выполняют специальный рисунок печатной платы отводами для измерительной схем (см. рис. 12). В

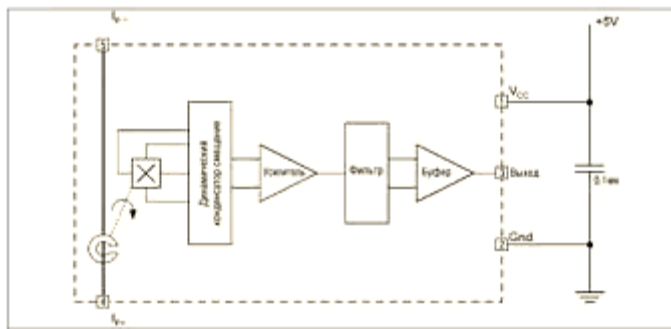


Рис. 14. Интегральный датчик тока на эффекте Холла.

Датчики напряжения, основанные на эффекте Холла, основаны на тех же принципах, что и датчики тока.

Практически, они собраны на основе датчиков тока, а главное отличие состоит в первичной цепи, катушка которой изготовлена с большим количеством витков.

Это позволяет создать необходимое количество ампервитков для создания первичной индукции, и таким образом при минимальном значении первичного тока, обеспечивается минимальное потребление из входной цепи (цепи преобразуемого напряжения).

Поэтому для измерения напряжения достаточно обеспечить первичный ток, эквивалентный этому напряжению, который и будет преобразовывать датчик. Это достигается с помощью резистора, последовательно соединенного с первичной обмоткой.

Таким образом, датчики напряжения, основанные на эффекте Холла, представляют собой датчик тока с первичной многовитковой обмоткой и добавочным резистором R_1 . Это резистор может быть внешним или встроенным в конструктив датчика.

Так как в таком датчике напряжения используется тот же принцип работы, что и в датчике тока, описанном ранее, для определения значений напряжения и нагрузочного резистора подходят аналогичные правила. Дополнительно должно быть рассчитано значение внешнего резистора R_1 (Рис.15).

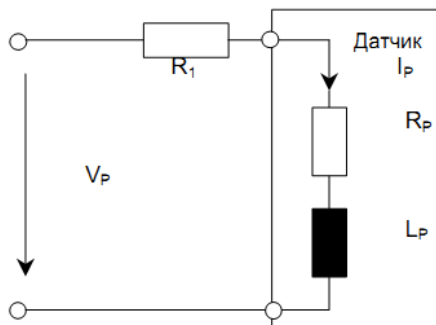


Рис. 15. Включение датчика напряжения на эффекте Холла.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ. ВКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Все работы по

подключению комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенных от сети приборах. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора. На данном шаге НЕ подключайте прибор к USB порту ПК.

2. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.

3. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.

4. При необходимости, настроить компьютер для работы с учебной установкой согласно прилагаемому руководству к среде LabVisual.

5. Запустить программу LabVisual для работы с учебной установкой для данного эксперимента пользуясь ярлыком на рабочем столе либо другим способом, указанным лаборантом.

ПОДГОТОВКА К ЭКСПЕРИМЕНТУ.

6. Перед началом работы ознакомится с принципиальной схемой учебной установки, разобраться в назначении кнопок и измерительного прибора. Проверить целостность сетевого провода. **Независимо от дальнейшего эксперимента: до включения БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ в СЕТЬ необходимо подключить измерительную часть МОДУЛЯ «ТЕРМОДАТЧИКИ» «ЦИФРОВОЙ ТЕРМОДАТЧИК DS18B20» к соответствующему измерительному входу БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ. Это вызвано тем, что алгоритм работы цифрового термодатчика и взаимодействие его с микропроцессором БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ построено таким образом, что его инициализация должна происходить в момент включения.**

7. Включить установку в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор «СЕТЬ».

8. Дождаться появления системного сообщения на ЖКД LCD дисплее прибора, о дальнейшем порядке действий.

