

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

**Оксана МЕДВЕДОВСКАЯ (г. Сумы), Алла САЛТЫКОВА (г. Сумы),
Геннадий ЧЕПУРНЫХ (г. Сумы)**

Для использования в учебном процессе педагогических университетов предлагается изложение основ двух взаимосвязанных лабораторных работ, в одной из которых вместо обычно применяемых тензодатчиков используются более высокоточные с применением магнитоупругого эффекта.

Ключевые слова: лабораторные работы, мостовые схемы, информационные технологии, магнитоупругий эффект.

Для використання в навчальному процесі педагогічних університетів пропонується викладення основ двох взаємопов'язаних лабораторних робіт, в одній з яких замість загально прийнятих тензодатчиків використовуються більш високоточні з застосуванням магнітопружного ефекту.

Ключові слова: лабораторні роботи, мостові схеми, інформаційні технології, магнітопружний ефект.

Current progress in science and technology exhibits high requirements to knowledge and understanding of operation of sensors. Thus, in pedagogical institutions, the bases of two interrelated laboratory works are proposed to be set out; one work supposes using tensor sensor with magnetoelastic effect applied, instead of commonly used tensor sensors. In the course of the works a block diagram of magnetic manometer is described comprising an active pressure sensor, a harmonic wave generator, and electrical circuit with a force balance transducer. It is mentioned that relative deformation at most 10^{-6} is considered as elastic and reversible. In this case, tensor sensor cannot be in operation here.

Keywords: laboratory works, bridge circuits, information processing technologies, magnetoelastic effect.

Учащимся средних и высших учебных заведений необходимо знать, что рост производительности труда, а, следовательно, и благосостояния населения неразрывно связан с научно-техническим процессом. Это в свою очередь неизбежно приводит к резкому увеличению уровня и темпов развития таких современных фундаментальных исследований, которые находят все большее применение при создании наукоёмких технологий. Однако эксплуатация уже существующих и разработка новых автоматизированных и компьютеризированных систем управления производственных процессов требует усиление физико-математической подготовки с техническим уклоном как учащихся средних школ, так и студентов физико-математических

факультетов педагогических университетов. Требуется знания и понимание работы датчиков и преобразовательной техники. Этой проблеме, в частности, посвящена недавно состоявшаяся Международная конференция [1].

Поэтому цель данной работы оказать помощь преподавателям педагогических университетов в проведении лабораторных работ, которые ознакомят студентов с основами одного из направлений в современной информационной технологии.

К числу научно-технических вопросов, которые могут быть использованы в учебном процессе педагогических университетов, относится вопрос создания высокоточных измерителей [2, с. 82; 83; 108-114, 3, с. 137-140, 4, с. 197; 199-201, 5, с. 9-27, 6, с. 9-32, 7, с. 85-118] гидростатического давления. Поэтому предлагается изложения основ двух взаимосвязанных лабораторных работ: одна лабораторная работа предназначена для приобретения навыков использования мостовой схемы, так как эта схема обладает большой точностью и высокой чувствительностью, в другой лабораторной работе вместо обычно используемых тензодатчиков, используются более перспективные датчики с применением магнитоупругого эффекта. Исполнителям предлагаемых работ поясняется, что при относительной деформации менее 10^{-6} , деформацию можно считать упругой и обратимой, но которая из-за магнитоупругого эффекта скажется на величине намагниченности, и, следовательно, и на индуктивном сопротивлении переменному току. Современные тензодатчики устроены таким образом, чтобы относительная деформация была более чем 10^{-6} , но при этом зависимость между деформацией и давлением перестает быть линейной и это сказывается на точности показаний измерителя давления. При описании основ лабораторных работ представлена структурная схема магнитного манометра, которая состоит из активного датчика давления, генератора гармонических колебаний и электрической цепи с компенсационным датчиком давления.

При выполнении лабораторных работ научиться пользоваться мостовыми схемами необходимо по той причине, что первичный сигнал, получаемый от датчика, как правило оказывается слабым. Поэтому широкое распространение

среди измерителей параметров линейных компонентов нашли приборы, основанные на мостовом методе измерений.

Мостовые схемы обладают большой точностью, высокой чувствительностью, широким диапазоном измеряемых значений, возможностью создания как специализированных приборов, предназначенных для измерения какой-либо одной величины, так и универсальных приборов с ручным уравниванием или автоматических с цифровым отчетом.

Мостовая схема может быть представлена в виде четырех последовательно включенных сопротивлений Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , образующих четырехполосник (рис. 1), к двум зажимам которого (диагональ питания) подключен источник питания U , а к двум другим (измерительная диагональ) – индикатор (указатель равновесия). Ветви, включающие в себя эти сопротивления, называются мостами.

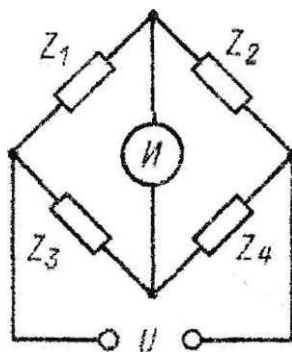


Рис. 1. Схема одинарного четырехплечевого моста

Условие равновесия четырехплечевого одинарного моста записывается в комплексной форме как равенство произведений сопротивлений противоположащих плеч:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3. \quad (1)$$

Если в одном из плеч моста, например, Z_1 , включено неизвестное сопротивление, то при выполнении условия (1) его можно определить по формуле

$$Z_1 = Z_x = Z_2 Z_3 / Z_4. \quad (2)$$

В качестве указателей равновесия в мостах на постоянном токе используются магнитоэлектрические гальванометры, электрометры, а на переменном токе осциллографические индикаторы, вибрационные гальванометры.

Для измерения емкости, индуктивности, взаимной индуктивности и тангенса угла потерь линейных компонентов электрических цепей используется мосты переменного тока.

Схемы мостов переменного тока отличаются большим разнообразием.

Кромке простых четырехплечных мостовых схем, применяют более сложные шести- и семиплечные мостовые схемы, а также схемы мостов с индуктивно-связанными элементами.

Схема четырехплечного моста переменного тока приведена на рис. 2.

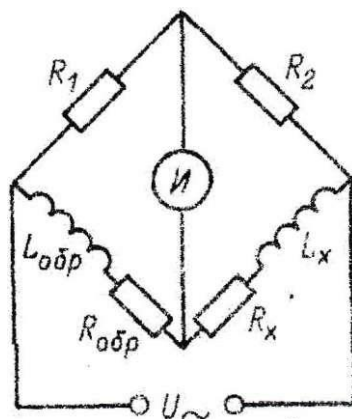


Рис. 2. Схема моста для измерения индуктивности

Сопротивления плеч Z_i в общем случае представляют собой комплексные сопротивление вида $Z_i = R_i + jX_i$.

Подставив значения Z_i в условие равновесия моста (1) и разделив вещественные и мнимые части, получим условие равновесия в виде двух уравнений:

$$\begin{aligned} R_1 R_3 - X_1 X_3 &= R_2 R_4 - X_2 X_4; \\ X_1 R_3 + X_3 R_1 &= X_2 R_4 + X_4 R_2. \end{aligned} \quad (3)$$

Наличие двух уравнений, определяющих условие равновесия моста переменного тока, требует введения в схему моста не менее двух регулируемых элементов. Два независимых уравнения равновесия (3) дают возможность определить мостом переменного тока одновременно две независимые величины.

Записав выражение (1) в показательной форме, получим

$$Z_1 e^{j\varphi_1} Z_4 e^{j\varphi_4} = Z_2 e^{j\varphi_2} Z_3 e^{j\varphi_3} \quad (4)$$

Соотношение (4) также распадается на два скалярных равенства:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 Z_4 &= Z_2 Z_3; \\ \varphi_1 + \varphi_4 &= \varphi_2 + \varphi_4. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Отсюда следует, что равновесие наступает при равенстве произведений модулей комплексных сопротивлений противолежащих плеч и равенстве сумм их фазовых сдвигов. Второе уравнение (5) показывает, каким по характеру должны быть сопротивления плеч мостовой схемы, чтобы обеспечить равновесие.

На точность измерения мостами переменного тока существенное влияние оказывает его чувствительность.