9. После появления данного сообщения на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК, используя стандартный USB провод из комплекта, и однократно нажать кнопку «СТАРТ/USB/ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ» (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). В противном случае, возможна некорректная работа USB протокола и устройства (иногда инициализация USB выполняется и без нажатия кнопки).

10. После проведения инициализации, USB передатчик учебной установки отключается и прибор переходит в автономный режим работы без ПК «USB OFF». Для включения USB в приборе и последующей работы с программой приема и обработки данных LabVisual, либо для отключения USB и работы в ручном режиме, следует нажимать кнопку

«ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ/USB». Это сделано для исключения влияния паразитных наводок в ручном режиме работы, так как если в ручном режиме оставлять приемник-передатчик USB включенным, то возможен приход незапланированных команд управления.

11. Дать установке прогреться в течение трех минут и приступить к планируемому эксперименту.

ДАТЧИК НАПРЯЖЕНИЯ (КАНАЛ 1).

Датчик напряжения выполнен по схеме, представленной на рис. 16.

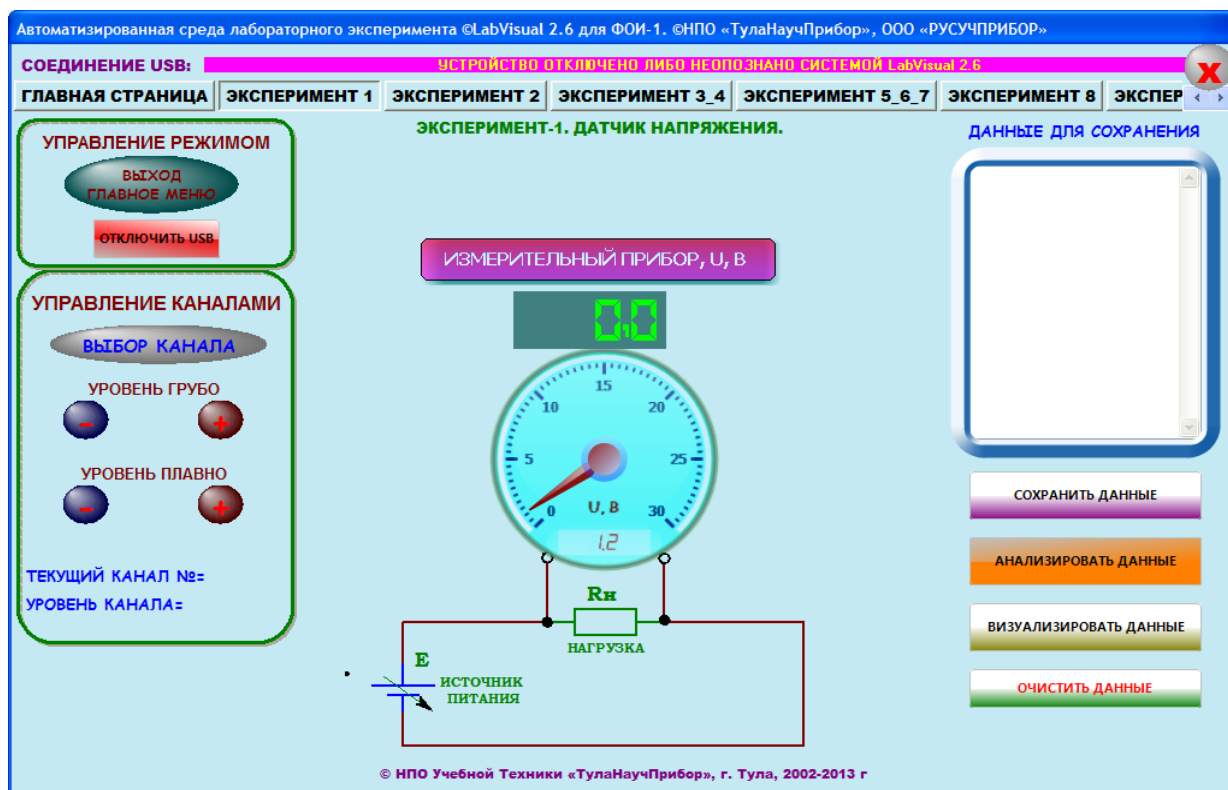


Рис. 16. Подпрограмма «ДАТЧИК НАПРЯЖЕНИЯ» учебной установки ФОИ-1.

Напряжение от регулируемого источника питания E (КАНАЛ 1 БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ) поступает на нагрузочное сопротивление R_n . В качестве нагрузки может использоваться силовая часть модулей «ФОТОДАТЧИКИ» (лампа накаливания), «ТЕРМОДАТЧИКИ» (нагревательный элемент) либо «ДАТЧИК ХОЛЛА» (обмотка катушки электромагнита). Сигнал напряжения, снимаемый с нагрузки подаётся на вольтметр (в нашем случае на LCD ЖКД индикатор через АЦП микропроцессора). Таким образом, в данном случае датчиком напряжение является АЦП микропроцессора либо головка вольтметра, подключенные к каналу 1 БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.

1. Выполнить подключение прибора согласно пунктам 1 — 11, описанным в параграфе **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ. ВКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА.**

2. Подключить силовую часть одного из внешних МОДУЛЕЙ датчиков к КАНАЛУ 1 (клеммы XS3 – XS4) БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ

(полярность не имеет значения). В качестве нагрузки для наглядности рекомендуется использовать лампу накаливания из модуля «ФОТОДАТЧИКИ».

3. С помощью кнопок управления «РЕЖИМ РАБОТЫ + », расположенных на верхней панели лабораторного модуля либо в программе-оболочке LabVisual выбрать необходимый опыт: voltage «ДАТЧИК НАПРЯЖЕНИЯ» (установить курсор на LCD индикаторе в соответствующее положение).

4. Запустить выбранный эксперимент с помощью кнопки «ВХОД», при этом автоматически запустится подпрограмма выбранного эксперимента рис. 5.1.

5. Используя кнопку управления «ВЫБОР КАНАЛА» выбрать КАНАЛ 1 (индикация $c=1P$ на LCD индикаторе), т. е. тот канал, к которому подключена нагрузка R_n .

6. При помощи многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ + », расположенных на верхней панели лабораторного модуля либо кнопок «УРОВЕНЬ» меню «УПРАВЛЕНИЕ КАНАЛАМИ» в программе-оболочке LabVisual, снять выходную нагрузочную кривую напряжения, т. е. зависимость напряжения на нагрузке U_n , В (лампы накала) от выходного уровня канала ($c=1P=0 \dots 255$): $U_n=U_n(P)$ Удержание многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ + » приводит к изменению уровня на 10 условных единиц, одиночное нажатие кнопок изменяет уровень на одну единицу.

7. Подключая **силовые части** других внешних МОДУЛЕЙ датчиков к КАНАЛУ 1, повторить действия пп. 1 — 6, сняв для каждого МОДУЛЯ свою нагрузочную кривую напряжения и построить графики $U_n=U_n(P)$ для каждой нагрузки (лампы накаливания, нагревательного элемента, обмотки электромагнита).

8. По окончании эксперимента выйти из текущего опыта, нажав кнопку «ВЫХОД/ESC» и отключить провода от выходных клемм БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.

ДАТЧИК ТОКА (КАНАЛ 3).

Датчик тока выполнен по схеме, представленной на рис. 17.