Относительной чувствительностью мостовой схемы переменного тока по напряжению называется комплексная величина, равная отношению выходного напряжения к относительному изменению переменного сопротивления:

$$S_U = U_{\text{вых}} / (\Delta Z_1 / Z_1), \quad (6)$$

где выходное напряжение для схемы на рис. 1 можно определить по формуле

$$U_{\text{вых}} = U(Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3) / (Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)$$

Как уже указывалось ранее цель второй лабораторной работы состоит в использовании столь незначительной деформации, когда относительная деформация менее 10^{-6} . В этом случае деформацию можно считать и упругой и обратимой и использовать ее для измерения статического и динамического давления с существенно меньшими погрешностями по сравнению с существующими средствами измерения давления.

Рис. 3. Структурная схема магнитного манометра

На рис. 3 представлена структурная схема магнитного манометра, на которой выделен активный датчик давления. Предлагаемый магнитный манометр состоит из измерительного блока и электронного устройства. Измерительный блок состоит из стальной трубки (рис. 6) с внешним диаметром $D=6$ мм, длиной $l=85$ мм и двух П-образных магнитопроводов (рис. 5). Все это входит в активный датчик давления. Электронное устройство состоит из генератора гармонических колебаний, электрической цепи с компенсационным датчиком давления, усилителей сигнала и цифрового индикатора давления.



Питание электронного устройства (а через генератор гармонических колебаний и активного датчика давления) осуществляется стабилизированным напряжением постоянного тока 19 В от блока питания. К блоку питания подают переменный ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Генератор гармонических колебаний имеет два выхода с выбранными стабилизированными напряжениями по 10 В переменного тока. Эти два источника напряжения питают электрическую цепь, представленную на рис. 2. В каждом замкнутом контуре помимо источника напряжения имеются мостовая цепь с четырьмя диодами, параллельно соединенные между собой активное сопротивление 3,9 кОм и конденсатор с емкостью 200,0 мкФ. Кроме того, в одном замкнутом контуре находится активный датчик давления (на рис. 4 Датчик), а в другом замкнутом контуре – компенсационный датчик давления (на рис. 4 Компенсатор). Благодаря мостовым цепям с четырьмя диодами в каждом замкнутом контуре, на резисторах R_1 и R_2 с сопротивлениями по 3,9 кОм подает постоянное напряжение. Первоначальные индуктивные сопротивления Датчика и Компенсатора, величины активных сопротивлений R_1 и R_2 , величины емкостей C_1 и C_2 подобраны таким образом, чтобы в отсутствие избыточного давления в Датчике суммарное падение напряжения на резисторах R_1 и R_2 равнялось нулю. Мостовые цепи с четырьмя диодами подключены друг к другу таким образом, чтобы возникающие изменение в диодах не приводили к изменению суммарного падения напряжения на резисторах R_1 и R_2 .

Электрическая цепь, представлена на рис. 4, разработана [4, 6] таким образом, чтобы суммарное падение напряжения на резисторах R_1 и R_2 появлялось и изменялось в полном соответствии с появлением и изменением избыточного давления в Датчике. Это суммарное падение напряжения на резисторах R_1 и R_2 усиливается (см. рис. 4) и регистрируется цифровым индикатором. Получение линейной зависимости сигнала от давления имеет принципиальное значение для работы магнитного манометра с наименьшими погрешностями.

Представлений на рис. 6 цилиндр входит в активный и компенсационный датчики давления вместе с П-образными магнитопроводами. В активный датчик давления поступают жидкость или газ, избыточное давление которых необходимо определить. В компенсационный датчик давления жидкость или газ не поступают. Появления избыточного давления в цилиндре активного датчика приводит к изменению индуктивного сопротивления Датчика, а, следовательно, к изменению величины тока и появлению суммарного напряжения на резисторах R_1 и R_2 .

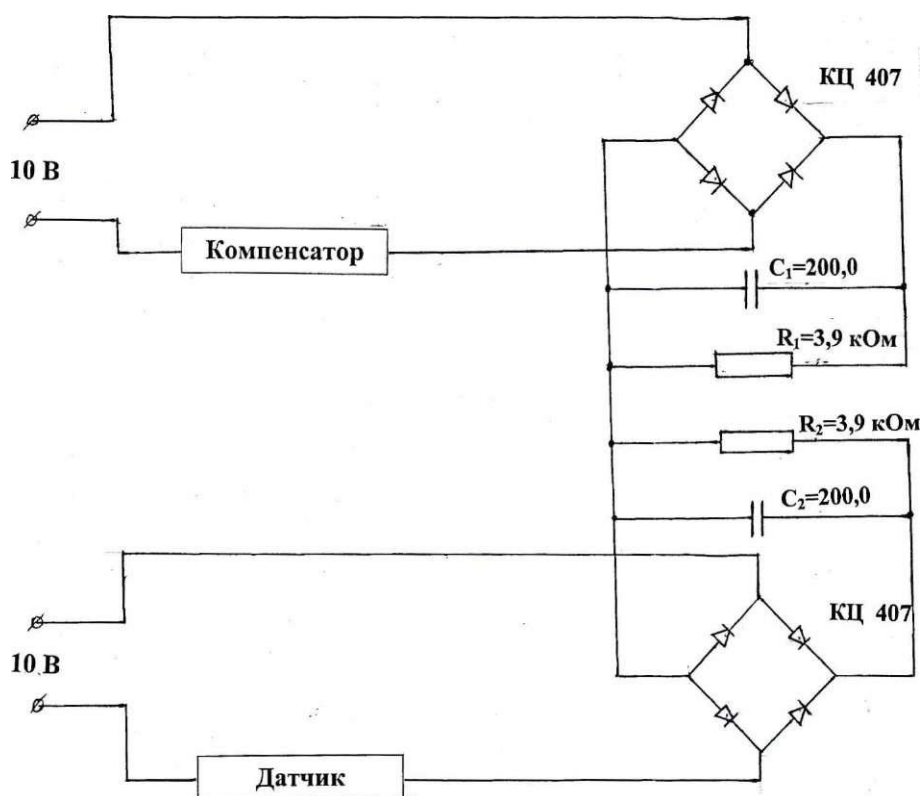


Рис. 4. Электрическая цепь

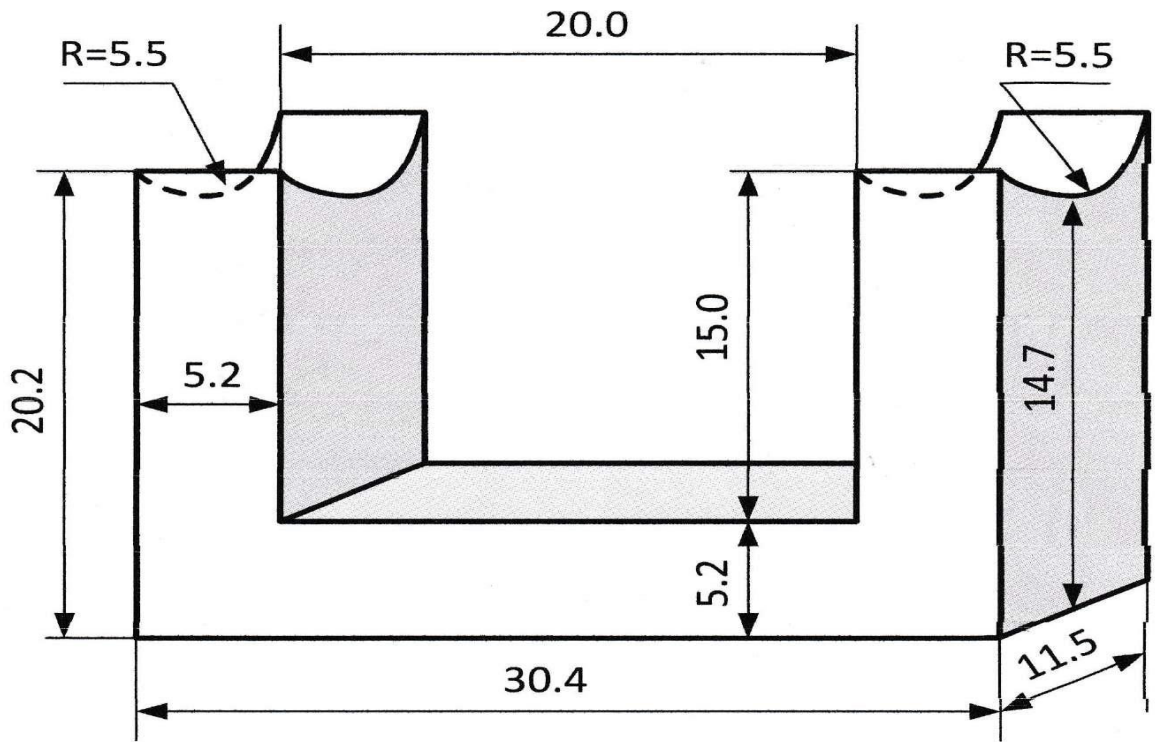


Рис. 5. П-образный магнитопровод

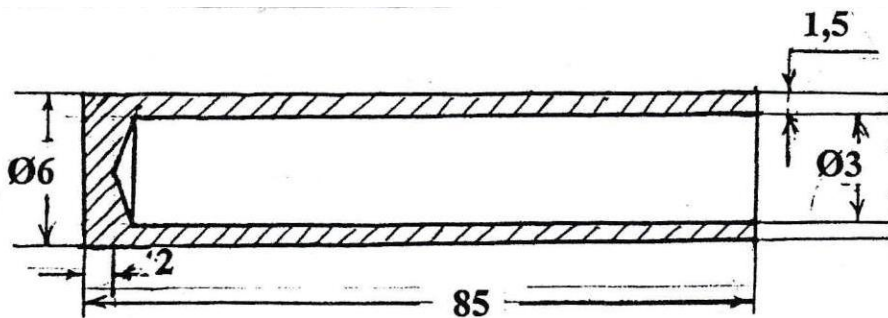


Рис. 6. Цилиндр, входящий в активный и компенсационный датчики давления

Следует обратить внимание на следующее обстоятельство. По желанию преподавателя используемые схемы (в особенности в случае измерения давления) могут быть упрощены. Так, например, не обязательно использовать всю структурную схему, представленную на рис. 3. Достаточно использовать генератор гармонических колебаний и электрическую цепь с компенсационным датчиком давления.

Необходимость использования современных информационных технологий в учебном процессе педагогических университетов диктуется необходимостью формирования в учащихся новых знаний в соответствии с научно-техническим прогрессом в современном мире. Знакомство учащихся средних и высших учебных заведений с современными информационными

технологиями, повысит их мотивацию к углубленному изучению электродинамики сплошных сред и, на её основе, будет способствовать более высококвалифицированному овладению такими важными дисциплинами как электротехника и радиотехника. Это важно также в связи с усилением внимания к обновлению образования и его приближение к заказу социума в соответствии с рекомендациями Совета Европы. Для выполнения предлагаемых лабораторных работ путем использования информационных технологий не потребуются больших материальных затрат, связанных с приобретением оборудования, но зато эти затраты создадут одно из направлений модернизации содержания образовательного процесса школьного курса физики. Актуальность и значимость предлагаемой работы объясняется изменениям, происходящими в современном мире.