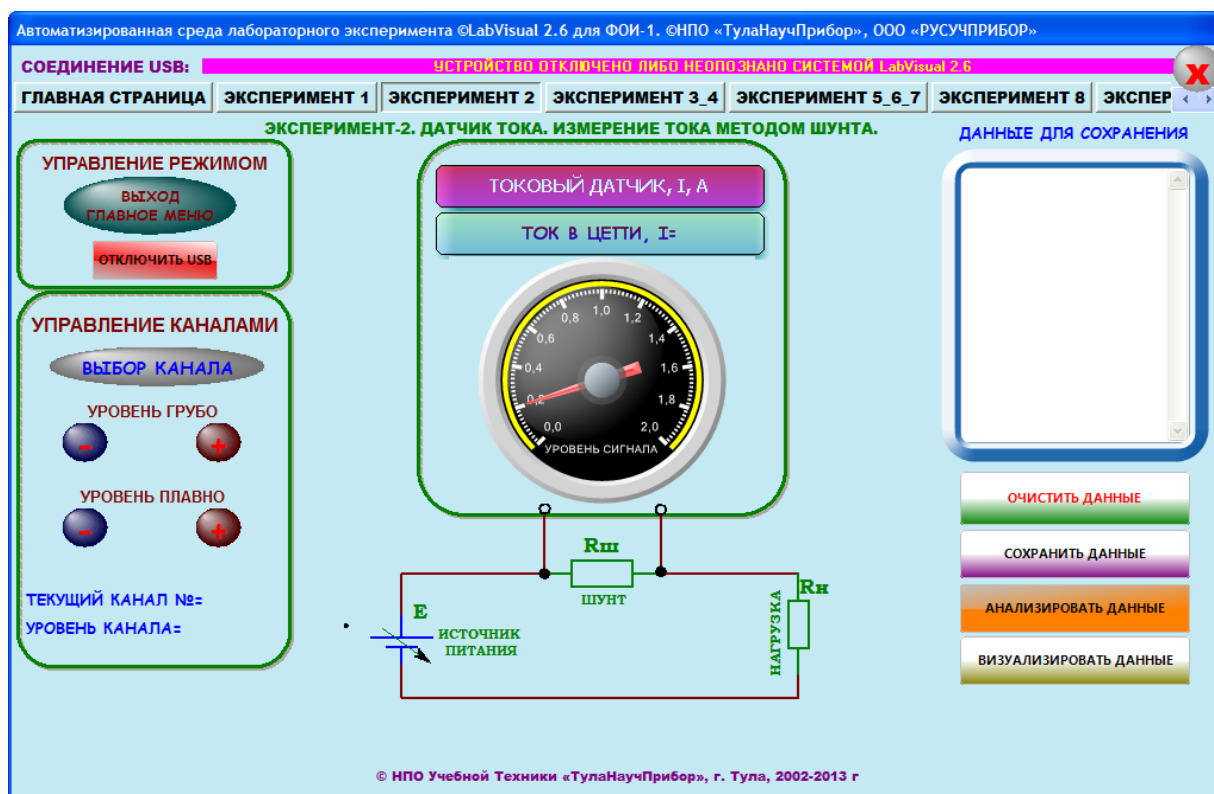


Рис. 17. Подпрограмма «ДАТЧИК ТОКА» учебной установки ФОИ-1.

Напряжение от регулируемого источника питания E (КАНАЛ 3 БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ) поступает на нагрузочное сопротивление R_n через последовательно включенное сопротивление шунта $R_{ш}$ (встроено в КАНАЛ 3 БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ). В качестве нагрузки может использоваться силовая часть модулей «ФОТОДАТЧИКИ» (лампа накаливания), «ТЕРМОДАТЧИКИ» (нагревательный элемент) либо «ДАТЧИК ХОЛЛА» (обмотка катушки электромагнита). Сигнал напряжения $U_{ш}$, снимаемый с шунта $R_{ш}$ подаётся на измерительный прибор (в нашем случае на LCD ЖКД индикатор через АЦП микропроцессора) и пересчитывается в значение тока по формуле: —, в нашем приборе $R_{ш}=0,33$ Ом. Таким образом, в данном случае датчиком тока является шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ и АЦП микропроцессора либо измерительная головка. Отметим, что для повышения точности измерений, сопротивление шунтирующего резистора $R_{ш}$, на котором выделяется сигнал, должно быть много меньше суммарного сопротивления нагрузки ($R_{ш} \ll R_n$), однако не слишком маленьким, т. к. вход АЦП микропроцессора имеет ограниченную чувствительность по входному сигналу.

1. Выполнить подключение прибора согласно пунктам 1 — 11, описанным в параграфе **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ. ВКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА.**

2. Подключить силовую часть одного из внешних МОДУЛЕЙ датчиков к КАНАЛУ 3 (клеммы XS7 – XS8) БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ (полярность не имеет значения). В качестве нагрузки для наглядности рекомендуется использовать лампу накаливания из модуля «ФОТОДАТЧИКИ».

3. С помощью кнопок управления «РЕЖИМ РАБОТЫ + », расположенных на верхней панели лабораторного модуля либо в программе-оболочке LabVisual выбрать необходимый опыт: current «ДАТЧИК ТОКА» (установить курсор на LCD индикаторе в соответствующее положение).

4. Запустить выбранный эксперимент с помощью кнопки «ВХОД», при этом автоматически запустится подпрограмма выбранного эксперимента рис. 6.1.

5. Используя кнопку управления «ВЫБОР КАНАЛА» выбрать КАНАЛ 3 (индикация $c=3P$ на LCD индикаторе), т. е. тот канал, к которому подключена нагрузка R_n и в который вмонтировано шунтирующее сопротивление $R_{ш}$.

6. При помощи многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ + », расположенных на верхней панели лабораторного модуля либо кнопок «УРОВЕНЬ» меню «УПРАВЛЕНИЕ КАНАЛАМИ» в программе-оболочке LabVisual, снять выходную нагрузочную токовую кривую, т. е. зависимость тока через нагрузку I_n , А (лампы накала) от выходного уровня канала ($c=3P=0 \dots 255$): $I_n=I_n(P)$. Удержание многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ + » приводит к изменению уровня на 10 условных единиц, одиночное нажатие кнопок изменяет уровень на одну единицу.

7. Подключая **силовые части** других внешних МОДУЛЕЙ датчиков к КАНАЛУ 3, повторить действия пп. 1 — 6, сняв для каждого МОДУЛЯ свою нагрузочную токовую кривую и построить графики $I_n=I_n(P)$ для каждой нагрузки (лампы накаливания, нагревательного элемента, обмотки электромагнита).

8. По окончании эксперимента выйти из текущего опыта, нажав кнопку «ВЫХОД/ESC» и отключить провода от выходных клемм БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.
2. Графики зависимости напряжений, токов и мощностей для различных видов нагрузки.
3. Выводы по полученным результатам.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Делители напряжения. Схемы и особенности применения. Основные расчетные соотношения.
2. Шунт и трансформатор тока. Схемы и особенности применения. Основные расчетные соотношения. Преимущества и недостатки.
3. Датчик тока на эффекте Холла. Структура, основные характеристики. Преимущества и недостатки.
4. Магниторезистивный датчик тока. Структура, основные особенности и характеристики. Преимущества и недостатки.
5. Датчик тока с использованием пояса Роговского. Структура, основные особенности и характеристики.
6. Датчики напряжения на основе эффекта Холла. Схема и особенности применения.
7. Назовите основные типы датчиков для измерения постоянного тока.
8. Назовите основные типы датчиков для измерения переменного тока.
9. Назовите подходы используемые при согласовании уровней сигналов с датчиков с измерительной схемой.

6. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по работе с автоматизированным комплексом «Современные средства измерений, преобразователи и датчики. автоматизированный лабораторный комплекс для работы с ПК». Фои-1, НПО учебной техники «Туланаучприбор», Тула, 2013 г.
2. Топильский В. Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи: учебное пособие - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 2-е изд. (эл.). 493 с. ISBN:978-5-9963-1469-0. Номер доступа: directmedia.222203
3. WWW.SOEL.RU СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ♦ Октябрь 2004
4. Изолированные датчики тока и напряжения LEM: Характеристики - Применение - Расчеты.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Методические указания

Составитель: Воронов Константин Евгеньевич

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва.

443086 Самара, Московское шоссе, 34