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Матеріали 6-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Сенсорна електроніка та мікросистемні-технології» (СЕМСТ-6). Україна, Одеса, 29.09 – 03.10 2014. – 265 с.
2. В.Я. Баранов, Т.Х. Безновская, В.А. Бек, В.Б. Косарский, З.М. Крастошевский, Г.А. Рабинович, И.Б. Френкель, В.В. Черенков, Ю.А. Шлиозберг. Промышленные приборы и средства автоматизации. Издательство «Машиностроение», 1987, С. 82, 83, 108-114.
3. К.П.Белов. Магнитострикционные явления и их техническое применение. Издательство «Наука», 1987, С. 137-140.
4. В.А. Кузнецов, В.А. Долгов. Измерения в электронике. Москва, Энергоатомиздат, 1987, С. 197, 199-201.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория упругости. Издательство «Наука», 1987, С. 9-27.
6. В.М. Миловзоров. Электромагнитные устройства информатики. Москва, «Высшая школа», 1983, С. 9-32.
7. Г.С. Писаренко, В.А. Агарев, А.Л. Квитка, В.Г. Попков, Э.С. Уманский. Сопротивление материалов. Киев, головное издательство издательского объединения «Вища школа», 1979, С. 85-118.

Медведовська Оксана Геннадіївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент Сумського державного педагогічного університету.

Салтикова Алла Іванівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент Сумського державного педагогічного університету.

Чепурних Геннадій Кузьмич – доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту прикладної фізики НАН України.